



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. Первая страница Новгородской Псалтири,  
написанной на церковно-славянском языке с явными русизмами.

См. в номере: **Янин В.Л.** *Новгород — раскрытая книга русского средневековья.*

Фото С.А.Орлова

НА ЧЕТВЕРТОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ. Черный саксаул в окружении мака  
павлиньего. Юго-Восточные Каракумы.

См. в номере: **Гладышев А.И., Сейфуллин Э.М., Степанова А.А.** *На грани жизни.*

Фото А.И.Гладышева



**В НОМЕРЕ:****3 Янин В.Л.****Новгород — раскрытая книга  
русского средневековья**

*По своей значимости находки двух полевых сезонов на раскопках древнего города сравнимы с открытием берестяных грамот.*

**12 Пименов Е.В., Кожухов В.В.,  
Строчков Ю.И.****Создание вакцины против сибирской язвы**

*Несмотря на эффективность существующих вакцин, многие лаборатории мира заняты поиском новых профилактических средств.*

**Калейдоскоп****19**

Океаны теряют тепло, атмосфера теплеет (19). — КНР в мировом рейтинге (27). — Эцци дали новое имя и сделали «кинозвездой» (27). — Астрономия в Китае: реорганизация и развитие (31). — Проект, объединяющий геофизику с геологией (31). — Западно-Антарктическое оледенение и уровень океана (32). — Взрыв вулкана Колима (32). — Млекопитающие под ногами у динозавров (32). — Остров Питкэрн — исчезающий рай в Тихом океане (33). — Перспектива обеспечения продовольствием (33). — Южный полюс переместился (33). — Загрязнения атмосферы над Индийским океаном (65).

**20 Урьев Н.Б.****Физико-химическая динамика  
дисперсных систем**

*Образование пространственных структур в суспензиях резко снижает текучесть системы, затрудняя массообмен в технологических процессах. Как преодолеть эту неприятную особенность?*

**Научные сообщения****28 Несис К.Н.****Где родня твоя, Одинокий Джордж?****34 Ефремов Ю.Н.****Загадки звездных дуг**

*Вероятнее всего, центры гигантских дуг звездных скоплений в галактиках — места, где ранее произошли вспышки гамма-излучения, породившие эти дуги.*

**42 Шлотгауэр С.Д.****Шантарские острова в опасности****Лекторий****48 Ярошевский А.А., Колтев-Дворников Е.В.****Математическое моделирование  
физико-химической динамики  
магматических процессов**

*Несмотря на сложный характер тепло- и массопереноса при геологических процессах, их можно моделировать, правда, пока только в рамках математического эксперимента.*

**57 Гладышев А.И., Сейфулли Э.М.,  
Степанова А.А.****На грани жизни**

*При всем разнообразии жизненных форм растений только голофиты приспособились к экстремальным условиям солончаковых пустынь.*

**66 Алифанов В.Р.****Небесные драконы,  
депозитные грешники и змеи Ирландии****73 Антонов А.С.****Растения и животные —  
«живые ископаемые»**

*Хотя геносистематики, используя молекулярный анализ, значительно увеличили возраст покрытосеменных растений, обнаружить ископаемые остатки древних представителей этой группы пока не удалось.*

**Возвращение****79 Сантуш П.М.душ, Мацуура О.Т.****Русского астронома немят  
в далекой Бразилии**

**К 100-летию со дня рождения Александра Ивановича Постоева**

*В 30-е годы он был хорошо известен среди советских астрономов, а потом исчез. Его почти забыли на родине, но память о нем пришла из Бразилии, где имя Постоева увековечено в названии Обсерватории Университета Сан-Паулу.*

**Новости науки****88**

Квazar-рекордсмен: красное смещение 5.82 (88). — «Номад» — робот, собирающий метеориты (88). — Российские технологии — мировой науке (89). — Установлен один из механизмов межклеточных взаимодействий (90). — Химические сигналы рыб — (90). **Объявление** (30)

**Рецензии****91 Зорина З.А., Полетаева И.И.****Психогенетика в наши дни****Новые книги****93****Встречи с забытым****95 Журавлева Л.С.****Регель на Смоленщине**

**CONTENTS:**

**3 Yanin V.I.**

**Novgorod: An Open Book of the Russian Middle Ages**

*Recent archaeological finds in Novgorod are comparable in their significance to the discovery of birch-bark documents.*

**12 Pimenov E.V., Kozhukhov V.V., and Strochkov Yu.I.**

**Development of Vaccines against Anthrax**

*Despite the efficiency of traditional and recently developed vaccines against this disease, many laboratories throughout the world continue to search for new preventive medicines.*

**Kaleidoscope**

**19**

Oceans Losing Heat and the Atmosphere Getting Warmer (19). — China in the World's Ratings (27). — Ötzi Was Given a New Name and Was Made a Movie Star (27). — Astronomy in China: Reorganization and Development (31). — A Project Combining Geophysics and Geology (31). — West Antarctic Glaciation and Sea Level (32). — Colima Volcano Exploding (32). — Mammals under the Feet of Dinosaurs (32). — Pitcairn Island: a Disappearing Paradise in the Pacific (33). — Prospects for Food Provision (33). — The South Pole Has Moved (33). — Contaminations of the Atmosphere over the Indian Ocean (65).

**20 Uryev N.B.**

**Physicochemical Dynamics of Disperse Systems**

*Suspensions with particle sizes of 1 to 100 µm are characterized by the formation of 3-D structures that markedly lower the fluidity of the system and, hence, the mass-exchange rate in technological processes. How can this unpleasant property be overcome?*

**Research Communications**

**28 Nesis K.N.**

**Where Are Your Relatives, Lonesome George?**

**34 Efremov Yu.N.**

**Puzzles of Star Arcs**

*The centers of the giant arcs of star clusters in the galaxies are most probably the sites of earlier gamma-ray bursts, which generated these arcs.*

**42 Shlotgauer S.D.**

**The Shantarskie Islands Are in Danger**

**Lectures**

**48 Yaroshevsky A.A. and Koptev-Dvornikov E.V.**

**Mathematical Modeling of the Physicochemical Dynamics of Magmatic Processes**

*Despite the complex pattern of heat and mass transfer in geological processes, they can be modeled — so far only by means of numerical simulation.*

**57 Gladyshev A.I., Seifulin E.M., and Stepanova A.A.**

**On the Edge of Life**

*Despite the wide diversity of plant forms, only bryophytes have adapted to the extreme conditions of salt deserts.*

**66 Alifanov V.R.**

**Celestial Dragons, Antediluvian Sinners, and Snakes of Ireland**

**73 Antonov A.S.**

**Plants and Animals as Living Fossils**

*Although the age of angiospermous plants has been significantly increased by gene systematics on the basis of molecular analysis, attempts to find fossil remains of ancient representatives of this group have so far been unsuccessful.*

**Comeback**

**79 Santos P.M. dos and Matsuura O.T.**

**The Russian Astronomer Is Remembered in Faraway Brazil**

*On the 100th Anniversary of the Birth of Alexander Ivanovich Postoiev*

*In the 1930s, he was a well-known Russian astronomer, but later he suddenly disappeared. Although he is nearly forgotten at home, the memory of him still lives on in Brazil, where the observatory at São Paulo University is named after him.*

**Science News**

**88**

Record-breaking Quasar: Red Shift 5.82 (88). — «Nomad», a meteorite-collecting Robot (88). — Russian Technologies Contributing to World Science (89). — One of the Mechanisms of Intercellular Interactions Has Been Determined (90). — Chemical Signals of Fishes — (90). Advertisement (30)

**Book Reviews**

**91 Zorina Z.A. and Poletaeva I.I.**

**Psychogenetics at present**

**New Books**

**93**

**Encounters with the Forgotten**

**95 Zhuravleva L.S.**

**Regel in the Smolensk Area**

# Новгород — раскрытая книга русского средневековья

В.Л.Янин

В моей жизни дважды случались события, которые хочется назвать поворотными. Первое было поворотным лично для меня, когда я в далеком 1947 г., по окончании 1-го курса, впервые оказался в экспедиции Артемия Владимировича Арциховского, работавшей в разрушенном войной Новгороде. Отправляясь на первую производственную практику, я не предполагал, что навсегда определяю свою научную судьбу. Экспедиция 1999 г. была моим 51-м полемым сезоном в этом городе.

Второе событие стало поворотным для всей отечественной археологии, изучающей наше средневековье. Я имею в виду открытие в Новгороде 26 июля 1951 г. первой берестяной грамоты<sup>1</sup>. Через год нам предстоит отметить 50-летний юбилей этого события; к нему мы приходим с результатом, который тогда, полвека назад, казался бы фантастическим. К сегодняшнему дню в Новгороде найдено уже 915 берестяных грамот XI—XV вв. Еще 84 берестяных документа извлечены из куль-



*Валентин Лаврентьевич Янин, академик, заведующий кафедрой археологии исторического факультета Московского государственного университета им.М.В.Ломоносова. На протяжении многих лет изучает историю, археологию, берестяные грамоты средневекового Новгорода, занимается источниковедением, нумизматикой, сфрагистикой, эпиграфикой Древней Руси. Почетный гражданин Новгорода. Возглавляет Российский гуманитарный научный фонд. Лауреат Государственных (1970, 1996), Ленинской (1984), Демидовской (1993) премий. В 1999 г. Президиум РАН присудил В.Л.Янину золотую медаль им.С.М.Соловьева за серию научных работ и Большую золотую медаль им.М.В.Ломоносова Российской академии наук за выдающийся вклад в изучение истории, культуры и письменности Древней Руси.*

<sup>1</sup> См. также: Янин В.Л. Новгород, открытый археологами // Природа. 1995. №4. С.16—24.

турных напластований Старой Руссы, Смоленска, Торжка, Пскова, Твери, Москвы, Старой Рязани — в России, а также Мстиславля и Витебска — в Белоруссии и Звенигорода Галицкого — на Украине. Всего в 11 древнерусских городах найдено 999 берестяных текстов. Первая же такая находка полевого сезона 2000 г. станет тысячной!

В чем смысл этой, не имеющей прецедентов, коллекции? Берестяные грамоты сохраняют прочную связь с археологическим комплексом. Их находят на тех древних усадьбах, куда они были адресованы или где они были написаны, в окружении вещевых реалий, принадлежавших их адресатам или их авторам. По именам адресатов мы получаем возможность назвать имена владельцев и жителей раскапываемой усадьбы, установить их взаимоотношения с соседями, а по хронологической вертикали выяснить их генеалогические связи с предками и потомками. Археология, до того говорившая молчаливым языком древних вещей, обрела живой и порой очень громкий голос. Хор мужских, женских и детских голосов через многие столетия вновь звучит среди безмолвных остатков древних построек.

Практически любой берестяной текст, даже фрагментарный, содержит важную для исследователя новую информацию. Но дело не только в этом. Главным источником наших сведений о средневековой Руси до сих пор остаются летописи. Однако интерес летописца всегда был избирателен. Его интересовали яркие события. Повседневная жизнь современника не привлекала его внимания. К тому же самый древний летописный текст относится к началу XII в., события 8—9-го столетий описаны в нем на основании главным образом устных

рассказов и припоминаний. Сам же этот текст сохранился в рукописях XIV и XV вв. — не раз переписанных и отредактированных. Существуют важные для понимания прошлого древние законодательные памятники, но их нормы, естественно, малоподвижны, отражая порой исходную, а не реальную ситуацию.

Вообще для ранних периодов нашей истории база аутентичных письменных источников скудна. Причина тому — пожары, периодически уничтожавшие деревянные города с их скученной застройкой. До находки берестяных грамот были известны лишь три пергаменных листа домонгольского времени с текстами, касающимися гражданской истории. Все они датируются первой третью XIII в. Рад сообщить, что число берестяных грамот 11 — начала 13-го столетий уже превысило 400.

Раскопки древнерусских городов на протяжении последних 70 лет ведутся систематически. Особенно значительны они в Новгороде, где начиная с 1932 г. непрерывно работает самая долговременная в мире археологическая экспедиция. Причина особого внимания к этому городу состоит не только в его выдающемся историческом значении, но и в особых условиях сохранности древностей в его почве. В культурном слое идеально сберегаются все предметы из органических материалов, и прежде всего из дерева, которое на Руси было главным поделочным материалом. Новгородский культурный слой сохраняет все, что когда-либо отложилось в нем, предоставляя возможность увидеть предка в окружении привычных ему вещей — от транспортных средств и домашней утвари до музыкальных инструментов и великолепных произведений прикладного искусства.

Прекрасная сохранность дерева — в частности, настилов уличных мостовых и нижних венцов многочисленных срубов — позволяет не только детально членить культурный слой на узкие хронологические отрезки (число настилов, наслоившихся на протяжении X—XV вв. на уличных мостовых Новгорода, достигает 28—30 ярусов), но с помощью дендрохронологического метода определять время сооружения каждого нового яруса. Это в свою очередь дает возможность датировать раскапываемые жилые и хозяйственные усадебные комплексы с необходимой уверенностью, которая сотни раз подкреплялась свидетельством «говорящих» находок. В слоях XII или XIV в. находились грамоты, адресованные лицам, известным из летописных сообщений именно этих веков, в слое XI в. — западноевропейские монеты того времени, в слое X в. — арабские монеты, в слое 30-х годов XI в. — печать Ярослава Мудрого, и во всех слоях — сотни свинцовых печатей деятелей именно того времени, которое обозначено их стратиграфическим положением.

Не вдаваясь в отвлекающие детали, подытожу сказанное выводом: цель археологического исследования древнерусских городов состоит в расширении круга источников познания истории, в увеличении объема информации, в том числе и о тех сферах прошлого, которые не отражены в традиционных письменных источниках.

Открытие берестяных грамот в корне изменило программу археологических исследований. Если прежде археология средневековья сосредоточивалась на датировке древних предметов, изучении способов их изготовления, исследовании торговых взаимосвязей и т.д., т.е. была погружена в мир материальной культуры, то теперь ее стали интере-

совать проблемы, которые прежде были исключительно достоянием исследователей традиционных письменных источников.

Нас интересует теперь, как сформировалась та необыкновенная форма средневековой государственности, какой был вечевой строй Новгорода? Имело ли место призвание варяжского князя? Какова была степень демократизма новгородского общества? Как формировались и развивались органы его власти? Какие процессы привели к падению боярского Новгорода?.. Масса вопросов, один интереснее другого. И замечательно то, что во многих новых направлениях археологического исследования имели место существенные прорывы.

## Пресловутый «варяжский вопрос»

Сообщение о призвании Рюрика новгородцами в середине XI в. вот уже более двухсот лет возбуждает эмоции с очевидной политической окраской. Борьба «норманистов» и «антинорманистов» демонстрировала явные «излишества» обеих дискутирующих сторон. «Норманисты» пропагандировали мысль о том, что правопорядок и культура были привнесены на Русь иноземными князьями. «Анинорманисты», исходящие из того обстоятельства, что рассказ о призвании записан летописцем спустя два с половиной века после указанного события, сам этот рассказ признавали легендарным, возмущаясь при этом: «Что же, разве русские люди не могли найти князя у себя дома? Зачем им понадобилось искать власть на свою шею за морем?»

Раскопки в Новгороде обнаружили, что в IX в. его вообще еще не существовало. Первые элементы застройки в виде

рыхлой догородской структуры возникают на его территории лишь на рубеже IX—X вв., а городом с уличными мостовыми, усадебной планировкой, системами благоустройства он становится лишь в середине X в. Этот результат, казалось бы, подкрепил антинорманистскую версию: не было Новгорода — не было, значит, и призвания иноземного князя. Подкрепил, однако, ненадолго.

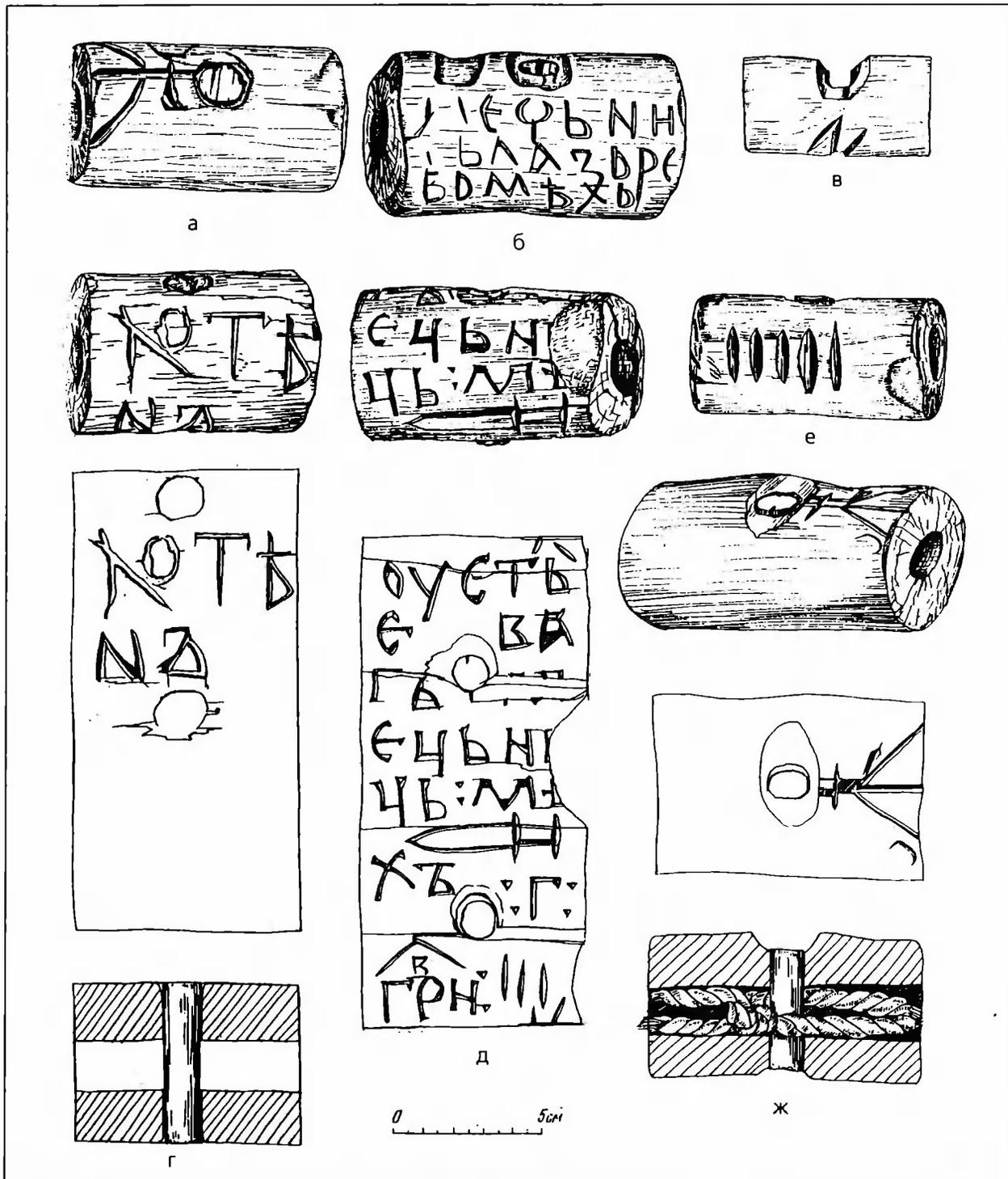
Благодаря многолетним раскопкам Е.Н.Носова на Городище, в 3 км от Новгорода (этот пункт знаменит наличием в нем княжеской резиденции, существовавшей вплоть до падения Новгорода в 1478 г.), было выяснено, что резиденция эта возникает как раз в середине IX в. и с самого начала ее вещевого комплекс имеет ярко выраженную скандинавскую окраску, свидетельствуя о присутствии здесь варяжской дружины. Иными словами, летописная версия была подтверждена, но с некоторыми коррективами. Инициаторы приглашения — новгородские словене, кривичи и аборигенные угро-финны, образовавшие политический союз — призвали иноземного князя еще тогда, когда Новгорода не было, а сами племена владели, по словам летописи, «каждое своей волостью».

Прояснился и механизм возникновения Новгорода спустя несколько десятилетий после призвания князя. Когда Олег с малолетним сыном Рюрика Игорем в конце IX в. нарушил условия договора и ушел на юг искать иные престолы, возник вакуум власти: вместо князя на Городище осталась его безымянная дружина. На рубеже IX—X вв. наблюдается массовое запустение городищ в новгородской округе: жившая в них родо-племенная аристократия устремляется к месту пересечения главных торговых путей. А такое место соответствует территории будущего

Новгорода, и здесь возникают первоначальные аристократические городки, каждый со своим именем; здесь собирается общее вече этой политической межэтнической конфедерации. А когда в 946 г. в результате походов на Мсту и Лугу, где были подавлены значительные конкурентные центры, податная территория конфедерации резко увеличилась и к вечевому центру потекли новые потоки государственных доходов, систему первоначальных городков сменяет единый город, получивший закономерное имя Новый Город.

Итак, иноземный князь был призван. Но дело ведь в том, на каких условиях он получил власть. На этот вопрос позволяет ответить серия исключительных находок прошлого сезона, составивших его сенсацию. Начиная с 1951 г. в раскопках изредка обнаруживались странные предметы в виде деревянного цилиндра с двумя взаимно пересекающимися каналами, один из которых снабжен неизвлекаемой пробкой. На поверхности таких предметов обозначены некие суммы, упоминаются «емцы» и «мечники» — княжеские чиновники, собиравшие с населения государственные доходы; встречаются также геральдические княжеские знаки и изображения меча — символа «мечника», а также упоминания географических пунктов. На некоторых предметах нацарапано слово «мех» (мешок) в контексте «мех мечника». Всего до 1999 г. было найдено в слоях XI — начала XII в. 13 таких предметов.

Сочетание всех этих признаков еще 20 лет назад позволило понять назначение загадочных предметов: они служили замками (своего рода пломбами) для запирания в мешках собранных государственных доходов и одновременно бирками, на которых указывалась сумма содержа-



Замки-бирки XI — начала XII в. для запирания мешков с ценностями: а — с изображением княжеского знака; б — с надписью: «Мечника Лазаря мешок» и изображением меча; в — с буквой N; г — с именем «Хотен» (общий вид, развертка поверхности, разрез); д — с надписью: «Устье Ваги, мешок мечника, 3 гривны», изображением меча и тремя зарубками; е — с пятью зарубками; ж — с изображением княжеского знака (общий вид, прорись, разрез).

щихся в мешке ценностей, их назначение (в казну или сборщику податей, которому, согласно «Русской Правде», следовал определенный процент), а также иногда — название податной территории. Из снабженного таким замком мешка ничего нельзя было украсть, не разрезав мешок или пропущенную через замок веревку или же не расколов цилиндр.

Но самое важное, что также определилось еще 20 лет назад, состоит в том, что отрезанные от мешков бирки «емцов» и «мечников», т.е. княжеских чиновников, обнаруживались не на территории резиденции князя, а на усадьбах знатных новгородцев, из рода которых происходят знаменитые в истории Новгорода деятели XII—XV вв.

Это обстоятельство не кажется случайным, если принять во внимание, что уже в древнейшем дошедшем до нас договоре Новгорода с князем (а этот договор относится к 1264 г.) говорится: «А волостей тебе, князь, новгородских своими мужами не держать, но держать людьми новгородскими, а получать дар от тех волостей». Иными словами, князь не имел права собирать доходы сам со своей дружиной (на юге такой способ назывался «полюдьем»); эти доходы собирали новгородцы, а князю передавали обусловленную сумму в виде подарка («дара»).

Сенсация 1999 г. ожидала нас на Троицком раскопе в Людином конце Новгорода, где начиная с 1973 г. исследуется массив боярских усадеб, принадлежавших на рубеже XII—XIII вв. посаднику Мирославу Несдиничу и его потомкам. В последние три сезона главным объектом изучения здесь стала громадная усадьба в 1200 м<sup>2</sup>, имевшая, как стало очевидным, общественный характер. В слоях XI — первой четверти XII в. на этом месте

летом 1999 г. было найдено 38 подобных цилиндров, а вместе с двумя, обнаруженными на ранее раскопанном участке той же усадьбы, их сбрбалось 40. На вновь найденных цилиндрах встречены имена бояр, уже известных как местные жители по прежним находкам берестяных грамот. Одна из них адресована боярину по имени Хотен; в ней посланный им человек отчитывается о результатах сбора пошлин на р. Мологе неподалеку от Бежецка.

Эти находки окончательно прояснили, что уже в столь раннее время контроль за сбором государственных доходов и, как мы сказали бы теперь, за формированием государственного бюджета находился в руках самих новгородцев, а отнюдь не в руках приглашенного князя. Можно полагать, что именно это обстоятельство было одной из причин ухода Олега на юг, где, завоевав Смоленск и Киев силой оружия, он стал неограниченным хозяином ситуации, т.е. монархом. Но если это так, если указанное условие содержалось в исходном договоре середины IX в., мы не видим в приглашении князя никаких унижительных обстоятельств. В процессе возникших трений внутри межэтнической конфедерации ее члены не отдали предпочтения какой-либо одной из ее составляющих, а призвали третьей стороны. В дальнейшем эта судебная власть была основной функцией князя, в призвании и изгнании которого новгородцы оставались «вольны». Разница между вечевым Севером и монархическим Югом определена тем, что на Севере князья действовали на основе договора, а на Юге — путем завоевания.

В сезоне 1998 г. на той же усадьбе в напластованиях второй и третьей четверти XII в. была изучена еще одна важная сторона веча

строения. Здесь был открыт мощный административный комплекс, включавший обширный крытый помост, назначение которого выяснилось из содержания более ста берестяных грамот. Подавляющее их большинство посвящено конфликтным судебным ситуациям. Адресатами же указаны Якша (достоверно идентифицируемый с новгородским боярином, посадником Якуном Мирославичем) и Петрок (тоже достоверно идентифицируемый с новгородским боярином Петром Михалковичем). Судя по месту Петрока в адресной формуле, он был полномочным представителем князя в «сместном» (совместном) суде князя и посадника. Из более поздних договоров с князьями известно, что формальный приоритет в сместном суде принадлежал князю, скреплявшему своей печатью документы, но князь (или его полномочный представитель) не имели права принимать окончательного решения без санкции посадника. Так постепенно проясняется вопрос об этапах формирования основных особенностей веча

## Значение интеграции научных дисциплин

Теперь хотелось бы остановиться на одной методической проблеме, которая представляется мне весьма важной. Историческая наука, подобно любой другой отрасли знания, долгое время развивалась путем дифференциации. Внутри нее возникло множество дисциплин, ориентированных на замкнутые группы источников и разработавших свои сложные методики. Это естественный путь развития науки. Однако давно уже назрела потребность в синтезе выводов, полученных в процессе этой дифференциации. Яркий пример далеко разошедшихся

программ этих дисциплин я уже привел, говоря о том, как до находки берестяных грамот история и археология, изучая одну и ту же эпоху, преследовали сильно различающиеся научные цели.

Между тем сама комплексность источников средневековой археологии неизбежно превращает ведущую раскопки экспедицию в лабораторию синтеза вещественных и письменных источников. Я уже упоминал боярина Петра Михалковича, о нем мы многое узнали, прочитав 17 берестяных грамот, одни из которых написаны им, а другие ему адресованы. Из летописи известно, что этот боярин породнился с князем Юрием Долгоруким, выдав в 1154 г. замуж свою дочь Анастасию за его сына Мстислава. Анализ берестяных текстов установил имя жены Петра и, следовательно, матери Анастасии: ее звали Мареной, а в крещении Марией. Это в свою очередь позволило определить время и повод изготовления двух самых знаменитых произведений русского искусства XII в. — причастной чаши мастера Косты и главной святыни Новгорода — чудотворной иконы «Знамение», прославившейся в битве новгородцев с суздальцами 1170 г. Оба предмета были созданы в 1154 г. по заказу Петра Михалковича и его жены в ознаменование их брака.

Близко познакомились мы и с братом Анастасии — Олисеем, по прозвищу Гречин. Он не только наследовал отцу, став в конце XII в. представителем князя в сместном суде, но прославился и как художник, писавший иконы и фрески. В частности, есть основания видеть в нем главного мастера знаменитого фрескового ансамбля церкви Спас-Нередица 1199 г. Изучая его творчество, археологам удалось то, о чем не могли меч-

тать искусствоведы. Раскопками была вскрыта и исследована его мастерская, в которой сохранились образцы красок, остатки художнического инвентаря, а также берестяные грамоты с текстами заказов на изготовление икон.

Синтез источников археологии, истории и истории искусства, как видим, уже дает плоды. Еще более значительным оказывается интеграция археолого-исторических и лингвистических исследований. Некогда история и филология были ветвями единой науки. Дифференциация существенно развела исследователей истории и языка, но снова объединила их в изучении берестяных грамот. Около 20 лет участвует в Новгородской экспедиции группа лингвистов во главе с замечательным ученым — академиком А.А.Зализняком. Благодаря им лингвистические характеристики берестяных текстов утратили былую приближенность. Но главный результат их участия в общем исследовательском процессе состоит в открытии древненовгородского диалекта и выявлении его особенностей.

В истории русского языка длительное время господствующим было представление о его изначальном единстве на всей территории славянской Восточной Европы. Образование областных диалектов казалось делом сравнительно позднего времени, связанным с раздробленностью Руси, начавшейся в XII в. и усугубленной монгольским нашествием XIII в. Открытием берестяных грамот впервые в науку введен громадный массив бытовых текстов XI — первой половины XIII в. И его изучение показало не только существование в этот период особого новгородского диалекта, но и установило, что чем древнее текст, тем изобильнее в нем его ди-

алектные особенности. Древненовгородский диалект раннего времени имеет около 30 отличий от того, который принято было считать общерусским. Независимость происхождения этого диалекта от языка Среднего Поднепровья демонстрируется наличием в нем архаизмов, не свойственных языку Южной Руси.

Эта проблема прямо связана с историей славянского заселения Северо-Западной Руси. Комплекс археологических свидетельств, данных антропологии, топонимики и ономастики, ориентация денежно-весовой системы Северо-Запада в сочетании с лингвистическими наблюдениями указывают на то, что исходные импульсы передвижения славянских племен на угро-финский север находились в славянской южной Балтике, откуда предки будущих новгородцев и псковичей были потеснены германскими племенами. Но из этого следует, что у колыбели Древнерусского государства — которое мы также называем Киевской Русью и которое стало общим домом будущих великороссов, малороссов и белоруссов — было два центра, северный и южный, с различающимися традициями. Их объединение привело к взаимному обогащению, превратив Киевскую Русь в великую европейскую державу Владимира Святого, Ярослава Мудрого и Владимира Мономаха.

На этой ноте можно бы и закончить повествование. Однако я погрешу против совести, если умолчу о нуждах отечественной археологии. После развала Советского Союза перестал действовать Закон об охране памятников истории и культуры. Новая его редакция на несколько лет застряла в коридорах Государственной Думы. Нищее Министерство культуры не имеет сил

поддерживать инспекции по охране памятников. Отсутствие Закона сняло заслон против разрушения культурного слоя исторических городов застройщиками, обладающими тугой мощной. Приобретение металлодетекторов стало таким же простым делом, как покупка бытовой техники. На курганы, городища и селища идет массированное наступление вооруженных поис-

ковой техникой любителей антиквариата. Этот беспредел лишает нас источников знания отечественной истории и культуры.

Вторая беда — упадок гуманитарного и, в частности, исторического образования в средней школе и вузах неисторического профиля. Немудрено, что на этом фоне расцвел дилетантизм, вылившийся в поток антинаучной мути,

которая заполняет прилавки нынешних книжных магазинов. Я возлагаю надежды на более действенный контакт Академии наук и Министерства образования, а также на нашу научную молодежь.

Позвольте завершить статью фотографией основного состава нашей экспедиции. Будущее археологии — вот эти молодые люди, излучающие энтузиазм!



*Коллектив Новгородской археологической экспедиции 1999 г.*

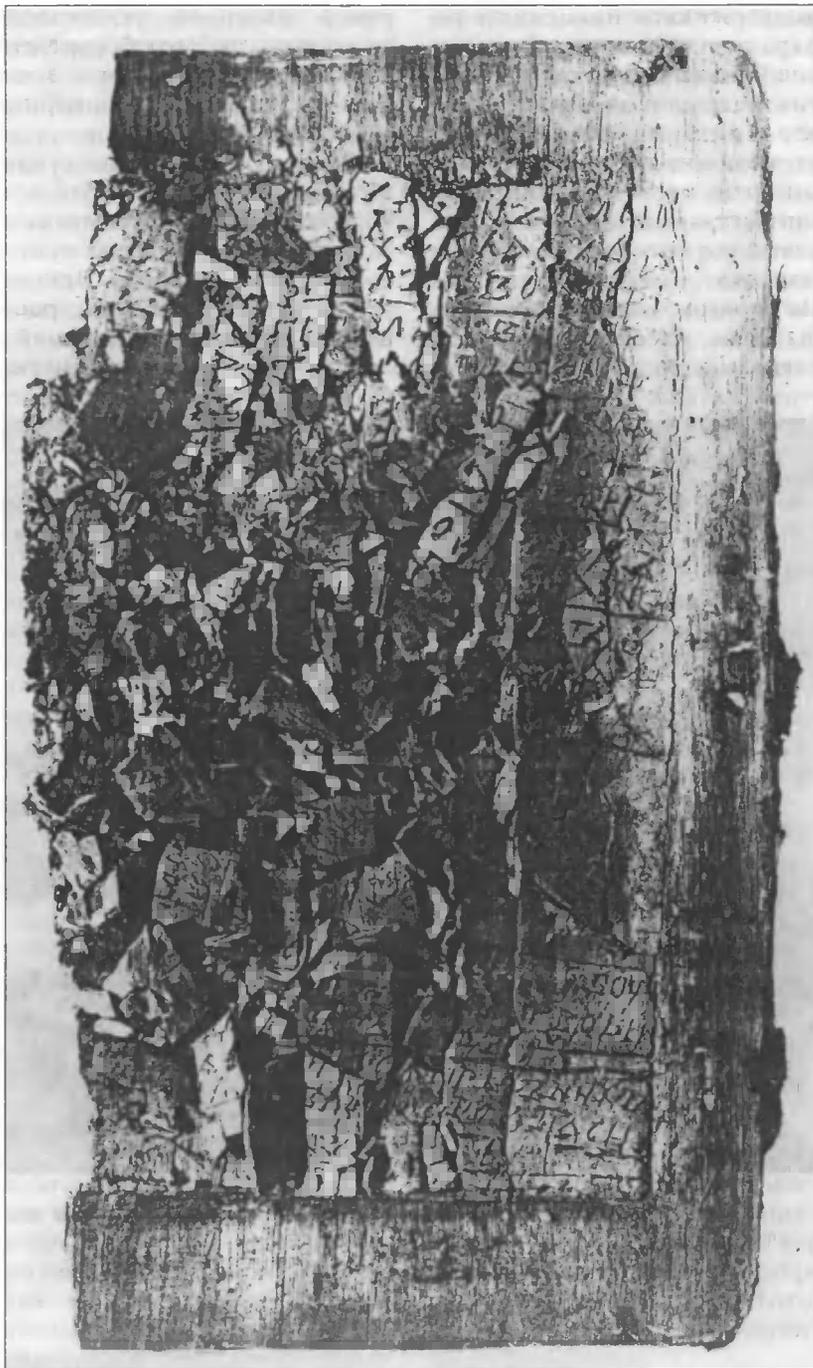
Когда статья была уже полностью подготовлена к печати, стало известно об уникальном открытии Новгородской археологической экспедиции, сделанном в полевом сезоне уже 2000 г. Мы попросили Валентина Лаврентьевича дополнить ее сообщением об этой новой находке.

## Древнейшая русская книга

Новгород продолжает отдавать археологам сокровища своей древности. Мне — участнику открытия первых берестяных грамот в 1951 г. — довелось теперь пережить еще один звездный час отечественной археологии, во второй раз испытать высшее счастье немыслимого первооткрытия... Расскажу о нем по порядку.

13 июля 2000 г. (верь после этого в несчастные цифры!), в конце рабочего дня, на лабораторный стол экспедиции легла небывалая находка. Три деревянные дощечки (как выяснилось в дальнейшем, из древесины липы), скрепленные деревянными же шпонками, оказались древней рукописью. Ее размер 19×15 см<sup>2</sup>. Две внешние дощечки служили обложками. Первая была украшена скупым орнаментом, а ее внутренняя сторона имела заполненное воском углубление. На воске красивейшим мелким почерком написаны 23 строки некоего текста. На третьей дощечке текст тоже располагался на внутренней, навощенной стороне, а внешняя была украшена изображением креста. Помещенная между ними вторая дощечка (несколько тоньше) имела заполненное воском углубление и, следовательно, тексты на обеих сторонах. Всего, таким образом, в книге было четыре исписанные страницы. Лучше всего сохранилась первая дощечка. Большие куски текста на других обвалились и дошли до нас в виде осыпи восковых кусочков с отдельными буквами или группами букв. Некоторые значительные фрагменты второй, третьей и четвертой страниц сохранились, однако, на своих местах.

Сознаюсь: при взгляде на почти полностью сохранившийся текст первой страни-



*Одна из новгородских дощечек, залитых воском. Текст на ней обвалился и дошел до нас лишь в виде осыпи восковых кусочков с отдельными буквами или группами букв.*

цы у меня потемнело в глазах. Мне казалось, что от волнения я не смогу прочесть ни одного слова... Причины столь сильного волнения объяснимы и извинительны. находка была извлечена из достоверно датированных слоев рубежа X—XI вв. или, по крайней мере, первых годов XI в. Между тем древнейший известный манускрипт, написанный кириллическим письмом, датируется 1056—1057 гг. Это — знаменитое Остромирово Евангелие, изготовленное по заказу новгородского посадника Остромира. Все остальные самые древние кириллические рукописи относятся также ко второй половине и концу XI в. Значит, на лабораторный стол легла рукопись на полвека более ранняя! А стало быть, эта находка — великое событие не только в истории русской, но и болгарской, и сербской, и хорватской, и македонской культур! Было от чего дрожать рукам и темнеть в глазах!

Но вот зрение прояснилось, и посреди страницы глаз усмотрел первую понятую фразу: «От запрещения Твоего, Боже Ияковль, воздремавшая вседшеи на коня». Итак,

священный текст. Рука тянется к Псалтири как самому популярному в христианстве произведению, а чтение этой великой книги находит соответствующее место в 75-м псалме Асафа. Рядом — выше и ниже — то, что в этом псалме предшествует прочитанному стиху, и то, что следует за ним.

Уцелевшие фрагменты остальных страниц обретают свои места в продолжении 75-го псалма и в написанном вслед за ним 76-м псалме Асафа. Постепенно выясняется, что на второй странице помещено окончание 75-го псалма и начало 76-го, на третьей странице — продолжение 76-го, на четвертой — окончание 76-го и завершающая молитва, которая соответствует 4—6-му стихам 67-го псалма Давида.

А теперь задумаемся о хронологическом контексте находки: только что, лет 15 назад, в Новгороде принято христианство. Следовательно, перед нами одна из тех книг, которую читали первые новгородцы, принявшие крещение. Одна из первых книг, по которой они учились грамоте. Ведь Псалтирь на протяжении столетий была первой и самой обиходной книгой, из кото-

рой наши предки брали уроки чтения и письма.

Академик Андрей Анатольевич Зализняк, три недели не разгибавший спины над новой находкой, установил, что она написана русским человеком. Ее язык, разумеется, старославянский (древнеболгарский): ведь до сих пор в русской церкви богослужение ведется на старославянском языке. Однако писец книги сделал около полутора десятка таких ошибок, какие не мог сделать болгарин, серб или хорват, а мог сделать только русский человек. Писал ли он свой манускрипт в Киеве или в Новгороде, неясно, да это и не так уж важно перед значительностью самой находки.

В славянском мире существует несколько древних кириллических рукописей, датированных без особой уверенности XI веком. Новгородская Псалтирь станет тем эталоном, с которым исследователи будут их сравнивать в поисках истинной их даты. И если сегодняшние учебники немислимы без упоминания берестяных грамот, будущие учебники рассказ о русской письменной культуре будут начинать с нынешней находки. ■

# Создание вакцин против сибирской язвы

Е.В.Пименов, В.В.Кожухов, Ю.И.Строчков

О сибирской язве, которая относится к числу особо опасных инфекций, слышаны, видимо, многие. Эта болезнь, поражающая сельскохозяйственных животных — крупный и мелкий рогатый скот, лошадей, ослов, верблюдов, — все еще остается бичом для многих стран и приносит большой экономический ущерб. Болеют ею и дикие млекопитающие (травоядные, хищные, а также всеядные кабаны). Высокая заболеваемость обусловлена тем, что возбудитель сибирской язвы способен больше 100 лет сохраняться в почве в виде спор и образовывать стойкие очаги инфекции. Существование таких очагов в разных регионах мира, в том числе на территории России, создает постоянную угрозу эпизоотий и эпидемических вспышек среди людей, которым инфекция передается от скота. По данным Всемирной организации здравоохранения, в мире ежегодно заболевают около 20 тыс. человек, нередко даже летальный исход.

В России количество выявленных очагов насчитывает более 72 тыс., но есть и такие, которые далеко не всегда под-



*Евгений Васильевич Пименов, вице-президент Академии медико-технических наук, начальник Научно-исследовательского института микробиологии Министерства обороны России. Лауреат Государственной премии СССР и премии Правительства Российской Федерации. Область научных интересов — биологическая защита войск и населения, биотехнология, геновая инженерия.*



*Владимир Васильевич Кожухов (справа), доктор медицинских наук, начальник отдела сибиреязвенных вакцин того же института. Лауреат премии Правительства РФ. Научные интересы связаны с биотехнологией и про-*

*мышленным производством иммунобиологических препаратов для защиты от особо опасных инфекций. Монография — «Сибирская язва: актуальные аспекты микробиологии, эпидемиологии, диагностики, лечения и профилактики» (в соавторстве с Г.Г.Онищенко, Н.Т.Васильевым, Н.В.Литусовым и др.; М., 1999).*

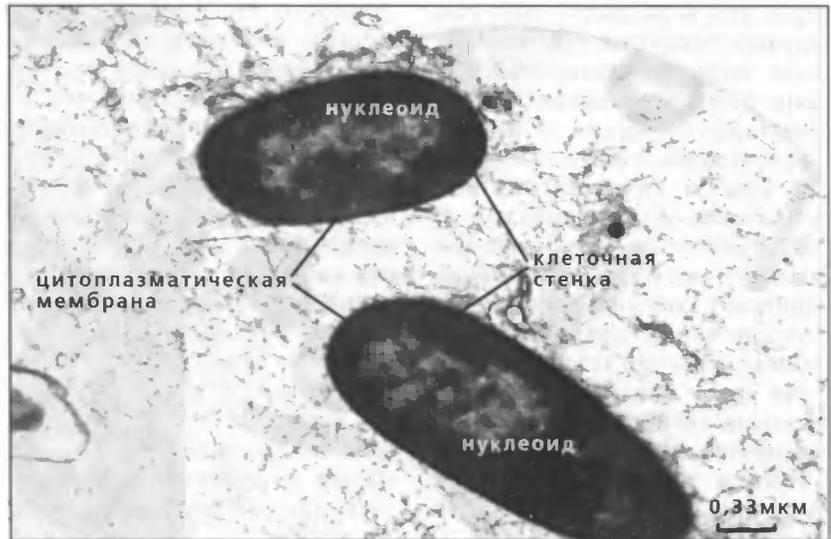
*Юрий Иванович Строчков, начальник лаборатории генетики и селекции спорных форм микроорганизмов того же института. Занимается геновой инженерией и молекулярной биологией.*

даются учету. Это, например, скотомогильники. Именно из них, по данным ряда исследователей, в последние годы возросло поступление возбудителя сибирской язвы в природную среду. В настоящее время отмечается активизация многих очагов, и Государственный комитет санитарно-эпидемиологического надзора (Госкомсанэпиднадзор) оценивает эпидемическую обстановку по сибирской язве как напряженную.

Как предотвратить эту болезнь? Соблюдением одних санитарных норм не обойтись, поэтому для профилактики используются вакцины. В нашей стране до недавнего времени применяли живые споры ослабленных штаммов возбудителя, за рубежом — в основном химическую вакцину. Однако, хотя такая профилактика дает надежный эффект, вакцинные препараты продолжают совершенствоваться. О современных подходах к их созданию и пойдет речь в статье. Но начнем с самого возбудителя.

## Бацилла и ее оружие

Сибиреязвенная бацилла (*Bacillus anthracis*) — это крупная (длиной 6–10 мкм и диаметром 1–1,5 мкм) аэробная грамположительная неподвижная палочка. Она может существовать в двух формах — вегетативной и покоящейся. Вегетативная клетка окружена капсулой и одета плотной оболочкой, под которой находится цитоплазматическая мембрана, а внутри цитоплазмы — нуклеоид (аналог ядра, генетический аппарат) и рибосомы. Размножается эта форма простым поперечным делением, но дочерние клетки не расходятся, а остаются соединенными. При дальнейших делениях образуется цепочка из нескольких вегетативных клеток, каждая из которых за-

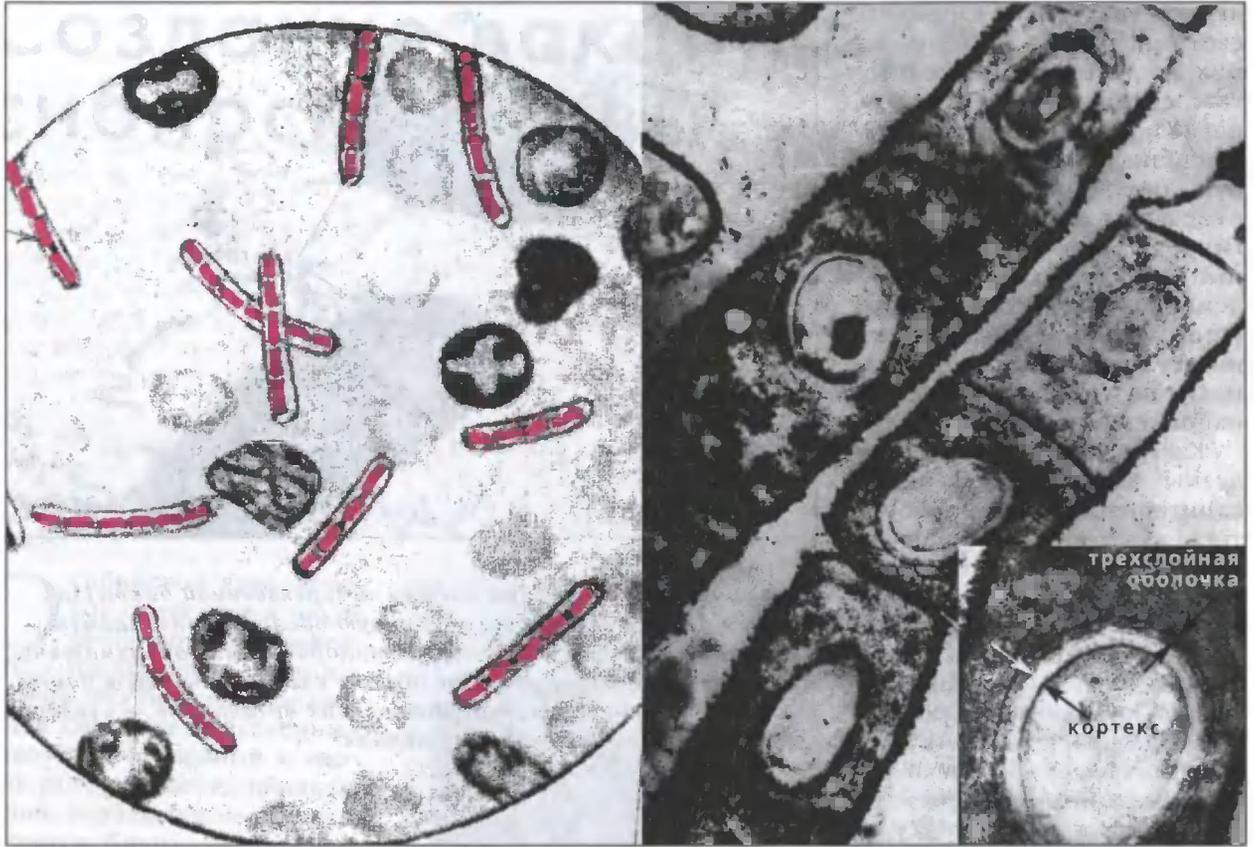


*Одиночные вегетативные клетки сибиреязвенной бактерии. Каждая клетка заключена в плотную оболочку, называемую клеточной стенкой, под которой находится цитоплазматическая мембрана. Большую часть объема клетки занимает бактериальный аналог ядра эукариотических организмов — нуклеоид, содержащий генетический материал.*

ключена в капсулу. Внутри клеток такой колонии и формируется покоящаяся форма бациллы — спора. Схематически это происходит следующим образом. Сначала удваивается и делится пополам нуклеоид, каждый новый аналог ядра перемещается к полюсу клетки, а внутри ее возникает поперечная перетяжка из цитоплазматической мембраны. Затем около одного из полюсов мембрана впячивается и обволакивает нуклеоид. Образуется протоспора, окруженная двойной мембраной. На этой стадии бацилла представляет собой своеобразный двуклеточный организм — материнскую клетку с протоспорой внутри. Постепенно она превращается в зрелую спору, защищенную от внешних воздействий кортексом и мощной оболочкой. После этого материнская клетка разрушается и спора освобождается. В благоприятных условиях она прорастает — сбрасывает

«защитную одежду» и становится вегетативной клеткой.

В организм млекопитающего, и человека в том числе, она попадает контактным путем. Животные в течение всей болезни выделяют бациллу с мочой, фекалиями, мокротой, слюной, молоком, поэтому заразны не только продукты животноводства, но и предметы ухода за скотом, навоз. Человек может заразиться, соприкасаясь с больным животным или его трупом, при убое, разделке туши, кулинарной обработке мяса, манипуляциях с обсемененным возбудителем сырьем (кожей, овчиной, шерстью) и изделиями из него, нарушении режима работы в лаборатории. Известны случаи, когда бацилла попадала в организм с пищей, через укусы слепней и мух-жигалок, воздушно-пылевым путем во время обработки шерсти на овчинно-шубных производствах. Возбудитель способен проникать в организм челове-



Цепочки вегетативных клеток. Такие колонии хорошо заметны в поле зрения светового микроскопа (слева). На микроэлектронной фотографии (справа) видны споры, созревающие внутри каждой бактериальной клетки. Зрелая спора, показанная на врезке, снаружи покрыта трехслойной оболочкой, а под ней залегает еще один защитный слой — кортекс.

ка через повреждения кожных покровов, и тогда развивается кожная форма болезни (видимо, из-за этой формы сибирская язва известна и под другим названием — злокачественный карбункул). Если «воротами инфекции» служат слизистые оболочки, кишечный тракт или дыхательные пути, болезнь принимает более опасную форму — висцеральную. Протекает она тяжело и скоротечно, может развиться сепсис, за которым в 13% случаев следует смерть.

В окружающей среде бактерия находится, как упоминалось, в виде спор (они могут созревать еще в кишечнике больного животного), высокоустойчивых к колебаниям температуры, влажности, давлению, инсоляции и т.д. и по-

тому сохраняющих жизнеспособность длительное время. Если условия в почве благоприятны, споры даже прорастают, приводя к накоплению возбудителя.

В организм диких и домашних животных могут попасть споры, которые тоже прорастают, и образуется вегетативная форма. В таком виде *B. anthracis* и существует в тканях, и передается от больного к здоровому. Достаточно небольшого числа спор или вегетативных клеток, попавших тем или иным способом в организм, чтобы бактерия размножилась в тканевой жидкости и макрофагах. А затем в ход пускается специфическое оружие, которым сибиреязвенный микроб поражает клетку, — экзотоксин (т.е. вы-

деляемый бациллой токсин) и капсульная субстанция. Дополнительно к ним бактерия продуцирует еще и экзопротеазы — ферменты, расщепляющие белки макроорганизма.

Экзотоксин представляет собой белковую молекулу, состоящую из трех субъединиц: протективного антигена, отежного и летального факторов (названия даны по характеру действия на лабораторных животных, а слово «фактор» соответствует термину «субъединица»). В молекуле токсина протективный антиген играет транспортную роль: сначала соединяется со специфическим клеточным рецептором, потом активируется за счет гидролиза и в результате обретает способность образовывать мембран-

ные каналы, чем и обеспечивает перенос двух других субъединиц — отечного и летального факторов — в клетку организма-хозяина. Там эти, по сути самостоятельные, токсины и осуществляют свое цитотоксическое действие: вместе с экзопротеазами вызывают резкие нарушения клеточного обмена, приводя к деградации и гибели клетки. В организме больного протективный антиген выполняет защитную функцию, так как в ответ на его введение образуются антитела, которые предотвращают последующее заражение высоковирулентными штаммами бактерий.

Для проявления агрессивности микроба в организме очень существенна капсульная субстанция, которая представляет собой полимер D-глутаминовой кислоты. Именно капсула ингибирует фагоцитоз, предотвращая гибель

бациллы, защищает от бактерицидного действия лимфы и крови макроорганизма.

Многочисленными наблюдениями убедительно показано, что вирулентность возбудителя сибирской язвы, утратившего способность образовывать капсулу, снижается в десятки тысяч раз, хотя его свойства вызывать иммунитет (т.е. иммуногенные) сохраняются. Этот феномен послужил основой для разработки в конце 30 — начале 40-х годов живых споровых вакцин на основе штаммов, не имеющих капсулы, но вырабатывающих токсин.

Генетический аппарат сибиреязвенного микроба состоит из хромосомы и двух плазмид (*pXO1* и *pXO2*), очень важных для вирулентности и иммуногенности внехромосомных элементов, открытых в начале 80-х годов. Плазида *pXO1* содержит три токсино-

вых гена — *pag*, *lef* и *суа*. Первый из них кодирует синтез протективного антигена, второй — летального фактора, третий — отечного фактора. Имеются также гены регуляторов синтеза этих продуктов. В плазмиде *pXO2* наиболее значимы гены, определяющие синтез капсулы. К настоящему времени полностью расшифрована нуклеотидная последовательность первой плазмиды и значительная часть второй. Благодаря этому существенно расширились возможности генетических манипуляций с бациллой.

В генетическом отношении она оказалась одним из наиболее однородных микроорганизмов, что во многом связано со способностью бациллы образовывать споры. Различия между ее штаммами сводятся к наличию или отсутствию плазмид или вариабельности их структуры.

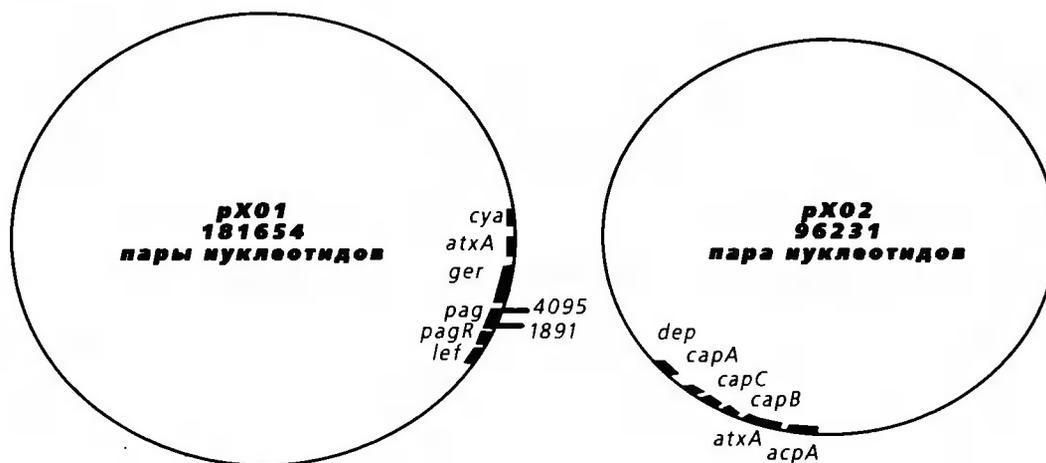
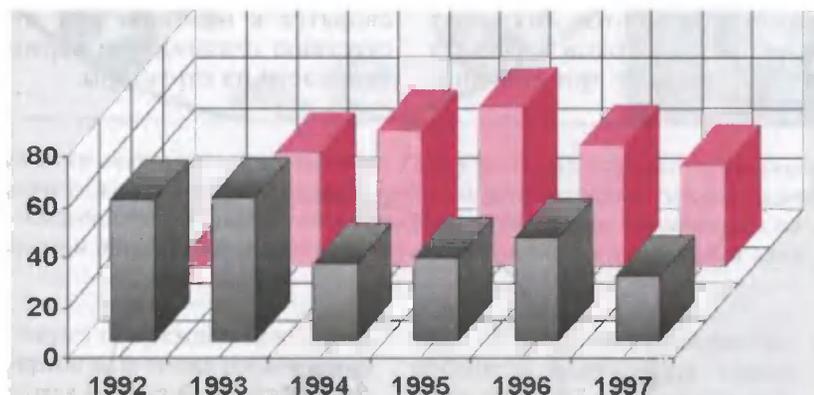


Схема строения плазмид *pXO1* и *pXO2*. Гены первой плазмиды в основном ответственны за синтез субъединиц экзотоксина: отечного фактора (ген *суа*), протективного антигена (*pag*) и летального фактора (*lef*). Во второй плазмиде содержится целый кластер генов (*capA*, *capC* и *capB*), обеспечивающих образование капсулы, т.е. полимеризацию D-глутаминовой кислоты. Из других плазмидных генов на схеме показано положение только тех, которые управляют синтезом. В *pXO1* — это положительный регулятор синтеза экзотоксина (*atxA*), отрицательный регулятор синтеза протективного антигена (*pagR*) и группа генов, обеспечивающих прорастание спор (*ger*); в *pXO2* — положительный регулятор синтеза D-глутаминовой кислоты (*aspA*) и дублированный (*atxA*), а также ген, ограничивающий полимеризацию капсульной субстанции (*dep*). На схеме соблюдена размерная пропорция генов и их расположение в кольцевой структуре каждой плазмиды.



*Сроки возникновения и сохранения иммунитета, развивающегося у лабораторных животных при введении сибиреязвенных вакцин. Защитный эффект рассчитан как относительное количество выживших животных, которых после иммунизации заражали 100 дозами ЛД<sub>50</sub> возбудителя.*



*Заболеваемость людей сибирской язвой в России в 1992–1997 гг. и количество доз (×100 тыс.) вакцины, произведенной в эти же годы (цветные столбики).*

## Современная защита

Чтобы предотвратить развитие в организме млекопитающего сибиреязвенной бактерии, сейчас используют вакцины четырех типов: живую, химическую (молекулярную), комбинированную и рекомбинантную.

Живая вакцина — это лиофильно высушенные споры эталонного, специально выращенного, штамма *B.anthraxis*.

Химическая вакцина кардинально отличается от живой тем, что представляет собой сорбированный на носителе протективный антиген (т.е. одну лишь белковую молекулу, отсюда и другое название вакцины — молекулярная), который получают в процессе культивирования вакцинного штамма. Обе вакцины обеспечивают формирование как гуморального, так и клеточного иммунитета, но химический

препарат вызывает иммунный ответ быстрее (через несколько дней), однако гуморальная защита быстро угасает. Комбинированные вакцины готовят на основе спор и протективного антигена, а рекомбинантные конструируют генно-инженерной технологией — встраиванием фрагментов ДНК, способных вызывать иммунный ответ макроорганизма, в генетический аппарат того или иного вектора (других, подходящих для этого бактерий).

В СССР противоязвенным профилактическим средством служила живая вакцина, которую готовили в Грузии. После распада Союза поставки в Россию прекратились, и в 1990–1993 гг. отечественная вакцина практически не производилась, нечем было проводить плановые ревакцинации. По данным Госсанэпиднадзора, число заболеваний сибирской язвой среди людей в 1992–1993 гг. увеличилось по сравнению с таковым в конце 80-х в два раза. Необходимость в разработке и внедрении профилактических средств стала острейшей.

Надо сказать, что основы для их создания уже существовали: например, еще в 80-х годах в бывшем Свердловске, в Центре научно-технических проблем биологической защиты Научно-исследовательского института микробиологии Министерства обороны, была разработана жидкая комбинированная вакцина. Занимались сибиреязвенной вакциной и в нашем институте. В результате, в 90-х годах была создана не имеющая аналогов сухая форма комбинированной вакцины, состоящей из живых спор ослабленного штамма и протективного антигена, сорбированного на геле гидроксида алюминия<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Anisimova T.I., Pimenov E.V., Kozhukhov V.V. et al. // Abst. Intern. Workshop on Anthrax. Winchester (England), 1995. P.108.

Выяснилось, что защитный эффект комбинированной вакцины, по сравнению с живой, сильнее, причем иммунитет не только развивается быстрее (преимущественно за счет протективного антигена), но и дольше сохраняется благодаря персистенции (сохранению) в организме клеток ослабленного штамма бактерии. Показатели же безвредности и реактогенности (способности вызывать местные и общие реакции макроорганизма) этих вакцин существенно не отличаются и соответствуют медико-биологическим требованиям.

Сравнение отечественных комбинированных вакцин — жидкой и сухой — с американской химической тоже не в пользу последней. И по многим характеристикам, в первую очередь — по длительности специфической резистентности, а также кратности первичной иммунизации и срокам ревакцинации. Чтобы создать устойчивый иммунитет, используя химическую вакцину, нужна длительная многократная иммунизация, а это чревато возникновением аллергической реакции. Кроме того, такая вакцина, по мнению американских исследователей, защищает не от всех вирулентных штаммов *B.anthraxis*. Например, трехкратным введением химической вакцины только у 17—33% подопытных морских свинок развивается иммунитет против любого из четырех штаммов (Ames, NH, FCB, SK162), в то время как живая споровая вакцина обеспечивает 100%-ю защиту. Есть и другие преимущества отечественных комбинированных вакцин, важные для медицинской практики, — больший срок годности, менее жесткие условия хранения и транспортировки.

Эти вакцины уже лицензированы, нашим институтом получены сертификаты на производство и живой, и ком-

бинированной сибиреязвенных вакцин.

Благодаря внедрению новых технологий получения эталонных культур *B.anthraxis*, ее выращивания, концентрирования и высушивания удалось существенно снизить энергоемкость производства и многократно повысить производительность отдельных его участков. Качество эталонного штамма и вакцинного препарата, в сравнении с тем, что выпускался Тбилиским научно-производственным объединением, по иммуногенности и стабильности основных свойств в течение ряда лет повысилось в 5—10 раз. Создатели новой технологии серийного производства вакцины в 1998 г. удостоены Премии Правительства РФ.

С конца 1993 г. произведено 25 млн доз вакцины, потребности в ней отечественных медицинских учреждений полностью обеспечены (им поставлено более 200 тыс. комплектов). В результате иммунизации нашей вакциной в середине 90-х годов снизился уровень заболеваемости людей: по данным Госкомсанэпиднадзора, в 1994 г., по сравнению с 1992 г., число заболевших уменьшилось примерно на 46%, а в 1995-м — еще на 23% от количества больных в 1994 г.

## Прототипы вакцин будущего

Несмотря на эффективность существующих сибиреязвенных вакцин, специалисты ищут способы усовершенствования этих профилактических средств. Цель поисков — увеличить длительность иммунитета, повысить уровень продукции протективного антигена, обеспечить менее выраженные общие (например повышение температуры) и местные реакции, возника-

ющие в ответ на действие летального и отежного факторов. Достичь таких результатов можно методами генетической инженерии, т.е. манипулируя генами плазмиды *pXO1 (pag, lef и cya)* и плазмиды *pXO2*.

Исследования ведутся в ряде лабораторий мира в нескольких направлениях. Одно из них — конструирование рекомбинантных штаммов, продуцирующих протективный антиген. Для этого ген *pag* внедряют в геном других микроорганизмов — *Bacillus subtilis* или *B.brevis*, часто используемых в биотехнологии бактерий, и те синтезируют защитный антиген, причем больше, чем сама сибиреязвенная бацилла. Судя по результатам экспериментов, иммунизация полученными таким способом рекомбинантными штаммами защищает морских свинок от заражения вирулентными спорами *B.anthraxis*<sup>2</sup>. Однако исследователям пока не удалось добиться устойчивого результата, так как чужеродная для этих бацилл ДНК сибиреязвенной бактерии далеко не всегда сохраняет свою устойчивость.

По мнению некоторых исследователей, предпочтительнее конструировать штаммы-продуценты, которые синтезировали бы не полную субъединицу протективного антигена, а только его небольшие гидрофильные фрагменты — эпитопы иммуногенности (участки молекулы, которые взаимодействуют с антителом и обеспечивают клеточный иммунитет). Чтобы создать такие штаммы, в геном бактери-вектора необходимо вставить лишь ту часть гена *pag*, которая кодирует эти эпитопы. Но именно она-то и считается наиболее изменчивой у разных вакцинных штаммов *B.anthraxis*.

<sup>2</sup> Anthrax. Winchester (England), 1995.

В наших исследованиях, однако, такая закономерность не выявлена. Мы специально определили последовательность около 800 нуклеотидов в теоретически наиболее вариабельном гидрофильном участке гена *pag* трех вакцинных штаммов (СТИ-1, 55 и второй вакцины Ценковского) и обнаружили всего две замены, которыми они отличаются от известной последовательности штамма *Sterne*. Исходя из этого, можно сделать вывод о том, что ген *pag* весьма консервативен, и его изменчивость при разработке рекомбинантных вакцин можно пренебречь<sup>3</sup>.

Некоторые исследователи предлагают повысить иммуногенность сибиреязвенных вакцинных штаммов введением в них дополнительных, чужеродных генетических фрагментов, например гена стафилококкового белка А. Однако экспериментаторы столкнулись с двумя весьма существенными недостатками: подобные варианты вызывают аллергические реакции, а сами штаммы-продуценты генетически нестабильны.

Известно, что химические вакцины обеспечивают защиту не от всех штаммов *B.anthraxis*, а перенесенная инфекция дает стойкий иммунитет. Исходя из этого, некоторые специалисты предлагают создавать более иммуногенные рекомбинантные вакцины на основе *B.subtilis* с детерминантами, кодирующими капсульные полипептиды.

Второе направление в совершенствовании вакцин против сибирской язвы предусматривает создание рекомбинантных штаммов, которые вызывали бы длительный иммунитет. Для этого пригодны вакцинные штаммы возбуди-

телей особо опасных инфекций, способные долго сохраняться в организме и тем самым поддерживать стойкий иммунитет. Если в такие штаммы ввести ген протективного антигена, цель будет достигнута. Это перспективное направление позволит создать поливалентные вакцины, т.е. профилактические средства сразу против нескольких особо опасных инфекций. В последние годы удалось внедрить ген *pag* в разные штаммы лактобацилл, обладающих адъювантными (усиливающими иммунный ответ) свойствами, а значит, появилась возможность создавать вакцины для перорального применения.

Третье направление в повышении эффективности сибиреязвенных вакцин основывается на применении новых адъювантных технологий, белковой инженерии и иммуномодуляции. Для этого пригодны вакцинные препараты, лишенные балластных веществ (т.е. всего того, что не имеет отношения к выработке иммунитета). Повышение иммуногенности достигается традиционными путями, без генетической инженерии: за счет укрупнения, полимеризации, молекул антигена, закрепления его на минеральном сорбенте (например, гидроксиде алюминия) или синтетическом полимерном. Известно, что сорбенты повышают иммуногенность белковых антигенов в десятки и сотни раз. Иными словами, речь идет об адъювантных, сорбированных препаратах, или, как их иногда называют, полусинтетических вакцинах. Роль протективного антигена в них — вызывать иммунный ответ, функция носителя — усиливать иммунитет. Очень эффективную вакцину создали Б.Ивинс с коллегами для пероральной профилактики свиней, заразившихся спора-

ми *B.anthraxis*<sup>4</sup>. Она состоит из протективного антигена и адъювантов — сапонина QS-21 и монофосфорилилипида А в эмульсии поверхностно-активного вещества твина-80. В экспериментах этот препарат проявил себя много лучше, чем используемые в таких случаях английская или американская вакцины.

Надо сказать, что получение протективного антигена в процессе культивирования производящих его бактерий связано с одной неприятностью. Будучи белковой молекулой, антиген разрушается ферментами протеазами, и, следовательно, выработка его бактериями снижается. Этого можно избежать, если модифицировать антиген методами белковой инженерии — удалить из молекулы те участки, по которым его расщепляют протеазы.

Что же касается полимеризации протективного антигена, то ее пытаются добиться дубликацией иммунологически значимых эпитопов или модификацией антигена, которая приводила бы к образованию нескольких этих фрагментов с формированием ими четвертичной структуры. Такие молекулы протективного антигена, насыщенные важными для иммунитета участками, стимулируют выработку антител и усиливают защитные свойства вакцин.

В настоящее время экспериментально доказана возможность повысить эффективность и живых сибиреязвенных вакцин, если вторичную иммунизацию проводить препаратами, которые содержат протективный антиген и усиливающие иммунный ответ организмы иммуномодуляторы, например сальмозан.

В последние годы в ряде лабораторий разрабатывается

<sup>3</sup>Зубов В.В., Кожухов В.В., Алиев Т.К. и др. // Материалы науч.-практ. конф., посвященной 100-летию образования противочумной службы России. Саратов, 1997. Т.2. С.53.

<sup>4</sup>Ivins B., Fellows P., Pitt L. et al. // Vaccine. 1995. V.13. №8. P.1779—1784.

четвертое направление в создании сибиреязвенных вакцин. Основано оно на конструировании штаммов возбудителя со структурно измененными генами токсинов. Исходными вариантами служат штаммы *B.anthraxis* только с одной плазмидой — *pXO1*, и из генов *lef* и *суа* удаляют определенные участки. В результате цитотоксическая активность бактерии сильно снижается, но преимущества живых вакцин сохраняются. Есть и другая возможность — найти среди сибиреязвенных штаммов варианты без этих генов, для чего анализируют ДНК клонов бактерий с помощью полимеразной цепной реакции.

Недавно в нашем институте закончено исследование по влиянию индуцированных мутаций в генах *rag* и *lef* на иммуногенность и остаточную вирулентность вакцинных штаммов<sup>5</sup>. Выяснилось, что лишь обширное повреждение в концевой части гена *rag* приводит к потере биологических свойств, а отсутствие примерно 600 пар нуклеотидов не сказывается никак. В то

же время сравнительно небольшая утрата нуклеотидов (около 150 пар) в центральной области гена значительно снижает иммуногенность штамма. Если же дефектен ген *lef*, а *rag* не изменен, то вирулентность существенно снижается (или уменьшается незначительно). Так что поиск вариантов сибиреязвенной бациллы с дефектными генами токсинов отнюдь не бесполезен.

К середине 90-х годов сформировалось пятое направление — ДНК-вакцинация<sup>6</sup>. Этот принципиально новый подход основан на способности нуклеиновых кислот существовать несколько недель и даже месяцев в цитоплазме клеток организма-хозяина, не встраиваясь в его геном, но поддерживая синтез закодированных белков. Следовательно, если в профилактических целях иммунизировать человека, скажем, фрагментом гена *rag*, то под контролем человеческого промотора (участка ДНК, содержащего старт-сигнал для синтеза мРНК) будет синтезироваться эпитоп

протективного антигена, который и вызовет иммунный ответ. Такая вакцинация может быть особенно предпочтительна для людей, страдающих аллергиями.

С ДНК-вакцинацией, развивающейся огромными темпами, связывают надежды на профилактику и лечение многих заболеваний, в том числе и особо опасных инфекций. Сегодня экспериментально подтверждена ее эффективность в создании полноценного иммунитета не только к вирусам гепатита, гриппа и др., но и возбудителям сальмонеллеза, туберкулеза, коклюша, а также сибирской язвы. Некоторые ДНК-вакцины уже проходят клинические испытания. Все это позволяет утверждать, что одним из главных направлений развития медицины XXI в. станет вакцинация генами.

Специалисты разного профиля продолжают поиск по созданию безопасных и высокоиммунных сибиреязвенных вакцин. Видимо, уже в ближайшие годы станет ясно, какое из развивающихся направлений даст лучшие результаты и позволит предотвратить эпизоотии и распространение сибирской язвы среди людей. ■

<sup>5</sup> Kozhukhov V.V., Pimenov E.V., Vasilyev N.T. et al. // Abst. 3th Intern. Conf. on Anthrax. Plymouth, 1998. P.87.

<sup>6</sup> Подробнее об этом см., напр.: Дебабов В. Г. // Молекуляр. биология. 1997. Т.316. С.269—275.

## Океаны теряют тепло, атмосфера теплеет

Австралийские океанографы сопоставили материалы наблюдений по температуре и солености вод, выполненные на различных глубинах между поверхностью и дном Тихого и Индийского океанов в период 1930—1980 гг., с данными систематических океанографических съемок в тех же районах за 1985—1994 гг. Анализ выявил следующую тенденцию: на протяжении

последних двух десятилетий на глубинах от 500 до 1000 м температура и соленость вод понижаются. Эту тенденцию океанографы объясняют ростом в масштабе всего Мирового океана общего количества жидких и твердых атмосферных осадков в полярных областях: здесь сильно охлажденные поверхностные воды, имеющие высокую плотность, опускаются на глубину и по мере продвижения к югу формируют слои глубин-

ных вод всего Мирового океана (Science et Vie. 1999. №986. P.20).

Современные модели климата достаточно точно указывают, что глобальное потепление влечет за собой интенсификацию испарения в приэкваториальных областях океана и, как следствие, — увеличение количества осадков в более высоких широтах.

# Физико-химическая динамика дисперсных систем



Н.Б.Урьев

**П**онятие «дисперсные системы» объединяет широчайший класс объектов окружающего нас мира, содержащих частицы размером от нескольких нанометров до сотен микрометров. Это системы, состоящие из двух и более фаз: твердой, жидкой и газовой. Непрерывная (сплошная) фаза, называется дисперсионной средой; раздробленная и распределенная в этой среде фаза — дисперсной. Дисперсных фаз в системе может быть несколько. (Например, в воздушной дисперсионной среде могут присутствовать частицы пыли разного химического состава и строения, капельки воды.)

Каждая из этих фаз находится в своем равновесном состоянии и обладает определенными физическими и химическими свойствами. Переход от одной фазы к другой связан со скачкообразным, качественным изменением свойств вещества, что и определяет главную особенность дисперсных систем — их гетерогенность (в отличие от гомогенности образующих ее фаз). Физические и физико-химические процессы вблизи поверхности раздела между



*Наум Борисович Урьев, профессор, доктор химических наук, заведующий лабораторией высококонцентрированных дисперсных систем Института физической химии РАН. Заслуженный деятель науки России, лауреат Ребиндеровской премии РАН. Область научных интересов — физическая химия дисперсных систем.*

фазами (межфазной границы) составляют группу «поверхностных явлений». Они возникают как результат различия в составе и строении соприкасающихся фаз и соответствен-

но различия в энергии связи атомов и молекул, находящихся у поверхности раздела фаз и в их объеме. Из-за этого вблизи межфазной границы существует ненасыщенное

© Н.Б.Урьев

(некомпенсированное) поле межатомных, молекулярных сил, называемых поверхностными силами<sup>1</sup>.

Как известно, поверхностные явления в дисперсных системах зависят от геометрических параметров — среднего размера частиц  $d$ , удельной (нормированной на объем  $V$  или массу  $m$  дисперсной системы) межфазной поверхности  $S_v = S/V$  или  $S_m = S/m$  — и от физико-химических свойств поверхности.

Основная характеристика последних — свободная поверхностная энергия. Низкий уровень этой энергии свойствен лиофильным системам, склонным поэтому к самопроизвольному диспергированию в дисперсионной среде; наоборот, высокое значение поверхностной энергии на межфазной границе имеют лиофобные системы, склонные к коагуляции, т.е. слипанию частиц дисперсных фаз<sup>2</sup>.

Однако анализ поведения дисперсных систем показывает, что для их всестороннего описания следует добавить еще один важнейший признак: характерное для данной системы *динамическое состояние*.

### Чем определяется динамическое состояние

Динамическое состояние дисперсных систем отражает относительное движение и взаимодействие частиц дисперсных фаз, которые зависят от воздействия на систему<sup>3</sup>. Источником таких воздейст-

вий может быть как внутренняя (тепловая) энергия системы, так и энергия, сообщаемая от внешнего источника. Как при этом реагируют частицы дисперсных фаз — показывают полученные на основе теории размерностей<sup>4</sup> характерные времена микропроцессов<sup>5</sup>  $\tau$ :

– межчастичных взаимодействий за счет поверхностных сил (молекулярного притяжения  $f_c$  и электростатического отталкивания  $f_v$ ):

$$\tau_{л,2} \sim \frac{\eta d^2}{f_{c,v}}$$

– теплового движения за счет внутренней энергии колебаний молекул дисперсионной среды:

$$\tau_b \sim \frac{\eta d^3}{k_b T}$$

– инерционного движения частиц за счет действия внешних сил:  $\tau_1 \sim \rho d^2 / \eta$ ;

– процесса седиментации (осаждения) под действием поля силы тяжести:

$$\tau_s \sim \frac{\eta}{\rho^* d^2 g}$$

В приведенных соотношениях:  $\eta$  — вязкость дисперсионной среды;  $\rho$  — плотность дисперсной фазы;  $\rho^*$  — эффективная плотность частицы (разность между плотностями частицы и среды);  $g$  — ускорение силы тяжести;  $k_b$  — постоянная Больцмана;  $T$  — абсолютная температура.

В зависимости от размера частиц все эти времена релаксации меняются по-разному (рис. 1) — вклад каждого

из факторов воздействия на частицы в общую величину  $\tau$  ( $1/\tau = \sum 1/\tau_i$ ) изменяется существенно образом (на порядки величин). Соответственно варьируются и условия, в которых складывается динамическое состояние дисперсных систем.

Пока лучше всего изучено сочетание факторов, определяющих динамическое состояние наиболее высокодисперсных систем — коллоидных, с характерным размером диспергированных частиц  $d < 1$  мкм). Их динамическое состояние универсально и порождается непрерывным хаотическим движением частиц в жидкой или газовой средах. Это движение частиц, названное по имени впервые описавшего его в 1827 г. Р.Броуна, есть результат множества ударов по частицам молекул дисперсионной среды. Интенсивность теплового движения этих молекул зависит только от темпе-

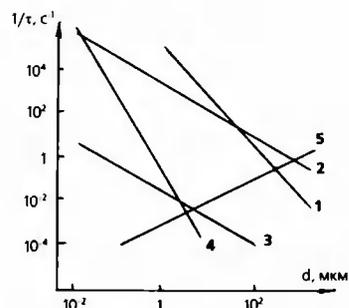


Рис. 1. Обратные времена релаксации основных микропроцессов в дисперсиях в зависимости от характерного размера частиц  $d$ : 1 — инерционные эффекты; 2 — молекулярное притяжение; 3 — электростатическое отталкивание; 4 — броуновское движение; 5 — седиментация.

<sup>1</sup> Дерягин Б. В., Чураев Н. В., Муллер В. М. Поверхностные силы. М., 1985.

<sup>2</sup> Ребиндер П. А. Поверхностные явления в дисперсных системах // Избранные труды. М., 1979.

<sup>3</sup> Урьев Н. Б. Высококонцентрированные дисперсные системы. М., 1980; Он же. Физико-химические основы технологии дисперсных систем и материалов. М., 1988.

<sup>4</sup> Урьев Н. Б., Потанин А. А. Текучесть суспензий и порошков. М., 1992.

<sup>5</sup> Понятие «микропроцессы» характеризует совокупность явлений, относящихся к отдельным частицам и закономерностям их взаимодействия с дисперсионной средой.

ратуры, его энергия в расчете на одну молекулу  $E_b \sim k_b T$  (в соответствии с теорией, развитой впоследствии А.Эйнштейном).

По существу все основные свойства коллоидных систем проявляются на фоне их участия в броуновском движении. Основные характерные времена микропроцессов динамического состояния для таких систем — величины  $\tau_{л,2}$  и  $\tau_b$ , поскольку вклад инерционных и седиментационных эффектов несуществен из-за малых значений массы и размера частиц.

В самом деле, такие важнейшие свойства, как агрегативная устойчивость (устойчивость к коагуляции частиц) и седиментационная устойчивость (устойчивость к их осаждению), определяются конкуренцией между притяжением частиц под действием молекулярных сил и их участием в тепловом броуновском движении. Иными словами, пока энергия взаимодействий в контактах между частицами  $E_c$  остается меньше энергии броуновского движения частиц, универсальное динамическое состояние таких систем *изотропно*, т.е. равновероятно по объему системы — система агрегативно и седиментационно устойчива.

Если же, как показывает расчет, потенциальная энергия молекулярного взаимодействия (сцепления) частиц  $E_c$  становится больше  $10-15 k_b T$ , система теряет агрегативную устойчивость — частицы коагулируют (укрупняются и образуют агрегат), в результате система становится и седиментационно неустойчивой, т.е. склонной к оседанию частиц. Динамическое состояние таких систем утрачивает изотропный характер, а как только размер агрегатов, образующихся из коллоидных частиц, превысит 1 мкм, участие этих агрегатов

в броуновском движении вообще прекратится.

Именно поэтому, в частности, дисперсные системы с размером образующих их *первичных частиц*, большим 1 мкм, традиционно рассматривались как грубодисперсные. Долгое время считалось, что они уже не являются объектами коллоидной химии и должны описываться с позиций законов механики или гидродинамики, поскольку важнейшими факторами, определяющими их свойства в динамических условиях, оказываются инерционные и гидродинамические эффекты.

### Динамика микрогетерогенных систем

Однако в ряду так называемых грубодисперсных систем выделяется особый класс с размером частиц  $\sim$  от 1 до 100 мкм, который отличается особыми свойствами. С одной стороны, для таких систем вклад броуновского движения становится пренебрежимо малым, а их инерционность и гидродинамические свойства — главенствующими. Вместе с тем роль поверхностных явлений и молекулярных взаимодействий между частицами здесь может быть даже большей, чем в случае классических коллоидных систем. Это происходит, если величина удельной поверхности дисперсных (достаточно концентрированных) систем  $S_v$  (или  $S_m$ ) соизмерима или превышает  $S_c$  (или  $S_m$ ) коллоидов. Тогда характеристиками микропроцессов в условиях динамического состояния становятся времена  $\tau_{л,2}$ ,  $\tau_i$ ,  $\tau_c$ .

Такие системы, занимающие по дисперсности промежуточное положение между коллоидными системами ( $d < < 1$  мкм), с одной стороны, и действительно грубодис-

персными ( $d > 100$  мкм) — с другой, можно назвать микрогетерогенными. Верхняя граница характерного размера таких частиц задается критическим размером  $d_c$ , ниже которого молекулярные взаимодействия, определяющие силу сцепления в контактах между частицами  $f_c$ , начинают превышать вес частицы  $G$ , т.е.  $f_c > G = mg$ . В этом случае частицы под действием молекулярных сил объединяются в *пространственные структуры*, которые удерживают частицы в поле действия сил, соизмеримых с силой тяжести. Энергия связи каждой из частиц с соседними в структурной сетке превышает величину  $k_b T$  в десятки и даже сотни раз, а в силу относительно большего размера такие частицы вообще не могут участвовать в тепловом броуновском движении.

Поэтому возникает вопрос: применимо ли к таким структурированным дисперсным системам понятие «изотропное динамическое состояние», как для коллоидных систем? И если да, то каким образом такое состояние может реализоваться?

Главная особенность, определяющая основные свойства данных систем, — наличие структуры — приводит к чрезвычайно резкому росту прочности и вязкости. Как показывают эксперимент и расчеты, с уменьшением размера и концентрации частиц вязкость может на порядки превысить вязкость самой дисперсионной среды (рис.2), т.е. полностью утрачивается способность к течению в статических условиях. Этот факт оказывается решающим для многих природных процессов и имеет важное значение для ряда прикладных областей техники, связанных с использованием таких систем, особенно — для химической технологии.

## Почему надо стремиться к изотропному состоянию

По существу практически любой из множества химико-технологических гетерогенных процессов, осуществляемых в разнообразных концентрированных дисперсных системах, можно эффективно реализовать, только обеспечив минимальный уровень вязкости  $\eta_{\min}$  (и соответственно максимальную текучесть). А это достигается лишь при «предельном» разрушении структуры, образованной молекулярными взаимодействиями в контактах между частицами, иначе говоря — при полном «разобщении» частиц и разрыве всех контактов между ними.

Речь идет о непосредственных точечных (или так называемых атомных) контактах, возникающих между частицами в порошках, или коагуляционных контак-

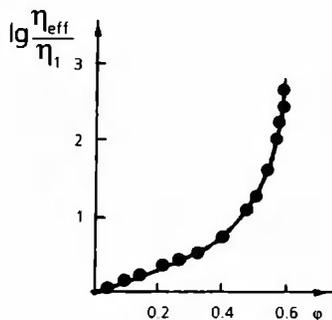


Рис.2. Зависимость логарифма эффективной относительной вязкости дисперсной системы ( $\lg(\eta_{\text{eff}}/\eta_1)$ , где  $\eta_1$  — вязкость дисперсионной среды) от объемной концентрации частиц  $\phi$ . Экспериментально определенные значения показаны точками, теоретический расчет — линией.

тах, образующихся через прослойку жидкости между частицами твердых фаз в пастах и суспензиях. Важная характерная особенность обоих видов контактов — это то, что, будучи разрушены внешними силами, такие контакты и соответственно образуемые ими структуры способны полностью восстанавливаться под влиянием сил молекулярного притяжения, когда внешние воздействия прекратятся. Но пока эти контакты между частицами не разрушены или разрушены лишь частично, в малой доле объема системы, чрезвычайно высокая вязкость и прочность структуры остаются главными препятствиями для многих массообменных процессов. К числу последних относятся, например, перемешивание многокомпонентных дисперсных систем, сушка и обжиг высокодисперсных порошков в кипящем слое, получение высоконаполненных дисперсных композиционных материалов: наполненных пластмасс, резин, лакокрасочных составов, керамики и бетонов. Высокие значения вязкости и предельного напряжения сдвига<sup>6</sup> резко затрудняют процессы формирования изделий из керамических и катализаторных масс, бетонных смесей, наполненных полимерных композиций, например, существенно повышают энергозатраты, или вообще исключают возможность таких процессов. Более того, поскольку скорость многих процессов обратно пропорциональна вязкости системы, а степень их завершенности зависит от величины действующей активной поверхности между дисперсными фазами и дис-

<sup>6</sup> Предельное напряжение сдвига — усилие, отнесенное к единице поверхности деформируемой дисперсной системы в направлении сдвига, при достижении которого дисперсная система начинает необратимо деформироваться.

персионной средой, полное дезагрегирование, т.е. «разобщение» частиц и их равномерное распределение по объему дисперсионной среды — важнейшее необходимое условие интенсификации и оптимизации таких процессов.

Именно поэтому так важно, чтобы во время осуществления гетерогенных процессов в дисперсных системах установилось бы *изотропное* динамическое состояние, при котором контакты между частицами дисперсных фаз полностью разрываются и соответственно достигается минимальный уровень эффективной вязкости  $\eta_{\text{eff}} = \eta_{\min}$ .

## Можно ли этого добиться?

Как мы видим, вязкость (или, наоборот — текучесть) — основная макроскопическая характеристика динамического состояния структурированных дисперсных систем, отражающая совокупность микроскопических характеристик — контактных взаимодействий между частицами, а значит, включающая и сочетание двух главных для таких систем времен микропроцессов  $\tau_{L,2}$  и  $\tau_1$ . Отсюда следует, что необходимые условия достижения изотропного динамического состояния можно задать так: должно выполняться  $\eta_{\text{eff}} = \eta_{\min}$ , а на микроскопическом уровне — соотношения  $1/\tau_{L,2} < 1/\tau_1$ ;  $E_{\text{кин}} > E_c$ , где  $E_{\text{кин}}$  — кинетическая энергия, сообщаемая частице от внешнего источника,  $E_c$  — потенциальная энергия молекулярных взаимодействий в расчете на одну частицу.

Применительно к двухфазным структурированным дисперсиям типа твердая фаза — жидкая среда для описания динамического состояния до-

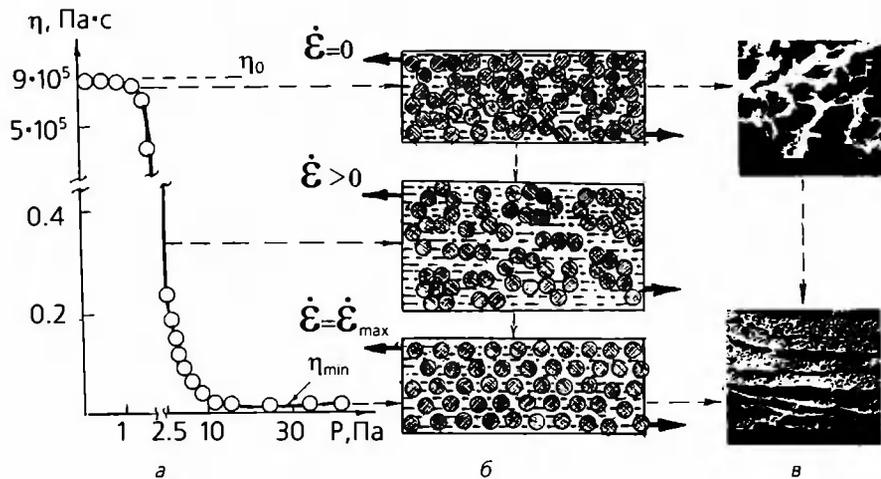


Рис. 3. а — типичная полная кривая течения (на примере водной дисперсии неорганических частиц), отражающая зависимость эффективной вязкости  $\eta_{\text{eff}}$  от напряжения сдвига  $P$ ; б — схема разрушения коагуляционной структуры при возрастающей скорости деформации  $\dot{\epsilon}$  или увеличивающемся напряжении сдвига  $P$ , согласно ранее общепринятым представлениям; в — действительный характер разрушения структуры: верхняя микрофотография — исходная структура до начала деформации; нижняя — та же структура в процессе деформации, более темные зоны — слои воды.

статочно установить зависимость эффективной вязкости системы от интенсивности механических воздействий на структуру в условиях равновесного и изотропного разрушения коагуляционной структуры. Впервые так называемая полная кривая течения — зависимость эффективной вязкости  $\eta_{\text{eff}}$  от скорости деформации  $\dot{\epsilon}$  или напряжения сдвига  $P$  — была получена<sup>7</sup> П.А.Ребиндером с сотрудниками (рис.3,а). Авторы ввели два важных параметра: наибольшую вязкость практически «неразрушенной структуры»  $\eta_0$  и наименьшую ньютоновскую вязкость «предельно раз-

рушенной структуры»  $\eta_{\text{min}}$ , отличающиеся почти на 10 порядков. По существу этот минимальный уровень эффективной вязкости должен был бы соответствовать предельному изотропному динамическому состоянию при полном разрыве всех коагуляционных контактов между частицами. Другие же измеряемые значения эффективной вязкости системы, как считалось долгое время, отвечают каждое своей степени равновесного *изотропного* разрушения структуры (рис.3,б).

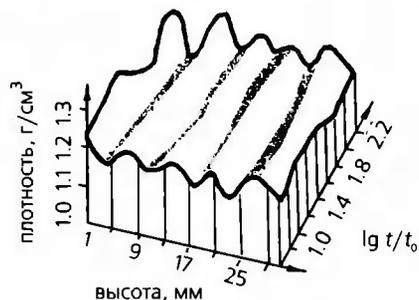
Однако, наблюдая непрерывную деформацию структуры с помощью электронного сканирующего микроскопа, мы получили данные, полностью опровергающие устоявшиеся и общепринятые представления<sup>8</sup>. Оказа-

лось, что вопреки сложившемуся мнению об *изотропном характере разрушения структуры* в дисперсной системе и увеличении степени ее разрушения по мере роста скорости сдвига в действительности имеет место прямо противоположный, *анизотропный*, характер разрушения: образуются плотные и прочные агрегаты и слои, чередующиеся со слоями маловязкой дисперсионной среды. Причем плотность и прочность структуры и соответственно вязкость вещества внутри этих образований не только не меньше, а *во много раз больше*, чем даже до начала деформации дисперсной системы (рис. 3,в), максимальны же они как раз при достижении ранее так называемой наименьшей вязкости предельно разрушенной структуры.

<sup>7</sup> Исследуемая деформируемая дисперсная система находится в узком зазоре между поверхностями коаксиальных цилиндров ротационных вискозиметров, один из которых неподвижен, а второй вращается с возрастающей скоростью  $\dot{\epsilon} = d\epsilon/dt$  ( $\epsilon$  — относительная деформация,  $t$  — время). Эффективная вязкость  $\eta_{\text{eff}} = P/\dot{\epsilon}$  для каждого установившегося значения  $P$  и  $\dot{\epsilon}$ .

<sup>8</sup> Урьев Н. Б. // Коллоид журн. 1998. Т.60. №5. С.662–683.

Рис.4. Характер изменения плотности осадка суспензии частиц в воде во времени ( $t_0 = 1$  час) и по высоте слоя (данные просвечивающей гамма-томографии).



Таким образом, в действительности течение дисперсной системы реализуется в виде чередующихся, скользящих друг относительно друга областей — слоев, сильно уплотняющихся и упрочняющихся по мере роста  $\epsilon$ , и, наоборот, разуплотняющихся и поэтому маловязких жидкотекучих зон. При этом измеряемая величина кажущейся «псевдовязкости» системы  $\eta_{\text{eff}}$  характеризует лишь эти малоконцентрированные и маловязкие зоны-слои и *отличается от действительных значений на 7–8 порядков!* Естественно, что ни о каком изотропном динамическом состоянии дисперсной системы, как и о корректности определения в этих условиях ее вязкости или текучести не может быть и речи. Именно этим обстоятельством, в частности, объясняется известная специалистам неоднородность структуры многокомпонентных концентрированных дисперсий, которая обнаруживается даже после длительного интенсивного перемешивания в лопастных смесительных установках, обеспечивающих непрерывный сдвиг.

Удивительным образом оказалось, что не только процесс течения, но и процесс седиментации таких высокодисперсных систем сопровождается возникновением слоистых осадков. Эти осадки отличаются чередованием зон повышенной и пониженной плотности и соответственно

прочности и вязкости формирующихся в их объеме структур (рис.4)<sup>9</sup>. По-видимому, именно слоистый характер осадков в свою очередь лежит в основе многих наблюдаемых в природе катастрофических явлений: оползней, срывов донных отложений озер, морей и океанов, сдвигов слоев почв и грунтов при землетрясениях и т.п.

Как выяснилось позднее, первопричина анизотропного характера разрушения и образования дисперсных структур в динамических условиях при сдвиге и седиментации — физико-химическая неоднородность поверхности частиц, свойственная большинству реальных дисперсных систем. Такая неоднородность была названа лиофильно-лиофобной мозаичностью поверхности. За этим термином скрывается часто встречающееся чередование на поверхности частиц лиофильных и лиофобных участков. В динамических условиях мозаичность приводит к избирательному разрыву относительно слабых коагуляционных контактов (возникших на лиофильных участках). Наоборот, на лиофобных участках в результате инерционной коагуляции частиц образуются прочные агрегаты и твердообразные слои, и система таким обра-

зом все больше теряет изотропию.

### Новые подходы

Путь к достижению изотропного динамического состояния в концентрированных микрогетерогенных дисперсных системах подсказал сравнительный анализ их свойств и свойств классических коллоидных систем. Если в последних это состояние создается температурной «броуновской» осцилляцией лиофильных коллоидных частиц, то в микрогетерогенных системах аналогичную роль, как оказалось, может сыграть инерционная вынужденная осцилляция частиц, вызываемая внешним источником вибрации. Подобно энергетическому параметру  $E_b \sim k_B T$ , характеризующему интенсивность хаотичной осцилляции в зависимости от температуры коллоидной системы, для нашего случая логично ввести другую энергетическую характеристику — интенсивность вибрации или своеобразную «вибротемпературу»  $J$ .

Энергия вибрации  $E_{\text{vib}}$ , затрачиваемая на осцилляцию дисперсной системы массой  $M$ , определяется как  $Ma^2\omega^2$ , где  $a$  — амплитуда,  $\omega$  — частота колебаний. Интенсивность колебаний  $J$  характеризует удельную мощность вибрации — мощность колебаний, отнесенную к единице колеб-

<sup>9</sup> Бардышев И.И., Урьев Н.Б. // Коллоид журн. 1994. Т.56. №3. С.315–318.

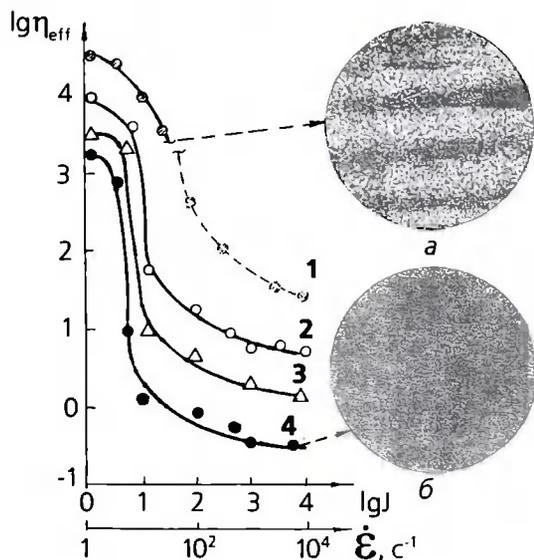


Рис.5. Типичные кривые течения концентрированных дисперсных систем при вибрации в виде зависимости логарифма эффективной вязкости  $\lg \eta_{\text{eff}}$  от интенсивности вибрации  $J$  для водных дисперсий смеси гидроалюминатов и силикатов кальция. 1 — при непрерывном сдвиге без вибрации ( $\lg \eta$  как функция скорости деформации, штрихами дана часть кривой, где течение сопровождается появлением слоистости); 2 — при непрерывном сдвиге в сочетании с осцилляцией, направленной ортогонально непрерывному сдвигу (в отсутствие добавок ПАВ); 3 — то же, что и в случае 2, но при модифицировании поверхности частиц с помощью добавки оксиэтилированного алкилфенола; 4 — то же, что и в случае 2, но при модифицировании поверхности частиц с помощью добавки метилсиликона натрия. а, б — соответствующие микрофотографии структуры, полученной в результате перемешивания. Увел. 500.

лющей массы ( $J = a^2 \omega^3$ ). Вынужденные колебания частиц становятся противовесом их молекулярному взаимодействию, энергию которого теория в общем виде определяет соотношением  $E_c \sim kd/b^n$ . Здесь  $b$  — расстояние между поверхностями контактирующих частиц (степень  $n$  с ростом расстояния увеличивается от единицы до двух).

Снизить энергию взаимодействия можно, если модифицировать поверхность частиц, адсорбируя на ней молекулы поверхностно-активных веществ (ПАВ), — частицы существенно «раздвинутся», ( $b$  увеличится по крайней мере на двойную длину обращенного в сторону дисперсионной среды радикала). Важно, чтобы этот радикал был бы родствен дисперсионной среде, т.е. его конец, обращенный в полярную среду был бы также полярен (например,  $\text{OH}^-$ ,  $\text{ONa}^-$  и т.д.), а в случае неполярной среды — неполярен ( $\text{CH}_3$  и т.п.). Тогда толщина прослойки  $b$

будет даже превышать двойную длину радикала, поскольку в зазор втянется дисперсионная среда, лиофильная по отношению к радикалу. Основным результатом действия ПАВ состоит в том, что, адсорбируясь в виде мономолекулярного слоя на поверхности частиц твердой фазы, эти вещества резко снижают уровень свободной межфазной энергии на границе раздела фаз и, «раздвигая» частицы, позволяют на несколько порядков уменьшить силу взаимодействия в контактах между частицами.

Оказалось, что, если возбудить внешним источником осцилляцию частиц, поверхность которых была модифицирована таким образом, величина  $J$ , необходимая для достижения истинной объемной максимальной текучести (изотропного динамического состояния системы при  $\eta_{\text{eff}} = \eta_{\text{min}}$ ), понижается на несколько порядков величины! Причина взаимного усиления действия механической вибра-

ции и ослабления силы взаимодействия частиц в присутствии малых добавок ПАВ состоит в следующем. Вибрация разрушает структуру по наиболее слабым коагуляционным контактам, чему также способствует наличие адсорбированного слоя ПАВ. Вместе с тем молекулы ПАВ адсорбируются в первую очередь на энергетически наиболее активных лиофобных участках поверхности частиц, создавая структурно-механический барьер<sup>10</sup> их сближению. Этот барьер препятствует инерционной коагуляции частиц по лиофобным участкам, исключая возможность возникновения прочных коагуляционных контактов, а значит, и прочных высоковязких дисперсных структур. Именно в этих условиях и достигается сверхвысокая текучесть дисперсных систем.

Проиллюстрируем сказанное конкретным примером. Приведенные на рис.5 кривые

<sup>10</sup> См. сноску 2.

ечения концентрированных водных суспензий высокодисперсных частиц (со средним размером около 1 мкм) показывают, что использование ПАВ позволяет уменьшить энергию колебаний, необходимую для достижения  $\eta_{\text{ст}} = \eta_{\text{мин}}$ , на 3 порядка, а вязкость — уменьшить на 4–5 порядков! В данном случае наименьшее значение вязкости  $\eta_{\text{ст}} = \eta_{\text{мин}}$  действительно отвечает истинному полному и изотропному разрушению структуры. Напомним, что ранее за этот уровень ошибочно принимался характеризующий лишь вязкость «жидкотекучего» мало концентрированного слоя уровень « $\eta_{\text{мин}}$ ».) Это открывает возможность резко повысить скорость массообменных химико-технологических процессов. Например, вибрационное перемешивание компонентов в условиях такого ис-

тинно изотропного динамического состояния за 15 с дает такую однородность структуры (рис. 5, б), какая недостижима за 600 и более секунд при интенсивном сдвиговом деформировании традиционными методами (рис. 5, а). Последнее свидетельствует: при осцилляции в сочетании с ПАВ неоднородности в виде агрегатов и слоистость структуры, характерная даже для высокоскоростного сдвига, полностью устранены.

Столь же эффективным оказалось применение этого принципа, например, при получении абразивных изделий на керамическом связующем методом прессования (такие изделия широко используются в металлообрабатывающей промышленности). При вибропрессовании в сочетании с введением добавок ПАВ удалось избежать неоднороднос-

ти структуры абразивных кругов по плотности (характерной для статического прессования) и при этом одновременно понизить давление прессования в  $10^4$ – $10^5$  раз!

Так исследования закономерностей установления изотропного динамического состояния в дисперсных системах помогают решать практические вопросы — снижать на несколько порядков величину эффективной вязкости, а также уровень энергии, необходимой для ее достижения. Именно знание физико-химической динамики структурированных систем открывает пути к достижению их сверхвысокой текучести.

**Работа поддержана Российским фондом фундаментальных исследований. Проекты 97-03-33323 и 00-15-97327. ■**

**КНР в мировом рейтинге**

Число научно-технических статей, опубликованных учеными и специалистами КНР в 1998 г., составило 1 421 520 (China Science and Technology Newsletter. 1999. №204. P.2). Таким образом, в мировом рейтинге КНР поднялась на 9-е место (после США, Японии, Великобритании, Германии, Франции, Италии, Канады и России). Наибольшее число статей подготовлено в университетах Нанкина и Пекина и в Китайском университете науки и технологий.

**Эцци дали новое имя и сделали «кинозвездой»**

Как известно, в 1991 г. в Эццальских Альпах, на границе между Италией и Австрией, была найдена мумия человека эпохи неолита<sup>1</sup>, которому дали имя

Эцци. Когда же окончательно было установлено, что место находки расположено на итальянской территории (менее чем в 100 м от Австрии), мумию, согласно достигнутой на правительственном уровне договоренности и в соответствии с международными законами, передали под охраной отряда карабинеров итальянцам<sup>2</sup>.

Теперь итальянцы переименовали Эцци, назвав его Симилаунским человеком — по горной вершине Симилаун, ближайшей к месту его бывшего захоронения в леднике (Science. 1999. V.286. №5446. P.1843). В городке Больцано с населением, едва насчитывающим 100 тыс. жителей, специально для него создан Южно-Тирольский археологический музей, который, естественно, все называют Музеем Симилаунского человека. Оборудование музея обошлось в 10 млн амер. долл. Но, надо ду-

мать, убытков власти не понесли: публика проявила к пришельцу из минувших тысячелетий огромный интерес; с марта 1998 г., когда доступ к мумии был открыт для всех, и до конца 1999 г. в музее побывало 400 тыс. посетителей; бывали дни, когда их число достигало 800 в сутки.

Итальянские энтузиасты завалили свое Министерство связи требованиями издать посвященную Симилаунцу почтовую марку и тем почтить своего «соотечественника» — ведь в кишечнике мумии обнаружена пыльца растений, характерных для южных, а не для северных склонов Апеннин.

Но австрийцы ни за что не хотят отставать от своих апеннинских соперников: в ближайшее время они выпускают на экран полнометражный игровой фильм под названием «Эццальский человек и его мир».

<sup>1</sup> Подробнее см.: Мащенко Е. Н. Мумия «ледяного человека» // Природа. 1994. №2. С.50–53.

<sup>2</sup> См.: Эцци становится музейным экспонатом // Там же. 1999. №1. С.115.

*Ванейвская*

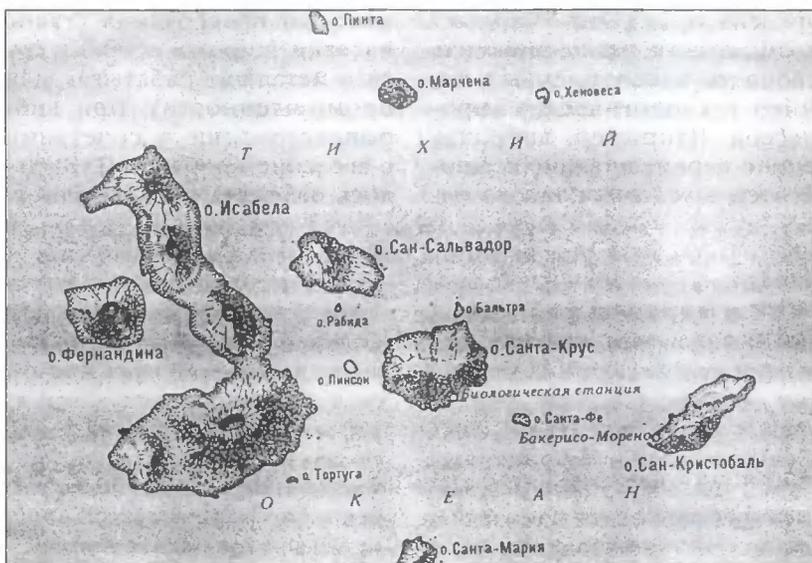
# Где родня твоя, Одинокий Джордж?

К.Н.Несис,

доктор биологических наук  
Москва

Галапагосские острова — родина гигантских галапагосских (или слоновых) черепах. Они — одна из главных достопримечательностей Галапагосов. Галапаго с испанского — большая черепаха. Поистине гигантские животные: самцы бывают до полутора метров длиной и массой до 400 кг! Нигде, кроме Галапагосов, не встречаются. Черепахи со всего архипелага относятся к одному виду *Geochelone nigra* (или *Gelephantopus*), но форма их панцирей настолько своеобразна, что опытный человек с первого взгляда скажет, с какого острова та или иная черепаха. Еще Дарвину, изучавшему этих животных во время экспедиции на «Бигле», стало ясно, что у них был один предок, случайно приплывший с течением Гумбольдта из Южной Америки (в 1000 км к востоку), где водятся три других вида того же рода. Но кто был этим предком, откуда и когда он появился на островах — до сих пор оставалось предметом споров.

Когда белые люди появились на «Зачарованных островах», они вскоре узнали, что гигантские черепахи способны очень долго, до года и бо-



Карта Галапагосского архипелага.

лее, жить без воды и пищи. Множество судов — пиратских, китобойных, военных кораблей разных стран — с XVII в. посещали острова, чтобы набить трюмы высококачественной и не портящейся пищей. Количество вывезенных с Галапагосов черепах

одни исследователи оценивают в 200 тыс., другие в 10 млн! Неудивительно, что там, где за черепахами не надо было лезть в труднодоступные места, они быстро исчезли. Насчитывают всего 15 подвидов (или «рас») слоновых черепах: 11 ныне здравствующих —

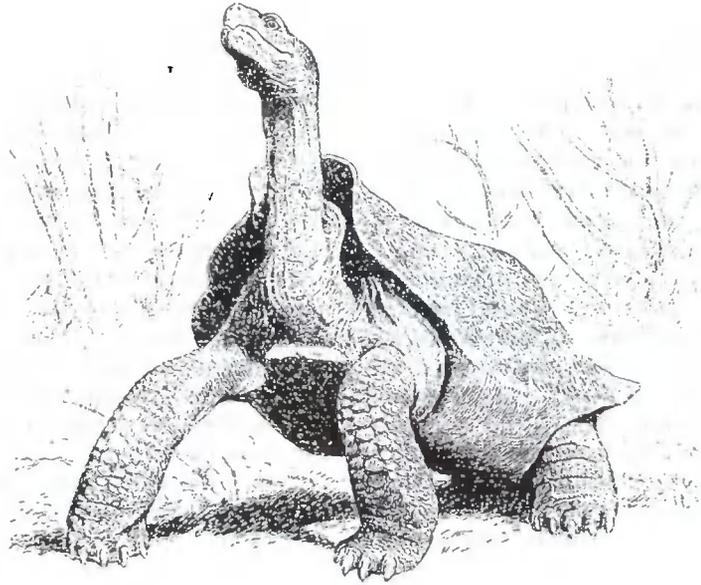
© К.Н.Несис

пять на самом большом острове Исабела (по одному на каждом крупном вулкане) и шесть на шести меньших островах, а также четыре вымерших.

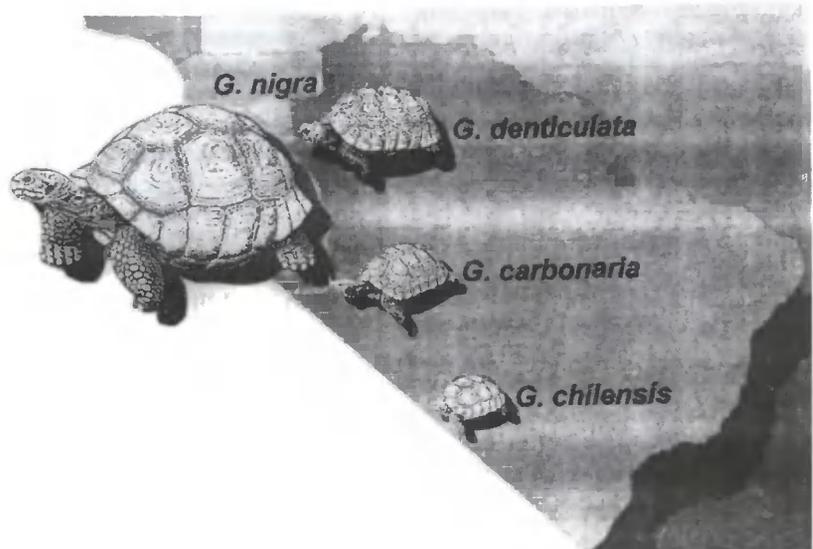
Один из современных подвидов — *G.nigra abingdoni* с маленького острова Пинта — представлен единственным престарелым самцом по имени Одинокий Джордж, который уже много лет живет на Исследовательской станции им.Чарльза Дарвина на о.Санта-Крус. Не раз подыскивали ему невесту, но по томства так и не получили.

Группа ученых из Йельского университета в Нью-Хейвене, Университета штата Нью-Йорк в Сиракьюсе и Университета «Ла Сапиенца» в Риме<sup>1</sup> поставили задачу: выяснить, к какому виду южноамериканских наземных черепах ближе всего галапагосские, как соотносятся друг с другом черепахи с разных островов и к какому подвиду можно отнести Одинокого Джорджа? Для этого они проанализировали пробы крови от черепах всех 11 подвидов (включая, разумеется, и Одинокого Джорджа) и трех южноамериканских видов и определили последовательность оснований гена, кодирующего 16S РНК рибосом, и гена цитохрома *b* из митохондрий. Удалось исследовать также ДНК из клеток кожи трех черепах с о.Пинта (родины Джорджа), добытых в 1906 г. и хранящихся в виде тучел в Калифорнийской академии наук в Сан-Франциско. Результаты оказались неожиданными.

Выяснилось, что галапагосские черепахи ближе всего не к солидной по величине (до 60 см) лесной черепахе (*G.denticulata*) и не к родственной ей угольной (*G.carbonaria*), которые встречаются на севере Южной Америки,



Слоновая галапагосская черепаха (рис. Н.Н.Кондакова).



Четыре исследованных вида наземных черепах рода *Geochelone*.

<sup>1</sup>Caccone A., Gibbs J.P. et al. // Proc. Nat. Acad. Sci. USA. 1999. V.96. №23. P.13223—13228.

не так уж далеко от Галапагосов, а к небольшой (до 22 см) аргентинской (*G.Chilensis*) из области Чако, обитающей в Боливии, Парагвае, Уругвае и северной половине Аргентины, вплоть до 40° ю.ш. (а это уже почти Субантарктика!). Дело в том, что лесная и угольная черепаха распространены в тропических джунглях, а черепаха Чако живет в сухой саванне и пустыне, поросшей колючими кустарниками и кактусами, климат которых гораздо ближе к галапагосскому, чем климат тропических дождевых лесов. Но это, конечно, не значит, что маленькая черепаха Чако — прямой предок галапагосского гиганта, ведь ее ареал отделен от тихоокеанских берегов Кордильерами. Скорее, предком галапагосской черепахи, случайно приплывшим на стволах деревьев к островам, был какой-то крупный вымерший вид, обитавший на иссушенном побережье, вероятно, где-то в северном Перу. По молекулярным данным, предок *G.nigra* и *G.chilensis* дал две ветви 12—6 млн лет назад. Между тем самые старые острова архипелага — Сан-Кристобаль и Эспаньола — не древнее 5 млн лет. Правда, некоторые подводные горы вблизи Галапагосов могли быть островами еще 10 млн лет назад. Может быть, туда и занесло

черепах. Это предположение подтверждается генетическим возрастом других галапагосцев — знаменитых наземных ящериц-игуан (*Conolophus subcristatus*), морских игуан (*Amblyrhynchus cristatus*), мелких сухопутных хилехвостых ящериц из рода *Tropidurus* и листопалых гекконов из рода *Phyllodactylus*. Время их существования оценивается в 9—20 млн лет. Но более вероятно, что видообразование от общего предка, приведшее к возникновению галапагосской и южноамериканской черепах, началось еще до переселения на острова.

Одиннадцать ныне живущих подвидов слоновой черепахи близки друг к другу и образуют четыре группы, разошедшиеся не ранее 2 млн лет назад. Но четыре из пяти подвидов с о.Исабела (с вулканов Дарвин, Альседо, Сьерра-Негра и Серро-Асуль) генетически неразличимы с черепахами о.Санта-Крус; напротив, пятый подвид, с самого северного вулкана Вольф, дальше от них и ближе к черепахам с о.Сан-Сальвадор. Значит, черепахи заселяли о.Исабела (его возраст меньше полумиллиона лет) как минимум дважды и оба раза — с соседних островов, лежащих к востоку, «вверх по течению».

Самым неожиданным в отношении Одинокого Джорд-

жа оказалось то, что он генетически идентичен черепахам с о.Эспаньола и является ближайшим родичем черепах с о.Сан-Кристобаль! Но это самые юго-восточные острова архипелага, а родина Джорджа — о.Пинта, самый северный. Расстояние между ними около 300 км. Сначала подумали: наверное, Джорджа завезли на Пинту с юго-востока. Но те три черепахи с Пинты, чьи чучела почти век хранятся в музее, оказались идентичны Джорджу. Значит, действительно, черепахи с наиболее удаленных островов ближе всех друг к другу! Наверное, виною всему океанское течение: оно идет как раз от северного берега о.Сан-Кристобаль к Пинте. Эти черепахи не плавают по морю, но если бы ветром сломало дерево, на корнях которого сидела черепаха, течение понесло бы ее именно в таком направлении.

Теперь ясно, почему Джордж оставался одиноким: невест-то ему подыскивали с Исабелы, ближайшего к Пинте острова. А надо бы — с самого далекого! Так что, быть может, этому единственному представителю выжившего подвида *G.nigra abingdoni* успеют, наконец, найти подходящую подругу и он все-таки оставит потомство! ■

## Дорогие читатели!

Подписывайтесь на «Природу» в редакции журнала! Это обойдется вам намного дешевле. Цена льготной подписки (в редакции) на I полугодие 2001 года — 40 руб. за номер или 240 руб. за полугодие. Иногородние могут выслать деньги за подписку почтовым переводом до 15 ноября 2000 года, добавив стоимость пересылки шести бандеролей весом 200 г.

Наш адрес: 117810 Москва ГСП-1, Мароновский пер., 26, «Природа», Александровой Ирине Филипповне (тел. 095-238-24-56).

## Астрономия в Китае: реорганизация и развитие

Академия наук КНР в рамках «Программы обновления познания» приняла решение о полной реорганизации астрономических исследований в стране (Science. 1999. V.284. №5417. P.1094). Создается новый Национальный центр астрономических обсерваторий, который под своим началом объединит четыре крупнейших обсерватории — Пекинскую, Шанхайскую, Нанкинскую и Юньнаньскую, а также три пункта наблюдений за спутниками, два запланированных к сооружению телескопа и один уже находящийся в стадии строительства. Весь этот конгломерат будет получать по 6 млн амер. долл. в год в течение трех лет, что вдвое превышает сумму нынешних ассигнований на астрономию. Одновременно численность штатных сотрудников сократится более чем втрое и составит 406 человек. Директором Центра назначен 60-летний Ай Госинь (Ai Guoxing), нынешний глава Пекинской обсерватории, видный специалист по изучению Солнца.

Устанавливается новый, не зависящий от возраста и положения ученого, соревновательный порядок финансирования работ, предваряемый экспертным рецензированием независимыми специалистами. 35 исследовательских групп наметили девять приоритетных направлений: крупномасштабные астрономические структуры; формирование и эволюция галактик; явления, связанные с высокими энергиями и космическими катастрофами; образование и эволюция звезд; магнитная активность Солнца; космическая геодинамика; динамика Солнечной системы и небесных тел; космические средства наблюдения; методики и техника в астрономии. Руководителям этих групп предоставляется право приглашать на работу специалистов и принимать решения о расходовании выделенных сумм (предусматривается возможность существенно повышать зарплаты).

Центр получает право распределять время работы на крупнейших телескопах страны, включая 2.16-метровый оптический теле-

скоп обсерватории Синлун в провинции Хэбэй, многоканальный солнечный магнитный телескоп под Пекином, два 25-метровых радиотелескопа (в Шанхае и Синцзяне) и 13.7-метровый телескоп в Цзюйхае, действующий в миллиметровом диапазоне электромагнитных волн. Две трети наблюдательного времени на этих инструментах будет отдано специалистам, не входящим в структуру Центра, в частности иностранным ученым, добившимся этого права в порядке конкуренции.

Особое значение придается разрабатываемым ныне двум инструментам: космическому солнечному 500-метровому радиотелескопу «FAST» и четырехканальному широкоугольному спектроскопическому телескопу «LAMOST». Сооружение последнего ведется в Синлуне.

Намечается усилить кооперацию с научными силами университетов КНР, где расширяется программа фундаментальных исследований.

## Проект, объединяющий геофизику с геологией

Для объединения усилий различных специалистов, исследующих твердое тело Земли, Национальный научный фонд США намерен (начиная с 2000 г.) ассигновать 75 млн долл. на разработку и проведение нового проекта под названием «Earth Scope» («Земной интроскоп»). Его цель — пространственное и временное изучение строения и эволюции Северо-Американского континента (Science. 1999. V.286. №5445. P.1655).

Один из двух элементов проекта — «USArray» («Сеть США») — предусматривает создание мобильной сети из 400 сейсмометров, которая покрывает территорию в 1 тыс. км<sup>2</sup> и по завершении цикла наблюдений перемещается в следующий квадрат. Для изучения отдельных разломов земной коры, магматических камер, горных структур предназначен комплект из 2400 приборов с большей разрешающей способностью; они располагаются внутри квадрата наблюдений.

Второй элемент проекта — «SAFOD» («San Andreas Fault Observatory Drilling» — «Обсерватория по исследованию разлома Сан-Андреас») включает бурение скважины глубиной 4 тыс. м в центральной части разлома Сан-Андреас (штат Калифорния), которая позволит проследить трение одного блока земной коры о другой, приводящее к землетрясениям.

Работы, аналогичные «SAFOD» и «USArray», фактически ведутся уже более пяти лет, но их раздельное осуществление и финансирование было малоэффективным. Поэтому и делается попытка объединить их в единый проект и подключить к решению материальных проблем один из отделов Национального научного фонда США с достаточным для этого опытом финансирования (например, Обсерваторию лазерного и интерферометрического изучения гравиметрических волн, открытую на территориях штатов Вашингтон и Луизиана в 1999 г.).

Планируется ввести в рамках проекта «Earth Scope» еще два совершенно новых элемента. Это «Plate Boundary Observatory» («Обсерватория по изучению границ литосферных плит»), задача которой — следить за накоплением напряжений в земной коре с целью получить представление о тектонической обстановке на территории от штата Аляска до Мексики. Предполагается, что эта обсерватория вступит в строй в 2002 г. Несколько позже вступит в строй проект «InSAR» («Interferometric Synthetic Aperture Radar» — «Интерферометрический радиолокатор с синтетической апертурой»). Это — спутниковая система, регистрирующая накопление напряжений в коре с интервалами 8 сут и разрешением 100 м.

Геофизику с энтузиазмом относятся к проекту «Earth Scope». Геологи — несколько сдержаннее. Последние, в частности исследователь Тибетского плато К.Беркфил (C.Burckfiel), опасаются, что в связи с его проведением могут уменьшиться ассигнования на традиционную, «малую» и локальную геологическую науку. Впрочем, многие его коллеги, равно как и геофизики,

признают, что подобные перемены в подходе к наукам о Земле в XXI в. неизбежны и желательны.

### Западно-Антарктическое оледенение и уровень океана

Таяние Западно-Антарктического ледника стало в последние десятилетия несомненным фактом. Если процесс продлится, уровень Мирового океана может повыситься на несколько метров. Отсюда — интерес климатологов, гляциологов и океанологов к изучению динамики ледников Антарктиды в прошлом.

Результаты подобных исследований опубликовала группа американских специалистов, возглавляемая Р.П.Акертом (R.P.Ackert) в журнале «Science» (1999. V.286. №5438. P.277).

На Земле Мэри Бэрд, омываемой морем Росса, в пункте с координатами 77°10' ю.ш. и 127°00' з.д., возвышается нунатак Веше (выступающая над ледниковым покровом отдельная скала). Это — давно погасший вулкан, вершина которого достигает 300 м над ур.м. Со склонов Веше в направлении моря Росса стекает ледник; его кольцевая и боковые морены позволяют судить о высоте ледникового покрова в отдаленном прошлом.

Исследователи определили возраст поверхностных слоев льда по содержанию в нем изотопов <sup>3</sup>He и <sup>36</sup>Cl. Оказалось, что часть морены, находящаяся в 45 м над нынешним уровнем ледника, отложилась всего около 10 тыс. лет назад, т.е. намного позже того времени, когда ледник в своем максимальном развитии достигал моря Росса.

В верхней части морены сохранились следы многократных подъемов уровня льда. Неравновесная модель ледникового покрова показывает, что максимальные уровни оледенения на Веше относительно времени максимального простирания льда в море Росса запаздывали на несколько тысяч лет.

Таким образом, гляцио-геологические данные в сопоставлении с моделями ледникового покрова

свидетельствуют, что вклад рассматриваемого сектора Западно-Антарктического оледенения в поднятие уровня океана в эпоху голоцена не превышал и 3 м. Это заставляет отказать от точки зрения, согласно которой Западная Антарктида представляла собой мощный источник талых вод, поступающих в океан в начале голоцена.

### Взрыв вулкана Колима

Очередное извержение<sup>1</sup> мексиканского вулкана Колима началось мощным взрывом, произошедшим в 12 ч дня 17 июля 1999 г. (Smithsonian Institution Bulletin of the Global Volcanism Network. 1999. V.24. №8. P.2).

Над его вершиной (3850 м над ур.м.) 5 июля появилось облачко пепла, довольно быстро рассеявшееся. За несколько суток до взрыва количество обычных здесь слабых подземных толчков снизилось; за 13 ч до извержения сейсмическая активность возобновилась, но последние 11 ч были совсем спокойными. Мощный взрыв поднял на 11-километровую высоту колоссальный столб пепла. Потоки лавы с вершины протянулись на 4—4,5 км. По всей длине р.Ла-Лумбре листья и травы пожухли.

По наблюдениям сотрудников Колимского университета, глубина кратера осталась прежней (70—80 м), в поперечнике же он увеличился на десятки метров, достигнув 230 м. Пеплопад шел в округе до 30 км, хотя на периферии был довольно слабым. Власти штата организовали эвакуацию из ближайших населенных пунктов, в первую очередь — из пос.Ла-Йербабуэна (четвертый случай его эвакуации за последние 8 мес). На следующий день после взрыва по юго-западному склону горы скатился поток лавы, достигший отметки 3200 м над ур.м. Лава заполнила русла мелких речушек и часть Ла-Лумбре. Возникли селевые потоки, поэтому в ряде посел-

ков была объявлена тревога. К началу августа 1999 г. активность вулкана стала приближаться к обычной для него норме.

Вулканологи подчеркивают, что Колима — самый южный в цепочке вулканов, геологический возраст которых уменьшается по мере движения с севера на юг. В четвертичный период пепловые конусы неоднократно обрушивались и на их месте или рядом возникали новые.

Колима склонен к кратковременным, но чрезвычайно сильным извержениям взрывного типа.

### Млекопитающие под ногами у динозавров

В конце юрского — начале мелового периода (около 150 млн лет назад) на Земле обитали примитивные млекопитающие триконодонты. Хотя ни численностью, ни разнообразием видов они не уступали динозаврам, известно о них немного<sup>1</sup>. Зверьки эти были сравнительно мелкими, а их кости хрупкими. До наших дней сохранились лишь зубы и кое-какие малозначительные части скелета, по которым трудно судить об облике животного и месте, занимаемом им на древе эволюции. Некоторые палеонтологи даже шутят: весь триконодонт состоит из одних зубов.

Еще в прошлом веке считалось, что среди мезозойских позвоночных преобладали ящеры, а млекопитающих еще не было. Но в 1812 г. английский рабочий обнаружил в каменоломне около Хедингтона сланцевую плитку с отпечатками скелета странной формы. Местные естествоиспытатели увидели в отпечатках челюсти неизвестного существа. А в 1818 г., после окончания наполеоновских войн, Англию посетил барон Жорж де Кювье, который был способен по мельчайшим деталям восстанавливать облик животного. Ученый заключил: «Это млекопитающее. Только ему мог принадлежать подобный челюстной аппарат». И оказался прав!

<sup>1</sup> См. также: Неизвестен вулкан Колима // Природа. 1999. №7. С.117; Колима продолжает извергаться // Там же. 2000. №5. С.86; Извержение было предсказано точно // Там же. 2000. №8. С.76.

<sup>1</sup> См. также: М а щ е н к о Е. Н. Мезозойский триконодонт на территории Сибири // Природа. 1999. №7. С.52—53.

Впрочем, хедингтонское ископаемое долгое время считалось лишь редким исключением из правил.

Серьезный «прорыв» в палеонтологии XX в. был связан с трудами польских ученых во главе с Я.Лилиенгравеном и З.Келян-Яворовской (J. Lihliengraven, Z. Kielan-Jaworowska). Ведя в 60—70-х годах поиски в Центральной Азии, они нашли десятки скелетов, представляющих самые различные виды и роды древних млекопитающих. Некоторые из них были родственниками загадочных триконодонтов.

А недавно удача пришла к китайским палеонтологам, работавшим совместно со своим американским коллегой на северо-востоке КНР, в урочище Сихетун провинции Ляо-линь (42°с.ш., 121°в.д.). Эта местность ранее была известна находками древнейших динозавров, а также некоторых ископаемых млекопитающих. На этот раз среди озерных сланцев с прослойками вулканического происхождения был обнаружен почти полный скелет триконодонта — отсутствовала лишь небольшая часть черепа (Nature. 1999. V.398. №6725. P.1X, 283, 326). Чудом сохранившиеся за прошедшие 140—160 млн лет остатки принадлежали зверьку длиной около 10 см. Его «окрестили» сложным именем *Jeholdens jenkinsi* (от Чжеол — древнего названия западной части провинции, где он найден, и *dens* — зуб по-латыни, а А.Ф.Дженкинс — один из видных палеонтологов современности).

Сравнительно неподалеку ученые в разное время находили остатки оперенных динозавров — синозавроптерикса, протоархеоптерикса, каудиптерикса, примитивных птиц конфуциорниса и ляонинорниса, а также птерозавра эосиптеруса, млекопитающего чжанхеотерия, разнообразных ископаемых рыб, беспозвоночных и растений. И вот теперь — триконодонт. Точное геологическое время его существования определить трудно, но вероятнее всего это было на границе юрского и мелового периодов. Значит, правы те, кто утверждал, что в век динозавров мелкие млекопитающие уже «болтались у гигантов под ногами».

Детальное изучение триконодонта показало, что его очень примитивные тазовые кости и задние конечности сильно контрастируют с куда более прогрессивно устроенными плечевым поясом и передними лапами. Можно думать, что это был переходный вид, столь высоко ценимый палеонтологами. Однако это животное современным млекопитающим все же «седьмая вода на киселе», а его представляющийся совершенным плечевой пояс указывает на то, что природа «изобретала» его как минимум дважды.

### Остров Питкэрн — исчезающий рай в Тихом океане

Остров-«песчинка» Питкэрн, затерянный в бескрайних просторах Тихого океана (25°04'ю.ш., 130°06'з.д.), отстоит на тысячи миль от каких-либо обитаемых земель. В 1790 г. этот клочок суши вулканического происхождения, заросший плодоносными тропическими растениями, стал убежищем мятежным морякам английского фрегата «Баунти».

История мятежа на «Баунти» и судьба моряков стали захватывающими сюжетами для многих книг и кинофильмов. На иссеченном ветрами островке моряки создали идеальное общество, члены которого жили в гармонии с природой и согласии друг с другом. Для этой утопии было вполне достаточно 5 км<sup>2</sup>. Однако к концу XX в. и второго тысячелетия «эдемский рай» угасает (Terre Souvage. 1999. №145. P.23). С началом электрификации Питкэрна в 50-е годы его жизнь потекла по другому руслу. Микроцивилизация, созданная потомками мятежников, стала отступать под натиском притягательных благ современного общества потребления.

На протяжении нескольких последних десятилетий на острове проживало 200 человек, сегодня, спустя 210 лет, — 40. Среди них каждому взрослому от 20 до 35 лет. Возможно, вскоре остров и совсем опустеет: здесь все знают, что последние девять юношей намерены перебраться в Новую Зеландию, как

только достигнут возраста, позволяющего им это сделать.

В настоящее время туризм рассматривается как единственное эффективное средство, способное остановить «демографическое кровотоечение». Однако вполне вероятно, что от большой эпопеи «Баунти» в будущем останется только легенда.

### Перспектива обеспечения продовольствием

Из сводного доклада, распространенного в 1999 г. ООН и Всемирным банком (Environmental Science and Technology. 2000. V.34. №1. P.17A), следует, что к 2025 г., когда население стран, расположенных к югу от пустыни Сахара, составит 1 млрд человек, их смогут обеспечить продовольствием только на 40%. В настоящее время 550 млн жителей этих стран обеспечиваются на 70%. В то время как урожай сельскохозяйственных культур в большинстве стран мира неуклонно растут, в 48 странах «под Сахарой» плодородие земель снижается. Причины истощения почв хорошо известны: размывание водами (46%), ветровая эрозия (38%), нерациональное применение химических удобрений (12%), уплотнение из-за перевыпаса домашних животных (4%).

### Южный полюс переместился

1 января 2000 г. на очень небольшом удалении от антарктической станции США Амундсен-Скотт специалисты Геологической службы США заложили в лед новую памятную плиту, которая указывает точное смещение «точки» Южного полюса относительно ее координат прошлого года: сдвиг составил 10 м (Sciences et Avenir. 2000. №636. P.16). Перерасчет координат с точностью 2 см проводится ежегодно, с начала введения Глобальной системы позиционирования объектов (GPS).

# Загадки звездных дуг



Ю.Н.Ефремов

## Звздообразование и спиральные рукава

Справедливо сказано, что звезды — главные объекты Вселенной, в них заключена львиная доля ее видимой массы, да и вся наша жизнь определяется ближайшей звездой — Солнцем. Звезды собраны в гигантские системы — галактики, одной из которых является наша Галактика — система Млечного пути. Эллиптические галактики состоят из старых звезд, а неправильные и спиральные содержат много газа, в основном водорода, и в их дисках продолжается процесс звездообразования. Он обусловлен в конечном счете сжатием более плотных газовых облаков и превращением их в звезды. Такие облака могут возникать спонтанно, в результате гравитационной неустойчивости в газе и его турбулентных движений, однако затем воздействие молодых горячих звезд и взрывов Сверхновых на окружающий газ приводит к появлению новых звездообразующих облаков — индуцированному звездообразованию.

Наибольшие области звездообразования в галактиках —

© Ю.Н.Ефремов



*Юрий Николаевич Ефремов, доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник отдела изучения Галактики и переменных звезд Государственного астрономического института им.П.К.Штернберга. Член бюро Совета по астрономии РАН. Область научных интересов — строение галактик, звездные скопления, звездообразование. Обосновал концепцию звездных комплексов как наибольших группировок молодых звезд. Лауреат Ломоносовской премии МГУ (1996). Неоднократно печатался в «Природе».*

спиральные рукава: они бросаются в глаза именно потому, что в них идут активные процессы звездообразования и высока плотность молодых звезд высокой светимости. Исследования спиральных рукавов критически важны для по-

нимания самих галактик. Как говорил Джеймс Джинс, пока спиральные ветви остаются необъясненными, невозможно чувствовать доверие к любым предположениям, касающимся других особенностей галактик. Исследование звезд-

дообразования в рукавах — едва ли не лучший путь к пониманию их природы.

Установив в наших исследованиях существование звездных комплексов — наибольших группировок молодых звезд, — мы пришли к выводу, что короткие хаотические спиральные рукава как раз и есть такие комплексы, растянутые и закрученные дифференциальным вращением галактик. В рукавах такой природы нет старых звезд<sup>1</sup>. У большинства спиральных галактик рукава именно этого типа, однако наиболее известны и красивы галактики с регулярными длинными и симметричными рукавами. Их объясняет волновая теория спиральной структуры, согласно которой такие рукава представляют собой волны повышенной плотности звезд и газа, вращающиеся как твердое тело вокруг центра галактики<sup>2</sup>. Ближе к центру объекты галактики вращаются быстрее, чем волны плотности, и при набегании газовых облаков на уплотненный в спиральных волнах газ на кромке рукава создаются условия для индуцированного звездообразования. Возникающий в результате градиент возрастов поперек рукава был давно уже обнаружен автором в галактике Андромеды.

В рамках гравитационной теории волновых спиральных рукавов в них должны концентрироваться не только газ и молодые звезды, но и сравнительно старые объекты, притягиваемые в рукава их повышенным гравитационным полем. Это действительно обнаруживается при наблюдениях других галактик, но относительно нашей Галактики с 60-х годов считалось,

что ее спиральные рукава выделяются лишь по молодым скоплениям. Нам удалось показать, что этот вывод был обусловлен в основном наблюдательной селекцией, — на больших расстояниях труднее обнаружить старые скопления. Оказалось, что они концентрируются по крайней мере в наиболее длинном и хорошо выраженном рукаве Киль—Стрелец. Мы обнаружили также, что в этом рукаве сверхгигантские газовые облака располагаются через правильные промежутки<sup>3</sup>. Такая регулярность — характерное свойство именно гравитационных волновых спиральных рукавов и объясняется рождением в них газовых сверхоблаков (эволюционирующих затем в звездные комплексы) вследствие крупномасштабной гравитационной неустойчивости. Были обнаружены и характерные для таких рукавов отклонения скоростей звезд от кругового вращения относительно центра Галактики. Принадлежность нашей Галактики к классу галактик с волновыми спиральными рукавами, управляемыми гравитацией, а не газодинамическими процессами, можно ныне считать практически доказанной.

Однако вопрос о том, являются ли волновые спиральные рукава областями именно индуцированного звездообразования, еще не решен до конца. Молодые звезды могут образовываться на кромке рукава просто потому, что там наибольшая плотность газа, а в пересчете на единицу его массы темп звездообразования может быть такой же, как и вне рукавов, где новые облака не образуются. Для решения проблемы необходимо исследовать процессы индуцированного звездообразования в чистом виде, — когда они не ос-

ложнены гравитационным полем спиральных галактик и их дифференциальным вращением. Это значит, что нужно обратиться к неправильным галактикам, и в первую очередь к ближайшей среди них — Большому Магелланову Облаку (БМО), в котором много газа и молодых звезд и известны области индуцированного звездообразования.

## Звездные дуги и газовые сверхоболочки

Изучая обширную область активного звездообразования вокруг газовой сверхоболочки LMC4, мы обратили внимание на удивительные дугообразные структуры — три или четыре гигантские арки радиусом в 150—300 пк, образованные звездами высокой светимости и молодыми скоплениями (рис.1). Одну из таких дуг можно видеть в World Wide Web, на сайте Astronomical picture of the day (APOD), ее изображения помещены там 25 июня 1995 г. и 23 августа 1997 г., а в ультрафиолетовых лучах — 11 октября 1995 г. (рис.2). В подписи к рисунку говорится, что «причина, по которой эта арка имеет наблюдаемую форму, в настоящее время неизвестна».

Самую четкую из этих арок отметили Б.Вестерлунд и Д.Мэтьюсон еще в 1966 г. Они связали ее происхождение, как и водородной полосы LMC4, с взрывом гипотетической сверх-Сверхновой; о возможности таких взрывов писал еще И.Шкловский. На всю же эту систему арок в БМО обратил внимание первый П.Ходж<sup>4</sup>, причем и для нее он предположил аналогичное происхождение. С тех пор и до 1998 г. никто более не заинтересовался природой

<sup>1</sup> Ефремов Ю.Н. Очаги звездообразования в галактиках. М., 1989.

<sup>2</sup> Ефремов Ю.Н., Засов А.В., Чернин А.Д. Звездные комплексы и спиральные рукава // Природа. 1998. №3. С.8—16.

<sup>3</sup> Efremov Yu.N. // Astron. Astroph. Trans. 1998. V.15. P.3.

<sup>4</sup> Hodge P.W. // PASP. 1967. V.79. P.29—32.

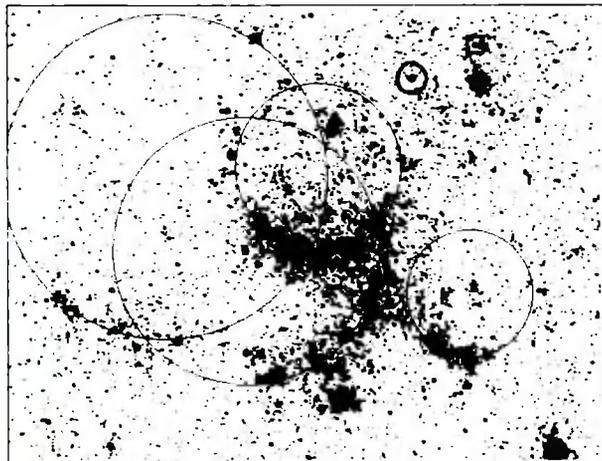


Рис.1. Система дугообразных звездных комплексов на северо-востоке галактики Большое Магелланово Облако (слева). Наиболее молодые скопления, содержащие горячие звезды, окружены облаками ионизованного водорода. Звездные дуги в БМО — части идеальных окружностей (справа). Наиболее заметны центральная арка — Квадрант и справа и ниже ее — Секстант. Реальность наибольшей арки (слева) пока под сомнением, но более старые скопления и должны быть менее заметны, а радиусы звездных дуг увеличиваются с возрастом, поскольку звезды сохраняют движение породившего их газа. Скопление NGC 1978 обведено малой окружностью, а остаток сверхновой N49 — квадратиком.



Рис.2. Дуга Секстанта в БМО, наблюдаемая в ультрафиолетовых лучах. Наибольшую яркость в этом диапазоне имеют самые молодые горячие звезды.

и происхождением таких структур, хотя область LMC4 активно исследовалась.

Мы занялись этой проблемой, ибо было очевидно, что здесь имеется чистой воды случай индуцированного звездообразования. О том свиде-

тельствовала правильная круговая форма арок, которую мы объяснили формированием их из газа, вытесненного из центра давлением<sup>5</sup>. Внутри двух на-

<sup>5</sup> Efremov Yu.N., Elmegreen B.G. // MNRAS. 1998. V299. P.643–652.

иболее четких дуг — Квадранта и Секстанта (рис.1 и 2) — вроде бы можно указать небольшие скопления, содержащие в свое время, вероятно, О-звезды и Сверхновые, способные собрать газовые оболочки, из которых затем образовались звезды в обеих дугах.

На более ранней стадии эволюции, до начала звездообразования, такие дуги должны наблюдаться как газовые оболочки, содержащие внутри породившее их звездное скопление. Однако звездных дуг в разных галактиках мы сейчас обнаружили всего с десятков, тогда как газовые оболочки весьма многочисленны — в некоторых галактиках по несколько десятков. Наибольшие из них, с диаметром более 300 пк, известны под названием сверхоболочек. Для областей меньшего размера, называемых обычно просто оболочками, источник центрального давления — группы молодых звезд внутри, которые наблюдаются довольно часто.

Однако для сверхоболочек вопрос остается открытым. В нашей собственной Галактике К.Хейлес<sup>6</sup> в 1979 г. обнаружил 11 сверхгигантских оболочек без видимых звездных группировок внутри. Рассматривая проблему их происхождения, Хейлес заключил, что «агент, ответственный за их происхождение, может быть новым, неизвестным среди астрономических объектов видом». Однако большинство теоретиков до последнего времени полагало, что для таких заявлений нет оснований. Проблема считается давно решенной,

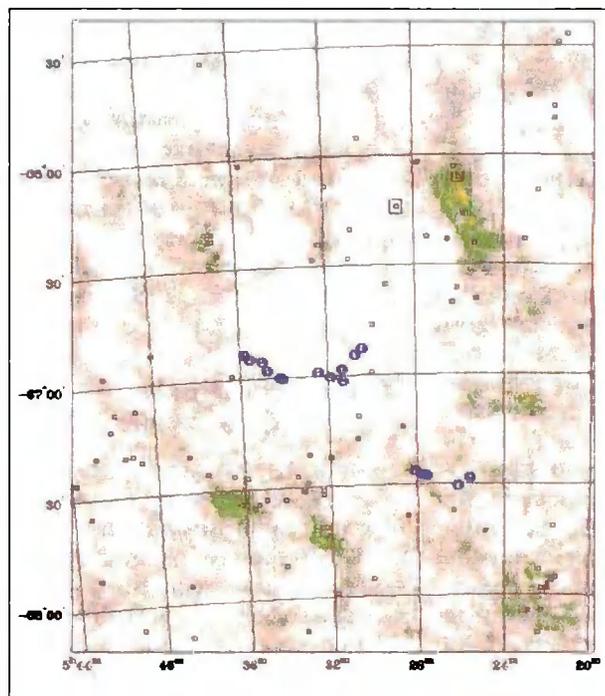
<sup>6</sup> Heiles C. // *Astrophys. Journ.* 1979. V.229. P.533.

хотя это не так. По возрасту и размерам сверхоболочки можно предположить, каковы должны быть параметры скопления, которое могло бы ее породить, и тем самым проверить «стандартную модель» происхождения сверхоболочек. Недавно К.Родэ с коллегами провели тщательные поиски скоплений внутри сверхоболочек N1 в неправильной галактике Noll. Только внутри шести из 44 сверхоболочек они нашли скопления, характеристики которых совместимы с предположением, что они могли их породить.

Добавим к этому вопрос, который я задавал ряду теоретиков: если сверхоболочки

образуются воздействием многих Сверхновых и горячих O-звезд на межзвездную среду, почему же вокруг множества скоплений, в которых эти объекты без сомнения были, никаких сверхоболочек не наблюдается? Удовлетворительного ответа я не получил. Предложено много объяснений происхождения сверхоболочек, но никто не объясняет их отсутствия!

Стандартная модель не срабатывает, причем во многих случаях. Была предложена и другая идея — падение на диск галактик больших газовых облаков, столкновение которых с газом в галактической плоскости дает достаточную энергию для возникнове-



*Рис.3. Нейтральный водород (темные участки) и звездные скопления (квадратики) в области сверхоболочки LMC4 (обширная свободная от газа эллиптическая область в середине), внутри которой находится дуга Квадранта, а на правой нижней ее границе — Секстанта; скопления в этих дугах обведены кружками. Скопление NGC 1978 и остаток Сверхновой N49 показаны квадратиками (справа вверху). Обратите внимание на отсутствие скоплений в центрах газовых оболочек и наличие газа внутри Секстанта.*



*Рис.4. Арка звездных скоплений вокруг газопылевой сверхоболочки в галактике M83. Эта картина соответствует классической модели индуцированного звездообразования в оболочках, однако в центре сверхоболочки не видно предположительно породившего ее скопления.*

ния сверхоболочек. Однако близ ряда галактик с гигантскими сверхоболочками таких облаков нет. Высокоскоростные облака водорода вокруг нашей Галактики оказались гигантскими (в среднем — 25 кпк в поперечнике) и далекие объектами.

Оставались загадочными и звездные арки в БМО. В самом деле, почему они образовались вокруг бедных звездных группировок и отсутствуют вокруг множества более богатых скоплений подходящего возраста? Почему все дуги, известные в БМО, сгруппировались в пределах 1 кпк друг от друга? Непонятно также, почему Квадрант расположен внутри сверхоболочки, а не вдоль ее края, и почему внутри арки Секстанта сохранился газ (рис.3 и 4). Возможное объяснение пришло с совершенно неожиданной стороны.

## Тайна гамма-всплесков

В течение шести лет кратковременные вспышки гамма-излучения составляли глубокий секрет Национальной обсерватории Лос-Аламос (США), сотрудники которой регистрировали их с помощью системы четырех спутников «Вела» (от испанского *vela* — быть на страже), предназначенной для регистрации ядерных взрывов. Их задачей было следить, не нарушается ли соглашение о запрещении этих взрывов в воздухе и космосе. Довольно скоро было установлено, что вспышки приходят из космоса, и, наконец, в 1973 г. побывавший с визитом в Лос-Аламос известный физик Ф.Дайсон сказал своим коллегам, что даже Советам не под силу почти каждый день выводить в космос ракеты с водородными бомбами — надо, мол, сообщение об этом опубликовать.

Объяснить наблюдения было нелегко. Кратковременность вспышек (от долей до сотен секунд) указывала, что источниками гамма-лучей служат очень компактные объекты, такие, например, как нейтронные звезды. Отсутствие какой-либо локализации, скажем, вблизи плоскости или центра Галактики (или около близких галактик) оставляло только две возможности — либо источники очень близко от нас, не дальше ближайших звезд, либо же очень далеко. В последнем случае гамма-вспышки — очень редкие явления в далеких галактиках. Главная трудность состояла в том, что в отличие от квазаров или пульсаров, на разгадку которых ушли считанные месяцы, гамма-вспышки ни в каком другом диапазоне спектра себя не проявляли.

Почти все гипотезы стали достоянием истории весной 1997 г. В конце февраля итало-голландский спутник «Верро SAX» зарегистрировал гамма-вспышку GRB 970228 (Gamma-ray burst 28 февраля 1997), на месте которой был выявлен угасающий рентгеновский источник. Это позволило определить точные координаты, по которым на месте гамма-вспышки была найдена слабая галактика. Затем было выявлено оптическое послесвечение за всплеском GRB 970508 и на его месте обнаружена также слабая галактика, для которой удалось измерить красное смещение линий в спектре:  $z = 0.835$ . Такая величина соответствует гигантскому, космологическому, как часто говорят, расстоянию.

Сейчас послесвечение наблюдалось уже у двух десятков гамма-всплесков, и мало кто сомневается в том, что они приходят с весьма далеких расстояний, в пределах которых достаточно много галактик. Если это так, то энергии вспышек чудовищны — до  $10^{53}$ – $10^{54}$  эрг, т.е. как у сотен

и тысяч сверхновых звезд, вспыхнувших одновременно<sup>7</sup>.

И вот осенью 1997 г. возникло подозрение, что остатки этих вспышек астрономы наблюдают давно и в большом количестве. Сверхмощные взрывы должны образовывать огромные полости в межзвездной среде. С.Блинников и К.Постнов<sup>8</sup> первыми упомянули об этом в статье, посвященной природе гамма-всплесков. Признаюсь, и автора этой статьи тогда посетила такая мысль, но когда я пришел к Постнову посоветоваться об этом, их статья была уже в печати. Затем совместно с американскими астрономами мы изучили этот вопрос детально<sup>9</sup> и пришли к выводу, что при существующих оценках частоты вспышек гамма-излучения (одна вспышка в десять тысяч — миллион лет) и времени жизни сверхоболочки (десятки миллионов лет) в каждой галактике, подобной нашей, может наблюдаться от 10 до 100 образованных таким путем сверхоболочек, и эта оценка соответствует наблюдениям.

## Гамма-вспышки и звездные дуги

Итак, старая идея о сверхмощных взрывах получила наблюдательные подкрепления. Она объясняет отсутствие центральных скоплений в ряде сверхоболочек и применима также к аркам в БМО. Остается однако необходимость объяснить, почему все три или четыре такие вспышки, имевшие место в БМО за последние примерно 30 млн лет (судя по возрасту скоплений в дугах), происходили так близко друг

<sup>7</sup> Постнов К.А. // Успехи физ. наук 1999. Т.169. С.546.

<sup>8</sup> Блинников С.И., Постнов К.А. // MNRAS. 1998. V.293. PL29.

<sup>9</sup> Efremov Yu.N., Elmegreen B.G., Hodge P.W. // Astrophys. Journ. Lett. 1998. V.501. P.163–165.

к другу. Это, конечно, означает наличие здесь какого-то общего источника, в котором могли бы возникнуть предки гамма-вспышек. Согласно большинству гипотез, ими служат тесные двойные системы, включающие нейтронные звезды или черные дыры. Возникновение таких систем при сближениях звезд в плотном скоплении и возможность их ухода из скопления рассматривались при изучении рентгеновских двойных звезд (которые как раз и являются тесными системами, включающими нейтронную звезду, аккреция вещества на которую и вызывает рентгеновское излучение). Некоторые из этих двойных могут быть предками гамма-всплесков или хотя бы их близкими родственниками. Излучение гравитационных волн при орбитальном движении ведет к сближению и затем слиянию компонентов таких тесных двойных, что и порождает явление гамма-вспышки. Для этого нужно в среднем около 100 млн лет с момента образования двойной системы, и за истекшее время она может уйти далеко от скопления, даже если покинула его с небольшой скоростью, вследствие обычного механизма «испарения» звезд из скопления. В процессе вспышки Сверхновой образуется нейтронная звезда, скорость которой может достигать сотен километров в секунду.

Итак, неподалеку от звездных дуг может быть богатое и плотное скопление. И такое скопление, к тому же весьма необычное, действительно есть — это массивное скопление эллиптической формы NGC 1978, возраст которого около 2 млрд лет (рис. 1, 5). Рядом с ним, всего в 18', находится еще один весьма необычный объект, который может заведомо считаться родственником гамма-всплесков! Это SGR 0526-66 — единствен-

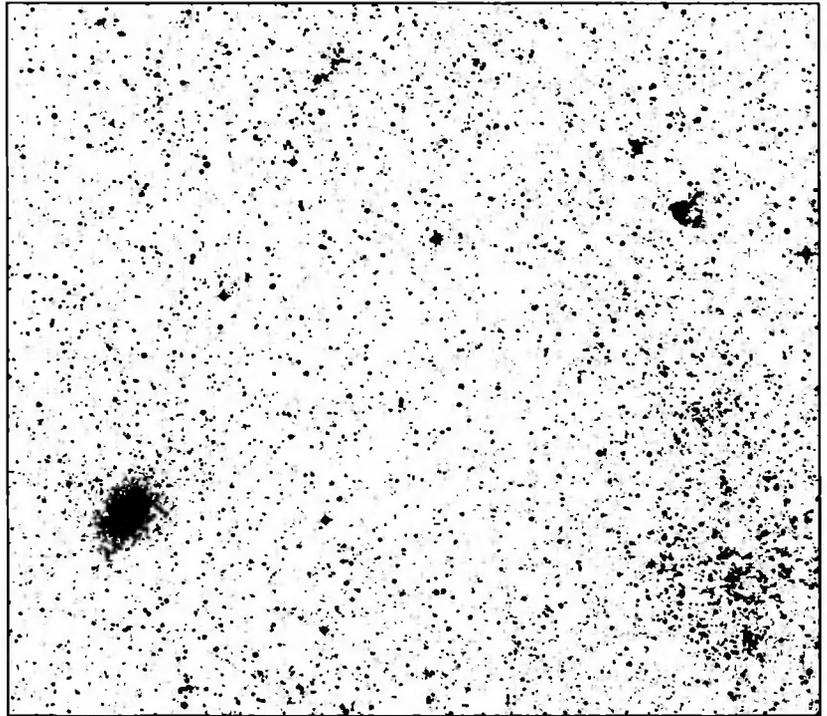


Рис. 5. Звездное скопление NGC 1978 (слева внизу) и остаток Сверхновой N49, содержащий объект SGR 0526-66 (справа вверху).

ный в БМО источник повторяющегося излучения мягких гамма лучей (Soft Gamma Repeater). Он был обнаружен 5 марта 1979 года и после долгих споров признан членом БМО.

Эти соображения пришли мне в голову в июне 1998 г., когда я обдумывал доклад на симпозиуме по Магеллановым Облакам, который состоялся в июле в Канаде. На симпозиуме прозвучало сообщение Ф.Хаберла о распределении обнаруженных им рентгеновских двойных в БМО. На его «прозрачке» была видна концентрация этих звезд в северо-восточной части галактики. Это мой вопрос, не область ли это LMC4, выступавший докладчик ответил утвердительно. Его, правда, поправили, что, мол, к северу от этой сверхоболочки. Но NGC 1978 находится как раз к северо-западу от LMC4! Я сказал, что так и должно быть, и через день

объяснил в своем докладе, почему. Если звездные дуги связаны с гамма-вспышками, предки которых вылетели из NGC 1978, вблизи этого скопления естественно ожидать и повышенной концентрации родственных им объектов, вроде SGR и рентгеновских двойных.

Эллиптическая форма NGC 1978 свидетельствует о необычном динамическом состоянии скопления, которое могло быть результатом слияния двух скоплений, либо — динамического «удара» скопления о плоскость БМО. Оба явления могли привести к уходу из скопления многих звезд, в том числе и двойных<sup>10</sup>. Однако наиболее вероятным нам сейчас представляется механизм выброса звезд из плотного ядра скопления вследствие их близких про-

<sup>10</sup> Ефремов Ю. Н. // Письма в «Астрон. журн.». 1999. Т.25. С.100—107.

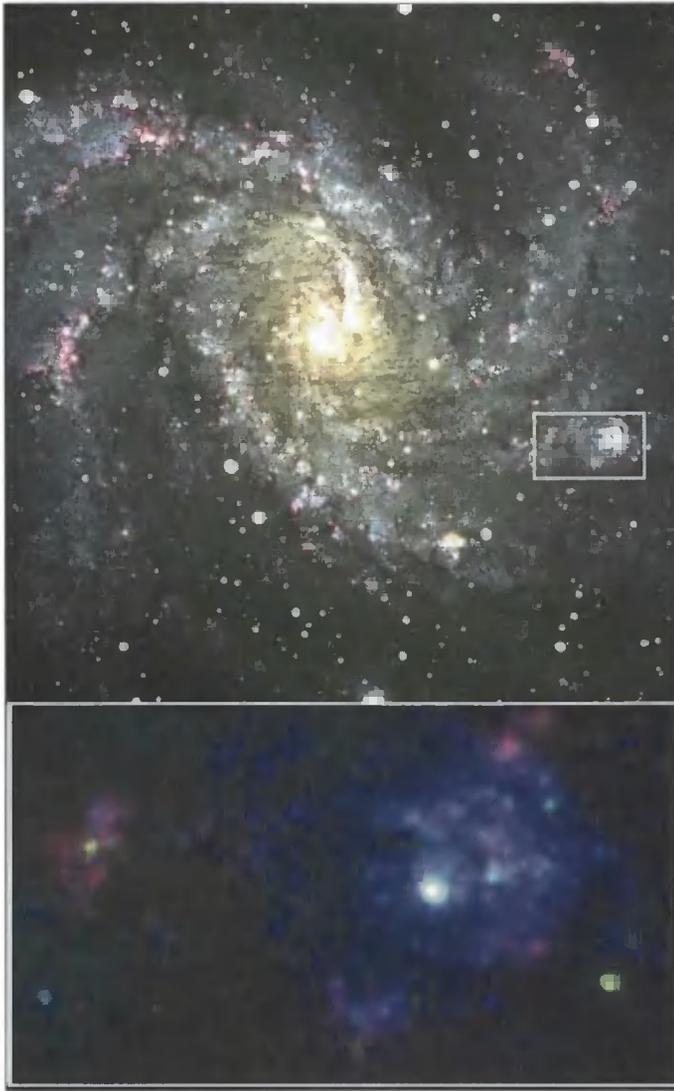


Рис.6. Спиральная галактика NGC 6946 и сферический комплекс молодых звездных скоплений в ней. Снимок получил С.Ларсен на 2,5-метровом Нордическом телескопе на о. Ла Пальма.

хождений, ведущих к образованию тесных двойных систем. Среди последних должны быть и системы из компактных объектов, последующее слияние которых порождает явление всплеска гамма-излучения<sup>11</sup>.

Весьма массивное скопление было недавно найдено и близ второй известной системы кратных арок, в спиральной галактике NGC 6946 (рис.6). Эту вторую систему также обнаружил Ходж при поисках объектов, подобных кратным аркам в БМО. Не зная

о его работе, С.Ларсен и Т.Рихтлер<sup>12</sup> заново открыли эту систему в 1999 г., описав ее как сферическое скопление звездных скоплений. Внутри него они нашли молодое шаровое скопление, самое яркое из всех молодых скоплений в изученных ими 21 галактике. Масса его может составлять миллион масс Солнца.

В совместной работе<sup>13</sup> мы предприняли попытку изучить эту уникальную систему; правда, много загадок еще остается. Ее правильная круго-

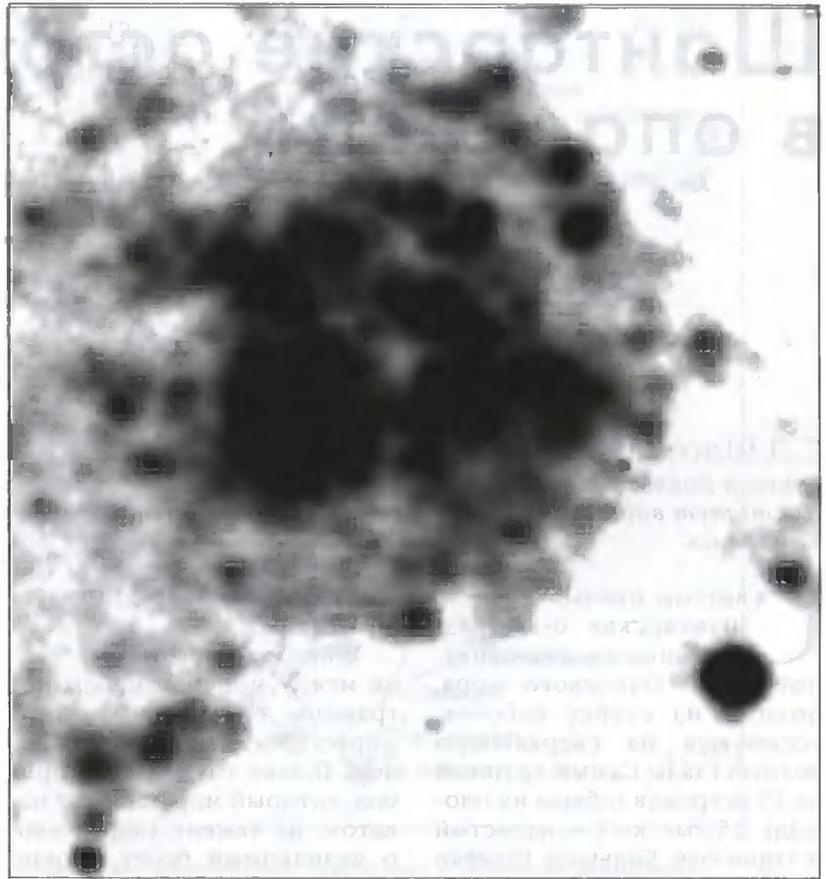
вая форма и наличие внутри нескольких дуг скоплений с примерно равными возрастными говорит об индуцированном звездообразовании. Однако возраст шарового скопления, по предварительным данным, такой же как у других скоплений в этой системе. Если это окажется так, то придется признать, что оно не могло стимулировать образование арок из скоплений. К тому же центры двух или трех арок скоплений находят-

<sup>11</sup> О.п. же // Там же, 2000, Т.26, С.649—650.

<sup>12</sup> Larsen S.S., Richtler T. // Astron. Astroph. 1999, V.345, P.59—72.

<sup>13</sup> Elmegreen B., Efremov Yu.N., Larsen S. // Astrophys. Journ. 2000, V.535, P.748—758.

*Рис.7. Деталь предыдущего изображения — комплекс молодых скоплений в NGC 6946 (полоса 1). Видны несколько арок скоплений и гигантское шаровое скопление (слева от центра). Яркий объект справа внизу считается звездой переднего фона нашей Галактики, но может оказаться и компактным скоплением в NGC 6946. Размер изображения 29''x33''.*



ся слишком далеко от него (рис.7). Как и в случае арок в БМО, можно предположить, что прародители этих арок ушли из него и дали сверхмощные взрывы. Но как быть с возрастaми? Может быть неподалеку будет найдено более подходящее скопление? Для наблюдения этого уникального скопления скоплений нам предоставлено время для работы с Космическим телескопом им.Хаббла. По заявке нашего коллектива 16 июля 2000 г. инструмент будет наведен на это скопление скоплений и многие вопросы будут решены.

Напомним, что наиболее ценным результатом Египетской экспедиции генерала Бонапарта стала находка Розеттского камня, надпись на котором была выбита как иероглифами, так и греческими буквами. Это позволило затем Шампольону расшифровать иероглифическую письменность. Звездные арки связаны с газовыми оболочками, и именно звездные скопления дают данные о возрастах и массах, которые нужны для уточнения теории индуцированного звездообразования, а это необходимо для понимания природы спиральных рукавов. Не-

умолимая логика научного исследования неизбежно уводит от первоначально поставленной задачи, и для успеха часто возникает необходимость решить и новую, возникшую на пути к цели, проблему... И эта загадка звездных дуг определенно связана с проблемой гамма-вспышек, наиболее актуальной в современной астрофизике.

**Работа проводилась при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проект 97-02-17358. ■**

# Шантарские острова в опасности

С.Д.Шлотгауэр,

доктор биологических наук

Институт водных и экологических проблем Дальневосточного отделения РАН

Хабаровск

С высоты птичьего полета Шантарские о-ва, разбросанные в юго-западной части Охотского моря, похожи на стайку бабочек, усевшуюся на сверкающую водную гладь. Самый крупный из 15 островов (общая их площадь 2,5 тыс. км<sup>2</sup>) — лесистый и гористый Большой Шантар с озером и обширной бухтой, вдающейся в его твердь, на северо-восточной оконечности. Второй по величине о.Феклистова вчетверо меньше, здесь тенистые леса обрамляют невысокие горы и равнину в устье р.Лебяжьей. Каменистый островок Прокофьева высится над морем, завершая на востоке эту группу архипелага. К югу от нее, почти у материковых мысов, распластались плоские, низкие и заболоченные острова Малый Шантар и Беличий — словно плоты, отчалившие от берега.

Когда летишь над Шантарями, хорошо видны темнеющие расщелины, ослепительные водопады в хороводе скалистых останцов, черные разводы ельников, светло-зеленое руно кедрового стланика, одевающее склоны и водоразделы, лиственничные леса на северных пологих участках, граничащих с палевыми разлива-

ми марей, и изумрудные луга в устьях рек.

В предзакатный час, когда между морем и небом нет границы, туман надежно драпирует утесы, опасные для лодок. Только глухой шум прибоя, который моряки зовут накатом, да тяжкие удары волн о незнакомый берег, словно предупреждают: берегитесь, путники!

Но вот туман окончательно отчалил от Большого Шантара, и далекие зеленовато-синие горы с каждым часом приближаются к нам: меняется эффект освещенности. Блестящее, как огромное лакированное блюдо, море, слившееся с небосводом; пепельно-серые, выбеленные скелеты деревьев, умерших от холодного дыхания Охотского моря; чайки, стонущие у разноцветных скал; выглядывающие из-под воды пучеглазые и усатые нерпы — все это настраивает на особый лад. Недаром говорят, что Шантары — обиталище душ, переселившихся в иной мир.

Действительно, русских душ здесь погублено немало: и свирепыми штормами, и льдами, затирающими утлые челны, и цингой. Тяжкой была доля русских землепроходцев и промысловых людей. Первыми архипелаг в 40-х годах

XVII в. увидели Иван Москвитин и Василий Поярков. С созданием Удского и Якутского острогов русские казаки бывали на побережье Охотского (Студеного) моря чаще. В 1709 г. приказчик Удского острога записал устные рассказы — «сказки» об островах. Тремя годами позже казаки на двух лодках отправились на острова, где прожили в немощных лишениях год. Позже один из них — Иван Быков — писал в своем отчете о Большом Шантаре: «А на том острове соболи и лисицы, и волки, и медведи, и лес лиственяк, и ельник, и березняк, и осинник есть»<sup>1</sup>. В 1844 г. на островах работал академик А.Ф.Миддендорф<sup>2</sup>, собравший первую коллекцию растений, которая была обработана Е.П.Траутфеттером и К.А.Мейером и насчитывала 132 вида растения.

В это же время в Охотском море начался интенсивный промысел китов, в окрестностях Шантар скапливалось до 200 китобойных судов. Как магнитом острова притягивали к себе не только русских

<sup>1</sup> Русские мореплаватели. М., 1953.

<sup>2</sup> Миддендорф А. Ф. Путешествие на север и восток Сибири. Ч.1: Север и восток в естественно-историческом отношении. Отд.4: Растительность Сибири. Спб., 1867.

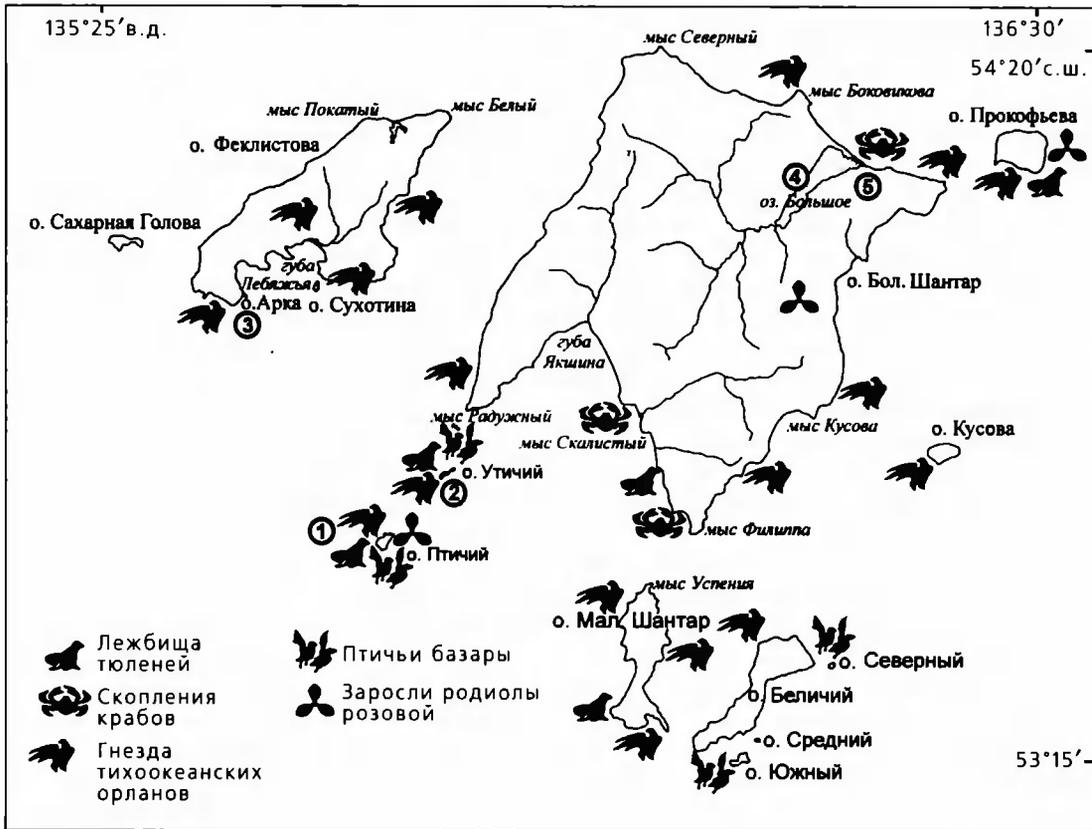


Схема расположения островов Шантарского архипелага. Цифрами в кружках отмечены памятники природы: комплексный на о. Птичий с птичьими базарами и лежбищами морского зверя (1); комплексный на о. Утичий, где гнездятся до 40 тыс. морских птиц (2); комплексный на о. Арка с двумя гнездами белоплечих орланов (3), место отдыха некоторых морских птиц; ботанический на берегу оз. Большого, северное местообитание розы морщинистой (4); ботанический в районе устья р. Панкова с уникальным сообществом луговой и скальной растительности (5).

промысловиков, но и американских, норвежских, шведских, английских, французских и немецких китобоев. Они нанесли крупнейший урон морским обитателям и лесам архипелага<sup>1</sup>.

В 30–40-е годы XX в. экспедициями, работавшими на островах, были собраны и обработаны богатые коллекции флоры и фауны наземных и морских экосистем. Список видового состава флоры архипелага был увеличен более чем в три раза по сравнению с XIX в. В тот же период было

положено начало островному хозяйству: соболеводству и лесоразработкам.

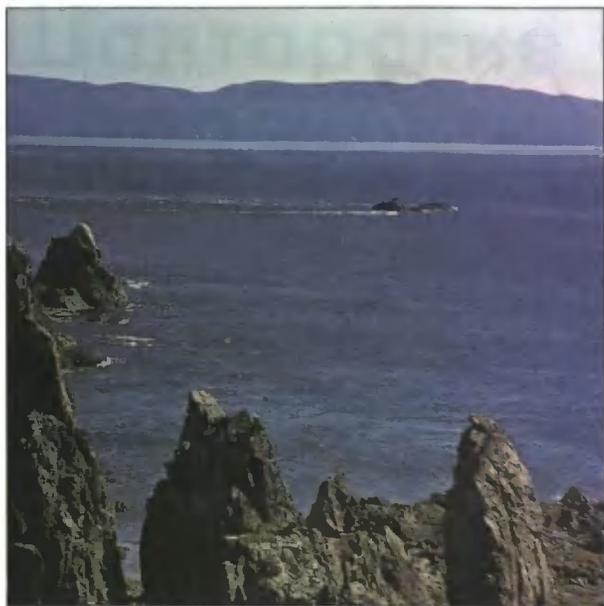
С середины 70-х годов начинается планомерное изучение почв и растительности еловых лесов, фауны и флоры прибрежной зоны Шантарских о-вов. В 1986 г. Приамурское географическое общество организует комплексную экспедицию для выявления и изучения уникальных природных объектов Шантар и последующего создания заповедника на этих островах.

Действительно, флора и фауна островов — интереснейший объект для исследования, поскольку виды, обитаю-

щие на побережье, постоянно подвергаются приливно-отливным течениям, сильным ветрам и жестоким штормам. Контактная зона суша—море для многих видов растений и некоторых групп животных оказывается зоной испытания на жизнеспособность.

Так, на мысе Северном на Большом Шантаре из растительности прицельным северным нордом выбиты все яркие тона, все пышные формы, столь свойственные соседним более южным и материковым сообществам. На замороженной земле — разливы палевых мхов, жидких осок, царство багульника,

<sup>1</sup> Слюнин Н. В. Охотско-Камчатский край. Спб., 1900. Т. 1.



*Вид с острова Утичий.*



*В глухих распадках Большого Шантара.  
Царство трав и деревьев.*



*Бухта Якишина.*



*Мыс «Спящий лев».*

*Фото Г.Е.Рослякова*

сфагновых мхов и морошки. листовенничные чахлые рощи с застывшими в невероятных корчах ветвями. Если же через сотню метров вы зайдете в защищенную от суровых ветров долину ручья, — картина иная: высокоствольные ели и гигантские травы. Среди них двухметровые борщевик

и дудник, крестовник, какалия и лабазник.

Еще более разнообразны и красочны сообщества морских террас южных и юго-восточных экспозиций. Кто бы мог подумать, что северная земля способна дарить миру разливное море купальниц, гераней, валериан, касатиков,

синюх, мытников, подмаренников и смолевок. Все это как бы в едином порыве поднялось к неяркому солнцу и раскрыло свои цветки.

Растения морского побережья не выделяются своим видовым богатством, зато они высоко адаптированы к жестким эколого-климатическим



*Роза морщинистая, начинает цвести в августе*



*Большой крохаль — характерный обитатель побережья.*



*Морские террасы в синих плодах шикши.*



*Большой веретенник кормится на мелководье.*



*Гонкения продолговатоллиственная формирует семена в шаровидных коробочках.*



*Куличок выискивает живность в зарослях морских водорослей.*

*Фото Б.А.Воронова*

условиям: иссушающему действию ветров в вегетационный период, глубокому промерзанию субстрата, высокой влажности летом. В этих условиях развивается опущение, уменьшающее испарение, как, например, у полыни Стеллера, или сизоватый налет, прикрывающий лист и стебель тончайшей пленкой, как у мертензии.

Всего во флоре Шантар выявлено 508 видов сосудистых растений, 45 из них — редкие и исчезающие. Многие из них в силу своей приспособленности к определенным условиям жизни не могут выйти за пределы своих экологических ниш. Несомненно, такая их изоляция обусловлена естественными причинами. Но в последние десятилетия степень ее резко возросла из-за частых пожаров.

В настоящее время на грани выбывания из состава островной флоры «балансируют» малые по численности популяции камнеломки Сиверса, подмаренника душистого, чистостовника азиатского, остролодочника сахалинского, траутветтерии японской, розы морщинистой.

Животный мир насчитывает около 30 видов млекопитающих. Из хищников здесь отмечены бурый медведь, соболь, ласка, горностай, выдра и лисица.

Как уже упоминалось, район Шантар длительное время был одним из основных районов китобойного промысла. Здесь добывали гренландского, японского китов, а также кашалота. Сейчас в Охотском море все три вида представлены несколькими сотнями особей. На побережье островов обитают тюлени — акиба, ларга и лахтак.

Самые многочисленные обитатели Шантар — птицы. Они образуют городища с многотысячным населением. Кайры, бакланы, чайки, топорки, ипатки — типичные и ко-

ренные обитатели этих колоний. Выгоды гнездовья в колониях очевидны. Все соседи птичьего базара, несмотря на постоянную конкуренцию из-за места и пищи, дружно защищаются от врагов. Хоть обитатели и «говорят» на разных «языках», сигналы тревоги и опасности улавливает каждый. Первыми обычно их подаются чайки, будоража все этажи колоний. Многие морские птицы совместно обогревают и кормят как своих, так и чужих птенцов. Море с его мощными запасами пищи может насытить всю эту армаду.

О разнообразии птиц на островах писал Г.Е.Росляков: «Я впервые побывал на Шантарах в 1971 году. Меня как орнитолога поразило прежде всего птичье царство. Судите сами: я насчитал около ста белоплечих орланов — птиц, занесенных в международную Красную книгу... Увидел не менее редкого черного журавля, обнаружил гнездовья утки-каменушки, охотского улита. Последние экспедиции показали, что Шантары — это не только птичьи базары, но и своеобразный дом отдыха для перелетных птиц. Сотни тысяч их, мигрируя из Юго-Восточной Азии и Индии на север и обратно, делают здесь остановки, чтобы подкрепить силы»<sup>4</sup>.

По количеству холодных дней с осадками и туманами Охотское море может соперничать с полярными морями. Ледяные поля и льдины блуждают у Шантар до августа, определяя ритм и динамику развития всего живого на них.

И все-таки Охотское — богатейшее из морей. Оно переполнено мириадами растительных и животных организмов, населяющих и водную толщу и дно. Множество видов водорослей, простейшие, губ-

ки, медузы, черви, моллюски, иглокожие, ракообразные соседствуют друг с другом на различных этажах своего водного дома. И все это разнообразие форм жизни составляет пищевую цепь, заключительные звенья которой — рыбы, птицы и морские животные, в том числе и китообразные.

Варварское отношение к Шантарам, как и к другим северным землям, проявлялось с первых минут открытия островов. «Солнца не было видно из-за дыма береговых жиротопок», — писал в середине прошлого века биолог О.В.Линдгольм<sup>5</sup>. За 14 лет, с 1847 по 1861 г., только американскими китобоями было добыто<sup>6</sup> китового уса и жира на 130 млн долл. Такое «хозяйствование» привело к резкому снижению стада китов и ластоногих млекопитающих. Истреблялась и тайга. Леса поджигали, чтобы пожар выгонял пушных зверей к морю, и там их промышляли. Происхождение гарей на Большом и Малом Шантарах, а также и на о.Феклистова связано именно с этим преступным отношением к природе.

Из года в год удивительным островам наносился и продолжает наноситься неповторимый ущерб. Горят леса, безнаказанно уничтожаются редкие виды птиц и зверей. Всякая баржа, идущая из Николаевского порта в Аян, считает своим долгом сделать остановку на Шантарах. Браконьеров остановить некому: на островах нет ни рыбинспекции, ни охотничьего надзора.

Вопрос о создании особо охраняемой зоны в районе Шантарских о-вов был поднят О.В.Линдгольмом в 1855 г. в связи с нещадным истреблением инородными промышленниками китообразных и ластоногих.

<sup>5</sup> Линдгольм О. В. // Рус. судоходство. 1888. №33.

<sup>6</sup> Сфурс-Жиркевич. // Мор. сб. 1863. №2.

<sup>4</sup> Росляков Г. Е. // Суворов. натиск. №3 (211). 1987.

Своеобразная охранная грамота островам была выдана известным исследователем Дальнего Востока В.К.Арсеньевым, который предписывал А.Д.Батурину, начальнику направляемой на острова экспедиции, «установить наблюдательные пункты с дежурствами в них на время возможного посещения островов посторонними лицами, для установления их личностей, допроса и подписания актов, а затем передачи в распоряжение надлежащих органов власти»<sup>7</sup>. По сути дела именно тогда была заложена идея заповедности этого уголка.

В 30-е годы с предложением о создании Шантарского заповедника выступал зоолог Г.Д.Дулькейт, и до самых последних своих дней он поддерживал и развивал эту идею.

Активные усилия биологов региона под руководством председателя Комитета по заповедникам и ботаническим садам ДО РАН А.В.Жирмунского увенчались включением в перспективную сеть природных охраняемых территорий заповедника «Шантарский» площадью 300 тыс. га. Однако план создания заповедника со временем сменился проектом национального парка, а затем природного заказника «Шантарские острова».

Для его выполнения была сформирована рабочая группа, которая при финансовой поддержке Российского представительства и Всемирного фонда дикой природы приступила к выполнению задания.

В 1996 г. проект был выполнен и согласован, через год губернатором края было подписано постановление «Об организации государственного природного заказника «Шантарский»». Однако до сих пор

оно не утверждено на федеральном уровне.

Этим обстоятельством не преминула воспользоваться артель «Восток», начавшая летом прошлого года поисково-разведочные работы для последующей добычи цветных металлов на юго-западном участке о. Феклистова. Техника и люди были брошены в июле, а постановление администрации края об изъятии этого участка из утвержденной губернатором заповедной территории было принято только три месяца спустя!

К сожалению, до сих пор нет согласованных и четко сформулированных принципов рационального природопользования, учитывающего специфику природных условий побережья Охотского моря и его островов. Между тем комплексные исследования институтов различного профиля на Шантарах проводились как академическими, так и ведомственными учреждениями. Пора объединить их усилия для разработки долгосрочного прогнозирования и научного обоснования мероприятий по использованию природных ресурсов. Однако не только администрация региона, но и некоторые представители академической науки убеждены, что горнопромышленные работы бок о бок с будущим заказником вполне допустимы.

Казалось бы, ушли в прошлое времена, когда заповедники создавались рядом с промышленными комбинатами. Печальный пример — заповедник «Лапландский» и комбинат «Североникель». Он убедил экологов, общественность и хозяйственников, что заповедник, как эталон природы, не может функционировать по соседству с промышленными предприятиями, на которых не внедрена безотходная технология.

Разработка цветных металлов рядом с заказником на Шантарах чревата последствиями. Зона контакта суша—море — единая сложная экосистема, поэтому горнопромышленные работы даже на локальном участке архипелага — очередная трагическая страница в его жизни. Никакие щадящие режимы добычи полезных ископаемых в прибрежной зоне в зимнее время не остановят утечку тяжелых металлов, мути и нефтепродуктов, которые по течениям начнут продвигаться к востоку: от юго-западной части о.Феклистова к Большому Шантару<sup>8</sup>.

Островной комплекс существует в экстремальных условиях и легко уязвим даже при небольшом вмешательстве человека. Например, в 1991 г. незначительный разлив нефтепродуктов на Большом Шантаре привел к гибели большого количества птиц вокруг острова и отрицательно повлиял на рыб, морских и наземных животных. Был нанесен существенный урон лежбищам морского зверя, популяциям краба. Резко сократилась численность морских птиц на островах Птичий и Утичий, которые являются памятниками природы. По существующему прогнозу, загрязнение шельфа и все усиливающийся фактор беспокойства окончательно отведут от островов гладких китов. Раньше эти млекопитающие воспроизводили здесь потомство.

Таким образом, Шантарские о-ва — уникальный уголок северной природы — по праву заслуживают не только пристального внимания, но и защиты. ■

<sup>8</sup> Росляков Г.Е., Кусякин О.Г., Шлотгауэр С.Д. Шантарский архипелаг. Рассказ об уникальном природном островном комплексе Приохотья. Хабаровск, 1989.

<sup>7</sup> Батури н А. Д. // Производительные силы Дальнего Востока. 1927. Вып.4.

# Математическое моделирование физико-химической динамики магматических процессов

А.А.Ярошевский, Е.В.Коптев-Дворников

В истории геологии уходящий век занимает особое место прежде всего потому, что, как и все естествознание, она оказалась под решающим влиянием научной революции, начавшейся с открытий квантовой механики, теории относительности и атомной физики. Проводниками нового (точного) знания в геологии стали науки XX в. — геофизика и геохимия. Лишь последовательное и целенаправленное внедрение методов исследования и, что еще более важно, методов физико-химического мышления позволило сделать решающие шаги по превращению ее из науки описательной (эмпирической) в науку, конкретными (и достижимыми) целями которой стали **разработка понимания природных процессов и даже предсказание их**. Главным в этом прогрессе оказался переход геологии на абсолютное исчисление времени и создание широкой экспериментальной базы данных о физико-химических свойствах природного вещества.

Но чтобы успешно применять методы физики и химии, необходимо было помимо накопления данных специальных наблюдений, создавших эмпирическую базу геофизики и геохимии, разработать **фундаментальные теоретические принципы**, позволяющие описать состояние и поведение многокомпонентных и многофазных, отвечающих природным (или в достаточной степени близким к ним), систем в начальных и граничных условиях, которые можно предположить в реальной геологической обстановке. И только после этого появилась возможность начать систематические работы в области **прямого физико-химического моделирования геологических процессов**.

Задачи, решаемые геофизиками и геохимиками, достаточно различны. Геофизика обладает самыми мощными методами, позволяющими полу-



*Алексей Андреевич Ярошевский, доктор геолого-минералогических наук, профессор кафедры геохимии геологического факультета Московского государственного университета им.М.В.Ломоносова. Основные работы посвящены общим проблемам геохимии земной коры, геохимии и моделированию магматических процессов, космохимии, геохимии биосферы. Заслуженный деятель науки РФ. Заместитель главного редактора «Природы».*



*Евгений Владимирович Коптев-Дворников, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник той же кафедры. Область научных интересов — геохимия и моделирование магматических процессов.*

читать информацию о **современном** физическом состоянии вещества Земли и **современных** физических процессах в ее недрах. Но геофизическими методами в принципе невозможно получить сведения о параметрах процессов в прошлом. Здесь, как и в геологии вообще, путь единственный — интерпретация геологической истории, опирающаяся на принцип актуализма, т.е. исходящая из признания неперменного существования определенных временных инвариантов. Такими очевидными инвариантами являются по крайней мере фундаментальные законы физики и химии. Разработка интерпретации всегда задача комплексная. И на данном пути определяющим становится вклад геохимии. Это обусловлено тем, что **эмпирические закономерности распределения химических элементов в геологических объектах**, в том числе в зависимости и от возраста, **непосредственно отражают ход и механизмы давно прошедших процессов**, поскольку любой геологический процесс — физико-химический по своему существу и сопровождается обязательным разделением химических элементов, подчиненным строгим (и сегодня во многом известным!) законам фракционирования.

Разработка корректных представлений о формировании геологического объекта (интерпретации его эволюции во времени) заключается в постановке и решении прямой задачи физико-химического моделирования поведения системы, выбранной в соответствии с некоторой гипотезой о существовании процесса. Ценность достигнутого решения такой задачи определяется тем, насколько геологически корректно выбрана система и сформулированы начальные и граничные условия. При этом необходимо иметь достаточное количество независимой от геологии физико-химической информации о свойствах вещества и законах его эволюции.

Центральный блок задачи — моделирование переноса тепла и вещества, т.е. **динамики процесса**. Только подобные модели позволяют решить проблему интерпретации **пространственного строения геологических объектов** и создают возможность использовать эмпирические закономерности распределения в них таких параметров, как содержания компонентов (химических элементов и минеральных фаз) для понимания реальных механизмов природных процессов. Однако принципиальная сложность заключается в необходимости учитывать различные по сути механизмы переноса — химические реакции и фазовые переходы, сопровождающиеся тепловыми эффектами, диффузионный и конвективный перенос вещества в пространстве. Это исключает возможность создания физических моделей с корректным соблюдением требований подобия, и единственным способом построения и исследования оказывается численное моделирование (математический эксперимент).

## Расслоенные магматические комплексы как объекты моделирования

Рассмотрим современные возможности построения физико-химических моделей динамики геологических процессов на примере решения достаточно простой геологической задачи — количественной интерпретации процесса, ведущего к формированию расслоенных комплексов основных и ультраосновных магматических пород.

Расслоенные интрузивы образуются в результате затвердевания крупных резервуаров магмы в глубинах земной коры. Они отчетливо делятся на две категории.

К первой принадлежат **пластовые тела**, имеющие небольшую мощность (не более нескольких сотен метров), но весьма протяженные (десятки и даже сотни километров). Они широко распространены в верхнем структурном ярусе древних платформ континентов и подробно изучены в Центральной Сибири, Южной Африке, Индостане, Австралии. Верхний структурный ярус сложен практически горизонтальными слоями осадочных пород, которые и становятся вмещающими для данного типа интрузивов, определяя их форму.

Другая категория расслоенных интрузивов приурочена к нижнему структурному ярусу (цоколю) древних платформ, там, где он обнажается на поверхности в виде щитов. Такие комплексы встречаются практически на всех щитах и достаточно хорошо изучены, поскольку нередко включают огромные по запасам руды хрома, меди, никеля, элементов группы платины. Цоколь платформ сложен прочными кристаллическими породами, и форма расслоенных интрузивов здесь, как правило, иная, **близкая к опрокинутому конусу**. Мощность их обычно несколько километров при такой же протяженности, однако встречаются и гиганты, например Бушвельдский интрузив в Южной Африке, площадь выходов которого на поверхность равна 65 тыс. км<sup>2</sup>.

Подавляющая часть расслоенных интрузивов — производные наиболее распространенной на Земле и планетах земного типа базальтовой магмы. Главная особенность таких объектов — **глубокая дифференцированность**. Обычно они сложены породами весьма различного состава с горизонтальными или полого падающими к центральным частям слоями различной мощности, закономерно сменяющимися друг друга в вертикальном направлении. В пределах расслоенного комплекса они имеют постепенные, без секущих взаимоотношений, переходы. Такие пространственные взаимоотношения несомненно свидетельствуют о формировании пород в ходе единого непрерывного процесса. Большинство исследователей считает, что они образовались в результате одноактного внедре-

ния магмы и ее последующей дифференциации *in situ*.

Конечно, «простота» образования таких расчлененных комплексов весьма условна. В данном случае геологический объект можно считать простым в том смысле, что наблюдаемые закономерности его внутреннего строения могут рассматриваться как результат эволюции замкнутой системы, контролируемой лишь отводом тепла в окружающую среду. Как следствие, в магматической камере начинаются превращения и процессы (кристаллизация и массоперенос), в ходе которых и формируются наблюдаемые пространственные неоднородности строения интрузива. Иными словами, закономерности в распределении химических элементов в пространстве геологического объекта рассматриваются как результат действия лишь собственных законов эволюции системы. Очевидный механизм, ответственный за магматическую эволюцию, — разделение кристаллов и жидкости в пространстве магматической камеры (кристаллизационная дифференциация).

## Формулировка задачи

Мы принимаем следующие условия.

1. Рассматривается пластовое, залегающее горизонтально магматическое тело, мощность которого мала по сравнению с его протяженностью. Это позволяет не учитывать краевые эффекты и свести задачу к одномерной. Внедрение считается мгновенным, и значения всех параметров (химический, фазовый составы и температура) в этот момент предполагаются одинаковыми во всех точках. Отдача тепла происходит через верхнюю и нижнюю границы магматической камеры и обеспечивается диффузией тепла через твердые породы кровли и подошвы.

2. В магматической камере в ответ на потерю тепла в контактовых областях начинается кристаллизация, последовательность которой определяется диаграммой состояния системы, а скорость однозначно задается темпом потери тепла (величиной тепловых потоков через границы системы). Принимается, что появляющиеся кристаллы при определенных условиях могут свободно оседать через расплав, а взвешенные частицы твердых фаз в прикровлевой зоне, увеличивая локальную плотность смеси кристаллы—расплав, генерируют инверсию плотности и вызывают фазовую конвекцию. Оседающие же на дно кристаллы формируют ажурный каркас (кумуляс), который при определенной степени заполнения объема твердой фазой исключается из конвективного перемешивания и фиксирует завершение (в данной точке) процессов массопереноса.

3. Численным методом решается система уравнений переноса тепла и массы всех незави-

симых компонентов системы, в которые входят диффузионные (для переноса тепла) и конвективные члены. На каждом шаге счета по времени рассчитывается локальный (в соответствии с шагом сеточного разбиения) баланс тепла и масс компонентов. Исходные уравнения имеют вид:

$$J_q = \lambda_q(dT/dx) + \sum b_i v_i,$$

$$J^a_m = \sum c^a_i v_i,$$

где  $J_q$  — удельный поток тепла;  $\lambda_q$  — коэффициент теплопроводности;  $T$  — температура;  $x$  — пространственная (вертикальная) координата;  $b_i$  — удельное теплосодержание (энтальпия) фазы  $i$ ;  $v_i$  — скорость движения (погружения или всплытие) фазы  $i$ ;  $J^a_m$  — удельный поток компонента  $a$ ;  $c^a_i$  — концентрация компонента  $a$  в фазе  $i$ ; суммирование ведется по числу участвующих в перемещении фаз  $i$ . Затем для каждого элементарного объема (шага в пространственных координатах) решается термодинамическая задача фазового равновесия (рассчитывается температура, фазовый состав и химический состав фаз в зависимости от общего количества тепла в данном элементарном объеме) по известным уравнениям вида

$$\ln K^a_i = \frac{\Delta H^a_{пл}}{R} \left( \frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right) = \frac{A^a_i}{T} + B^a_i,$$

где  $K^a_i$  — константа равновесного распределения компонента  $a$  между данной твердой фазой и расплавом;  $\Delta H^a_{пл}$  и  $T_0$  — теплота (энтальпия) и температура плавления чистой фазы компонента  $a$ ;  $R$  — газовая постоянная,  $A^a_i = \Delta H^a_{пл}/R$  и  $B^a_i = \Delta H^a_{пл}/RT_0$  — эмпирические коэффициенты, подбираемые на основании обработки экспериментальных данных по фазовым равновесиям в соответствующих системах. Иными словами, в рамках одного алгоритма на каждом временном шаге решаются последовательно задачи переноса и фазового равновесия<sup>1</sup>. Такая задача сформулирована и решена нами впервые в геологии.

4. В качестве граничных и начальных условий при решении модели принимаются: мощность магматического тела, химический состав магмы (расплав + взвешенные — интрателлурические — кристаллы) в момент внедрения, глубина залегания, определяющая общее давление и температуру вмещающих пород. Численные значения этих параметров задаются на основании геологических данных.

В качестве априори известных берутся диаграмма состояния системы и значения физических свойств фаз (плотности, теплоемкости, теплопроводности, вязкости). Диаграмма состояния

<sup>1</sup> Динамика внутрикамерной дифференциации базитовых магм / Ред. А.А.Ярошевский, М., 1988; Френкель М.Я. // Геохимия. 1978. №4. С.547—559.

определяет химический и минеральный составы фаз в зависимости от температуры и давления (термодинамическая информация). При этом допускается вариация значений этих параметров в пределах неопределенности их экспериментальных оценок. При расчетах использовался программный комплекс COMAGMAT, разработанный М.Я.Френкелем и А.А.Арискиным<sup>2</sup>.

Исследование модели показало, что закономерности пространственного строения расслоенного интрузива количественно определяются тремя основными факторами:

- химическим составом магмы, от которого, в соответствии с топологией диаграммы кристаллизации, зависит последовательность выделения твердых фаз при охлаждении расплава;

- фазовым составом магмы в момент внедрения (он определяется заранее неизвестным параметром — общим запасом тепла внедряющейся магмы);

- относительными скоростями погружения кристаллических фаз, корректно оценить которые априори невозможно (они зависят от конкретных размеров кристаллов и плохо определяемой реальной вязкости расплава).

Если химический состав магмы мы оценивали по геологическим данным, то численные значения доли взвешенных фаз и скорости погружения кристаллов изменяли так, чтобы воспроизвести наблюдаемые закономерности распределения элементов в разрезах реальных интрузивов, но оставаясь в рамках физически допустимых величин. Иными словами, эти параметры подгонялись, а построенную модель надо рассматривать как полуэмпирическую.

## Примеры решения

Для иллюстрации рассмотрим некоторые полученные нами (совместно с Б.С.Киреевым, С.В.Болиховской, М.О.Васильевой) результаты.

В качестве первого примера обсудим материалы, полученные при изучении расслоенного оливинит-габбро-норитового массива Кивакка, расположенного в Северной Карелии (рис. 1). Интрузив залегает среди протерозойских метаморфических и магматических пород и полностью обнажен на поверхности — от нижнего до верхнего контакта. Его мощность в центральной части достигает 2 км. Схема вертикального строения массива показана на рисунке 2, где приведены содержания нормативных минералов (оливина, орто- и клинопироксенов, плагиоклаза), которые рассчитаны по данным химического анализа проб, отобранных по непрерывному вертикальному разрезу с шагом около 20 м. Количественные со-

отношения главных породообразующих минералов направленно изменяются по вертикали, осложняясь вариациями, отражающими ритмическую расслоенность массива. Поскольку динамика формирования ритмической расслоенности в настоящее время остается невыясненной<sup>3</sup>, мы вынуждены рассматривать ее как результат влияния некоторого (неизвестного) фактора, накладывающегося на ход главного процесса — направленного изменения состава пород (и расплава), — и пока исключить из моделирования. Для того чтобы эмпирические закономерности строения расслоенного интрузива можно было сопоставлять с результатами моделирования, использовалось сглаживание наблюдаемого распределения минеральных фаз методом скользящего окна (рис. 2, б).

Состав магмы в момент внедрения принимался равным средневзвешенному составу массива. Порядок кристаллизации, соответствующий последовательной смене парагенезисов кумулятивных минералов (оливин → ортопироксен → ортопироксен+плагиоклаз → ортопироксен+плагиоклаз+клинопироксен), получается при давлении в магматической камере 4 кбар. Согласование количественного состава пород и положения границ между разными кумулятами в разрезе массива удалось получить, предположив, что магма в момент внедрения содержала 25 об.% интрателлурического оливина (рис. 2, в).

На рисунках 3, 4 показано строение и результаты моделирования расслоенного массива Ципринга (Северная Карелия). Этот интрузив отличается иным порядком смены парагенезисов кумулятивных минералов (оливин → оливин+плагиоклаз → оливин+плагиоклаз+клинопироксен → плагиоклаз+клинопироксен+ортопироксен). Удовлетворительное согласование наблюдаемого строения массива и результатов моделирования удалось получить при давлении кристаллизации около 2.5 кбар и небольшом содержании взвешенного интрателлурического оливина в момент внедрения (3 об.%).

На следующем рисунке (рис. 5) показано строение и результаты моделирования пластового тела (силла) долеритов, обнажающегося в устье правого притока Вилюя, Вавукана, на Сибирской платформе. Этот интрузив мощностью около 100 м вскрыт в ряде обнажений, представляющих различные фрагменты общего разреза, который в целом был опробован с шагом 5 м. В парагенезис кумулятивных минералов во всех породах входит плагиоклаз. Последовательность смены пород в массиве отвечает следующему порядку кристаллизации: оливин+плагиоклаз → оливин+плагиоклаз+клинопироксен → плагиоклаз+клинопирок-

<sup>2</sup> Ariskin A.A., Frenkel M.Ya., Barmina G.S., Nielsen R.L. // Comput. and Geosci. 1993. V.19. P.1155—1170.

<sup>3</sup> См., напр.: Ярошевский А.А. // Геохимия. 1970. №5. С.562—574; Naslund H.R., McBirney A.R. Mechanisms of formation of igneous layering // Layered Intrusions. Ed.R.G.Cawthorn. Amsterdam, 1996. P.1—43.

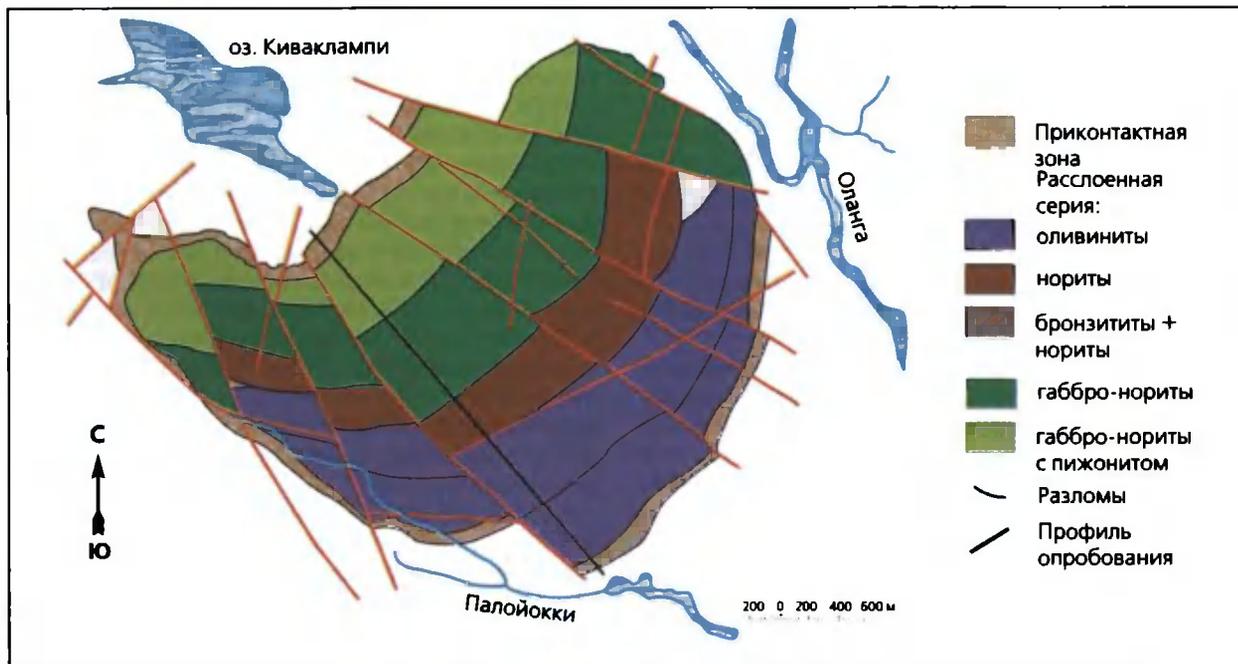


Рис.1. Схема геологического строения\* интрузива Кивакка (Северная Карелия). Выделяется нижняя приконтактная зона, выше которой залегает расслоенная серия с последовательными (снизу вверх) зонами: оливинитов (сложенных кумулятивным оливином с небольшим количеством интеркумулятивных пироксена и плагиоклаза); норитов (кумулятивный парагенезис представлен ортопироксеном и плагиоклазом) с подзоной контрастного переслаивания бронзититов (кумулятивный ортопироксен) и норитов; габбро-норитов (кумулятивный парагенезис — ортопироксен, плагиоклаз и авгит) и пижонитовых габбро-норитов (кумулятивный парагенезис — плагиоклаз, авгит, пижонит).

\* Лавров М.М. Гипербазиты и расслоенные перидотит-габбро-норитовые интрузии докембрия Северной Карелии. Л., 1979; Пчелинцева Н.Ф., Коптев-Дворников Е.В. // Геохимия, 1993. №1. С.97—112.

сен+магнетит. Приемлемое согласие результатов моделирования с наблюдаемым распределением нормативных минералов получается, если предположить, что затвердевание происходило при низком давлении, а магма в момент внедрения содержала небольшую долю взвешенных интрателлурических фаз (0,6 об.% оливина и 1,5 об.% плагиоклаза). При этом, как и в предыдущих случаях, состав магмы принимался равным средневзвешенному составу интрузива.

Как отмечалось выше, общее соответствие рассчитываемых модельных и природных распределений минеральных фаз получается в результате подбора эффективных значений некоторых параметров. Важнейшими из них оказываются:

— фазовый состав магмы в момент внедрения, определяющий парагенезис кумулятивных минералов нижнего горизонта расслоенной серии и положение в разрезе интрузива его верхней границы;

— скорости (абсолютные и относительные) погружения кристаллов, от которых зависят количественные соотношения кумулятивных мине-

ралов в последовательных горизонтах расслоенной серии и положение границ смены их парагенезисов;

— степень заполнения объема кумулятивными фазами, определяющая долю заключенного между ними расплава и окончательный (после полного затвердевания) химический состав пород.

В такой ситуации трудно доказать единственность получающегося решения. Однако есть одна особенность в решении данной конкретной задачи затвердевания и дифференциации многокомпонентной системы. Она заключается в том, что число компонентов (химических элементов), распределение которых по разрезу интрузива можно проследить и воспроизвести в модели, существенно больше (мы имели возможность моделировать поведение 20), чем число варьируемых параметров (не более 5-6). При этом опыт показал, что, например, изменяя количество и скорость оседания оливина во внедрившейся магме, мы одновременно получаем согласованность в распределении не только его нормативного содержания по разрезу, но и в распределении всех

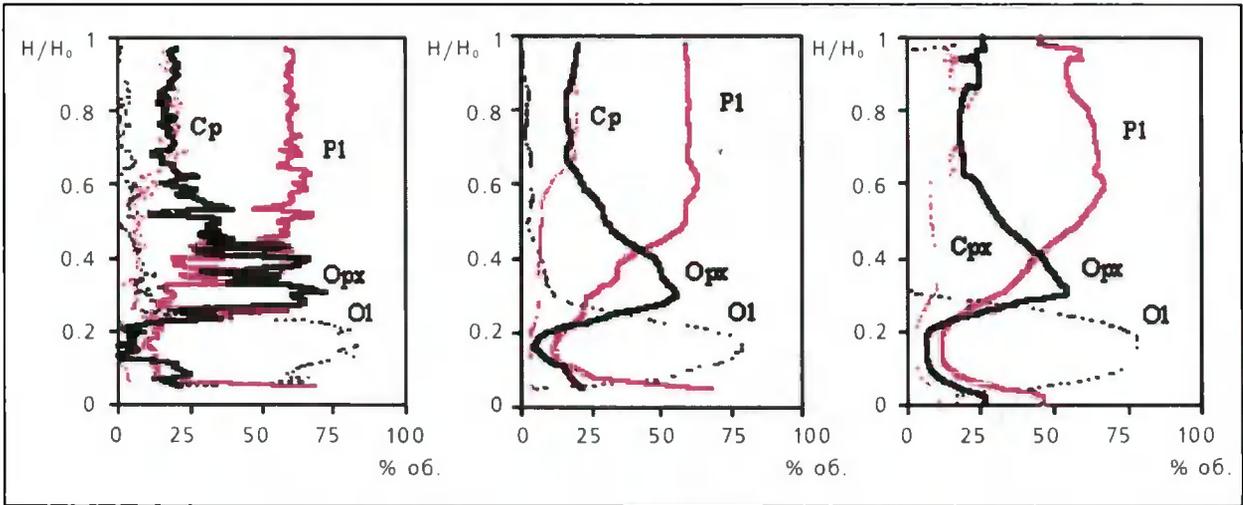
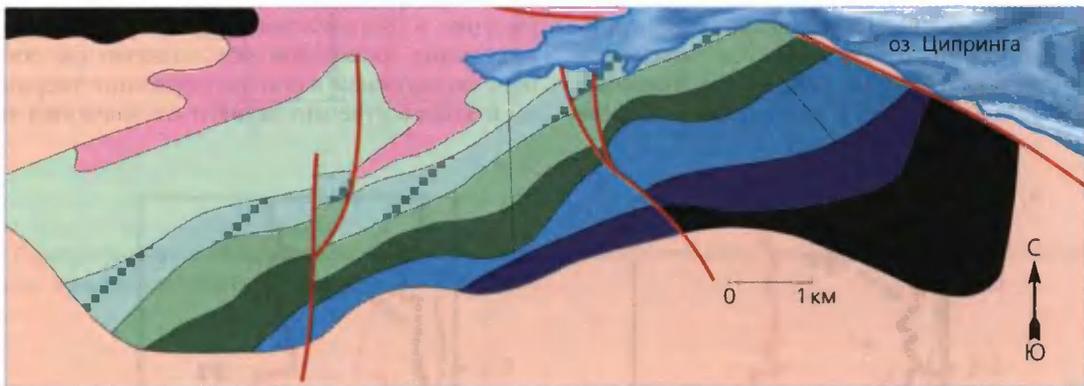


Рис.2. Распределение содержаний нормативных минералов в разрезе интрузива Кивакка. Исходное (слева), 10-кратно сглаженное (в центре) и полученное по оптимальной кумулятивно-седиментационной модели интрузива. Ol – оливин, Орх – ортопироксен, Срх – клинопироксен, Pl – плагиоклаз, H – положение в вертикальном разрезе, H<sub>0</sub> – полная мощность интрузива. В расслоенной серии отчетливо выделяются породы, обогащенные кумулятивным оливином (оливиниты), затем сложенные сменившим его ортопироксеном и плагиоклазом с закономерным изменением их пропорций, и, наконец, породы, в парагенезисе кумулятивных минералов которых появляется клинопироксен.



- |  |                           |
|--|---------------------------|
| Вмещающие метавулканы                                      | габбро-нориты с пижонитом |
| Гранито-гнейсы и мигматиты фундамента                      | оливиновые габбро         |
| Расслоенная серия:   | лейкократовые троктолиты  |
| монцодиориты   | мезократовые троктолиты   |
| магнетитовые габбро-нориты                                 | Нижняя приконтактная зона |
| переслаивание габбро-норитов и магнетитовых габбро-норитов | Разломы                   |
|  | Профиль опробования       |

Рис.3. Схема геологического строения интрузива\*\* Ципринга (Северная Карелия). В вертикальном разрезе выделяются верхняя и нижняя приконтактные зоны и расслоенная серия, в которой снизу вверх наблюдается смена зоны троктолитов (оливин+плагиоклаз) с подзонами лейкократовых и мезократовых троктолитов зонами оливиновых габбро (оливин+плагиоклаз+авгит), пижонитовых габбро-норитов (плагиоклаз+авгит+пижонит) и магнетитовых габбро-норитов (плагиоклаз+авгит+пижонит+магнетит) с переслаивающимися подзонами габбро-норитов и магнетитовых габбро-норитов.

\*\* Семенов В.С., Коптев-Дворников Е.В., Берковский А.Н. и др. // Петрология. 1995. Т.3. №6. С.645–668.

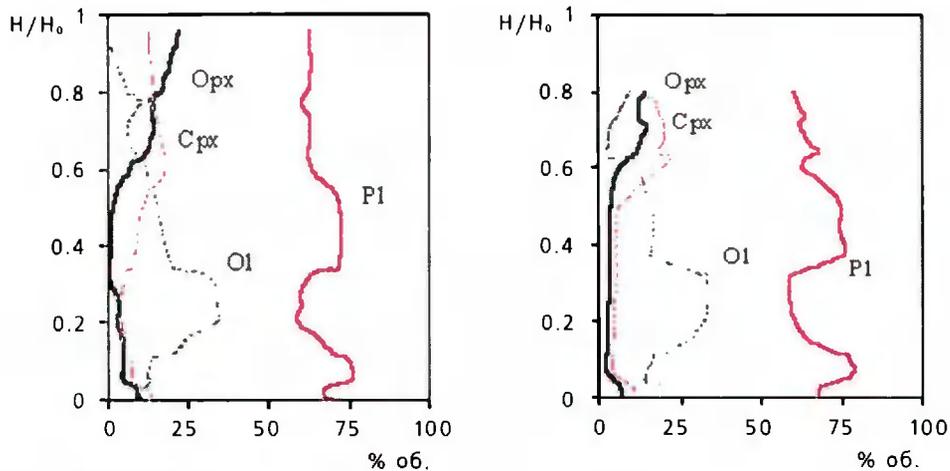


Рис.4. 10-кратно сглаженное распределение содержаний нормативных минералов в разрезе (слева) интрузива Ципринга и модельного интрузива (оптимальная кумулятивно-седиментационная модель). Обозначения те же, что и на рис.2. Оливин-плагиоклазовые кумуляты нижней трети разреза сменяются оливиновыми габбро (появляется клинопироксен), и лишь в верхней части исчезает оливин, который в кумулятивном парагенезисе замещается ортопироксеном (в природе — пижонитом).

элементов, поведение которых обуславливается фракционированием оливина — Mg, Fe, Si, Ni, Co, Mn. Фракционированием клинопироксена в значительной степени контролируется поведение Ca, Cr, Ti, V (а также, конечно, Mg, Fe, Si). Примеры распределения химических элементов в разрезе

Вавуканского интрузива, которые иллюстрируют степень достигнутого согласования, показаны на рисунке б. Взаимосвязанное (коррелированное) поведение элементов обусловлено их совместным входением в соответствующие твердые фазы и количественно зависит от значений термо-

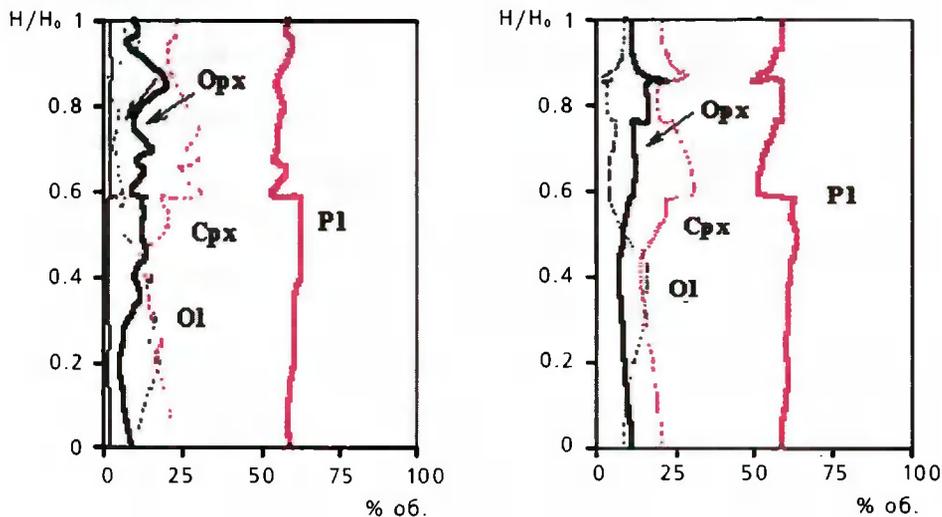


Рис.5. Распределение содержаний нормативных минералов в разрезе (слева) долеритового силла Вавукан и модельного интрузива (оптимальная кумулятивно-седиментационная модель). Обозначения те же, что и на рис.2. Здесь уже в момент внедрения состав расплава соответствовал котектике оливин+плагиоклаз, которые и оказались кумулятивными фазами уже в нижнем горизонте расслоенной серии. В последующем к ним присоединились клинопироксен и магнетит.

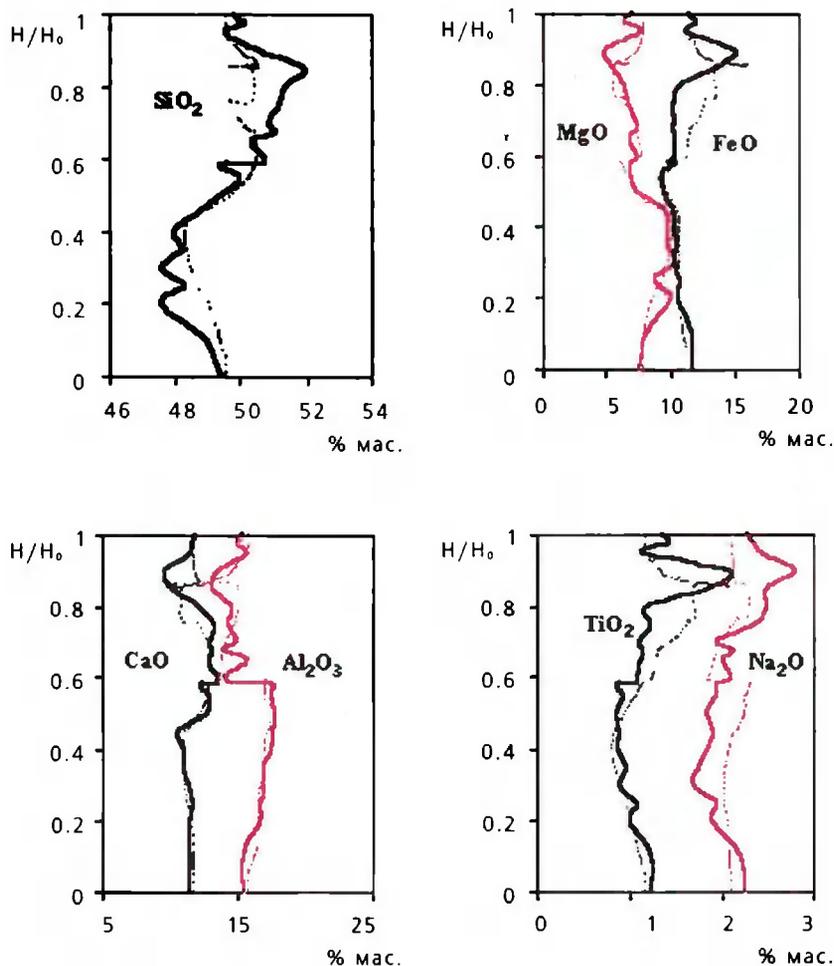


Рис.6. Распределение содержаний окислов в разрезе долеритового сипла Вавукан. Сплошные линии — природные данные, пунктир — модель.

динамического параметра — коэффициента распределения. Численные его значения задавались на основании независимых — экспериментальных — данных, мы не могли их изменять произвольно, и потому такое согласование модели и природы по большому числу независимых наблюдений делает предлагаемые (оптимальные) решения значительно более обоснованными.

### Что же удалось установить?

Во-первых, приведенные примеры **доказывают** возможность количественной интерпретации строения геологических объектов, опираясь на предположение (основную генетическую гипотезу) о кристаллизационной дифференциации магмы как ведущем механизме формирования расслоенных комплексов основных и ультра-

основных пород. Эту гипотезу чаще всего привлекают при попытках объяснить закономерности их внутреннего строения и рудоносности. Использование разработанных методов прямого компьютерного моделирования динамики процессов в магматической камере в ходе процесса затвердевания открывает возможность **исследования** предполагаемого механизма и его реализации в условиях, допустимых в реальной геологической обстановке. Анализ с этой точки зрения построенных нами моделей позволяет обосновать вполне определенные представления об особенностях кристаллизационной дифференциации как процесса, ответственного за формирование расслоенности природных магматических комплексов.

Эти особенности следующие.

1. Диффузионный перенос вещества в масштабах геологического пространства—времени

неэффективен. Поэтому все механизмы магматической эволюции, в которых контролирующей стадией оказывается диффузионный транспорт (в том числе и направленная кристаллизация), можно не принимать во внимание.

2. Ведущий механизм магматической эволюции — разделение кристаллов и расплава на фоне конвективного перемешивания подвижной смеси твердой и жидкой фаз. В некоторых специальных случаях (при отщеплении сульфидного расплава) перераспределение халькофильных и сидерофильных элементов в значительной степени обусловлено разделением в пространстве сульфидного и силикатного расплавов. Такая модель является **достаточной** для количественной интерпретации закономерностей распределения химических элементов и минеральных фаз в расслоенных комплексах основных и ультраосновных пород. Не поддается моделированию и требует поиска идеи ритмической расслоенности таких комплексов. Она пока рассматривается нами как некоторая флуктуация на фоне хорошо воспроизводимых общих (сглаженных) закономерностей пространственных трендов.

3. Во всех примерах интрузивных комплексов приемлемое согласование модельных и природных данных удалось получить, только предположив, что внедряющаяся магма содержит некоторое количество интрателлурической фазы (от нескольких до 40 об.%). Мы ни разу не столкнулись со случаями внедрения перегретых расплавов.

4. Оцениваемая по результатам моделирования степень заполнения пространства магматической камеры кумулятивными фазами составила от 50 (для долеритовых силлов трапповой формации) до 80% и выше (для крупных дифференцированных массивов).

5. Оптимальные величины относительных скоростей оседания твердых фаз колеблются от нескольких сантиметров до нескольких метров в год и соответствуют (при определенных значениях вязкости) размерам минеральных зерен от сотых до десятых долей миллиметра. Наблюдаемые вариации количественных соотношений минералов кумулула по разрезу расслоенных комплексов требуют учета возможного изменения относительных скоростей оседания, что интерпретируется нами как указание на систематические изменения эффективных размеров вовлекаемых в движение кристаллических зерен.

\* \* \*

Конечно, описанные в этой статье примеры решения задач физико-химической динамики магматического процесса — скорее иллюстрация

продуктивности этого пути исследований, чем действительное решение (хотя в данных конкретных случаях, по-видимому, достаточность такой модели для интерпретации основных закономерностей строения магматических комплексов можно считать доказанной). Но даже в этом классе «простейших» задач (еще раз подчеркнем, что названная «простота» связана с возможностью постановки замкнутой задачи — строение объекта рассматривается как следствие свойств самого объекта) ряд возможных важных моментов не учтен. Например, есть основание предполагать, что формирование расслоенных магматических комплексов сопровождается повторным, а возможно, и многократным внедрением новых порций расплавов (так пытаются, в частности, объяснять ритмическую расслоенность — об этом писал еще Н.Боуэн<sup>4</sup>). Вероятно, на конкретном характере строения интрузивных комплексов сказывается структура конвективных движений в ходе затвердевания магматической массы<sup>5</sup>. Ряд признаков указывает на то, что некоторое значение может иметь взаимодействие с вмещающими породами (хотя количественно влияние этого механизма на строение интрузивов должно быть второстепенным).

Несомненно, развитие моделирования физико-химической динамики геологических процессов должно пойти в направлении создания все более адекватных моделей, но значимость их для решения собственно петролого-геохимических проблем в конце концов будет определяться тем, в какой мере следствия, вытекающие из модели, могут быть сопоставлены с наблюдаемыми закономерностями пространственного строения геологических массивов. Это означает, что имеет смысл создание таких моделей, которые могут быть доведены до прямого воспроизведения строения реальных объектов. Такое требование представляется принципиальным, и одной из задач данной статьи было обратить внимание на возможность уже сегодня разрабатывать соответствующие полные модели, хотя (в данном случае) и за счет ограничения класса используемых объектов и существенного упрощения самого построения. Другого пути нет.

**Работа выполнялась при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проекты №№ 93-05-08282, 96-05-65483, 99-05-65118. ■**

<sup>4</sup> Боуэн Н. Л. Эволюция изверженных пород. М.: Л., 1934.

<sup>5</sup> См., напр.: Шапкин А. И. // Геохимия. 1993. №9. С.1297–1307.

# На грани жизни

А.И.Гладышев,

доктор биологических наук  
Российская академия сельскохозяйственных наук  
Москва

Э.М.Сейфулин,

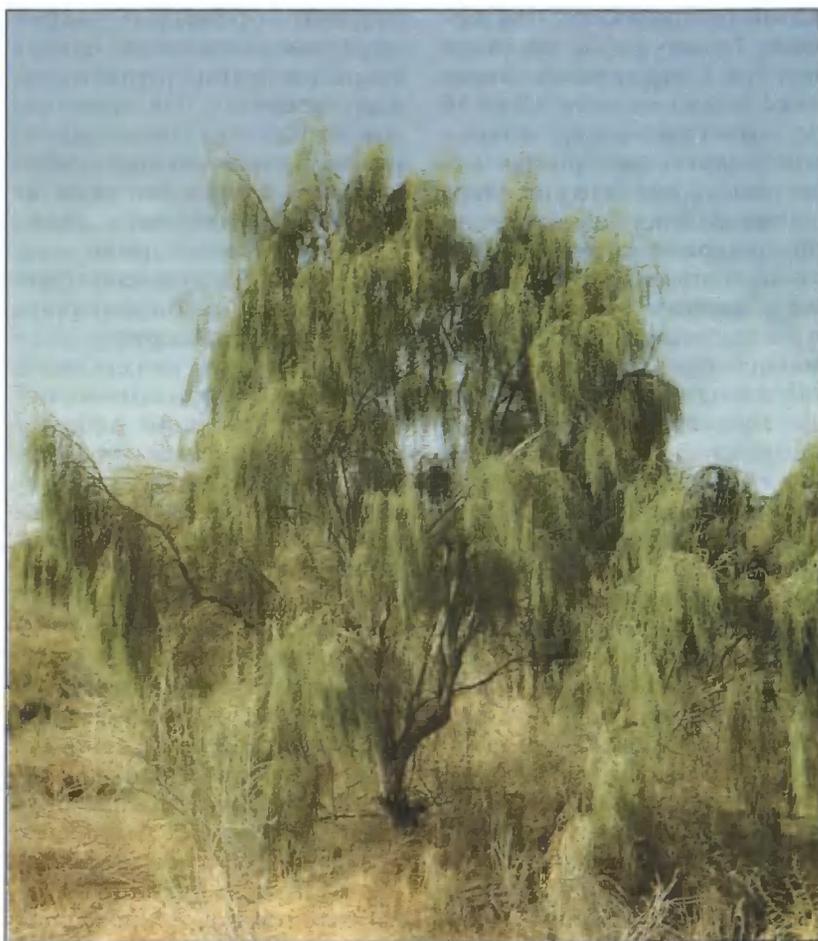
кандидат биологических наук

А.А.Степанова,

доктор биологических наук  
Национальный институт пустынь, растительного и животного мира Министерства  
охраны природы Туркменистана  
Ашхабад

Царство растений сла-  
вится большим богат-  
ством жизненных  
форм — своеобразным отра-  
жением условий среды, в ко-  
торой они обитают. Среди  
растений немало «неженок»,  
но есть и настоящие «аскеты»,  
способные переживать засуху,  
быстрые суточные и сезонные  
колебания температуры, про-  
израстать на субстратах с ми-  
неральным составом, далеким  
от оптимального. К таким «ас-  
кетам» можно отнести в пер-  
вую очередь солеустойчивые  
растения.

Солончаки и засоленные  
земли — важные составляю-  
щие в динамике процесса опу-  
стынивания, а своеобразная  
солончаковая (галофильная)  
растительность — надежный  
признак в диагностике, мони-  
торинге и прогнозировании  
этого, сравнительно нового  
для науки и практики, явле-  
ния. В настоящее время тер-  
ритории, подверженные опу-  
стыниванию, занимают в об-  
щей сложности около 52 млн  
км<sup>2</sup>, из них около 1 млн км<sup>2</sup> —  
в Российской Федерации  
(в основном земли аридных,  
семиаридных и субгумидных  
регионов). Опустынивание



*Саксаул черный в фазе плодоношения (Юго-Восточные  
Каракумы).*

*Фото А.И.Гладышева*

признано Конференцией ООН (Найроби, 1977) одной из важнейших экологических проблем современности.

## Родина галофитов

Одному из авторов этих строк посчастливилось некоторое время работать в составе почвенно-экологической экспедиции по изучению естественного растительного покрова и пастбищных угодий центральной зоны Ливии. Приморская часть обширной Ливийской пустыни, входящей в состав Сахары, — один из интереснейших и своеобразных в ботаническом отношении районов Северной Африки. Только здесь, на узкой полоске суши, протяженностью с севера на юг от 16 до 38 км, растительный покров можно квалифицировать как пастбища. Во влажные годы в этом районе относительно хорошо развивается 306 видов цветковых растений, в сухие — многие виды балансируют на грани жизни, а подавляющее большинство растений находится в глубоком покое. Продуктивность пастбищ с 6.9 ц/га во влажный год снижается до 0.2 ц/га в сухой<sup>1</sup>.

К югу, вдали от Средиземного моря, природные условия резко меняются: осадки выпадают эпизодически и очень скудны, подвижные эоловые массивы чередуются с щебнистыми и каменистыми массивами пустыни. Растительный покров как таковой отсутствует, случайные же растения поселяются вдоль русел временных водотоков (вадей), появляющихся лишь в период дождей, и находятся на грани существования.

В описанных, крайне аридных условиях севера Африки привлекают внимание обо-

бленные, весьма специфические по своей структуре и генезису солончаковые впадины с засоленной глинистой почвой (себхи или шотты) — солончаковые пустыни. Этот тип пустынь чаще всего встречается в виде фрагментов среди других литологических структур и, как правило, не образует сплошных зональных полос. Особенно характерны солончаковые пустыни для центральной зоны северной части Ливии, где плоские пространства себх (бывших морских лагун) занимают площади в сотни квадратных километров и сформированы на засоленных почвообразующих породах автоморфных и гидроморфных солончаков, придающих им крайне отрицательные свойства<sup>2</sup>. Для солончаков характерна своя, оригинальная растительность, приспособившаяся к экстремальным условиям пустынь с чертами крайней аридности, за гранью которых начинается разрушение биологической жизни ландшафта<sup>3</sup>.

Мы неспроста начали повествование о солончаковых пустынях с Северной Африки. Именно здесь находятся центры происхождения древнейших родов, давших начало главным представителям групп солеустойчивых растений. Для растительности галофильного типа характерны семейства, ближе всего стоящие к растительности гипсовых пустынь: парнолистниковые (*Zegophyllaceae*), свинчатковые (*Plutbaginaceae*), кермиковые (*Limonaceae*), тамарисковые (*Tamaricaceae*), селитрянковые (*Nitrariaceae*). Однако главные составляющие растительного покрова солончаков — виды из семейства маревых (*Chenopodiaceae*)

и его ведущих родов: солянка (*Salsola*), сведа (*Suaeda*), поташник (*Kalidium*), сарсазан (*Halocnemum*), солерос (*Saliicornia*), анабазис (*Anabasis*), саксаул (*Haloxydon*), климакоптера (*Climacoptera*), лебеда (*Atriplex*), соляноколосник (*Halostachys*) и др.

Крупнейший знаток флоры Азии профессор В.П. Бочанцев на примере рода солянок проследил происхождение, развитие и расселение представителей древнейшего семейства маревых<sup>4</sup>. Он считал, что в миоцене, а может быть еще раньше, в олигоцене, на территории, которую занимают современные Центральная и Южная Африка, возник первичный центр формирования рода *Salsola*, его исходной секции *Caroxylon* (*Thunb.*) *Fenzl.* В неогене представители этой секции проникли на просторы Северной Африки и Юго-Западной Азии. Позднее южноафриканский участок ареала секции был отделен от севера материка тропическим поясом, и до настоящего времени только там представлено семейство маревых, а в Северной Африке в плиоцене образовался вторичный центр формирования рода *Salsola*. В дальнейшем процесс новообразований сопровождался расселением представителей маревых из этого центра через Аравию на север, где молодые песчаные массивы Азии стали местом возникновения новых очагов формирования рода *Salsola* — центров уже третьего порядка, родиной кустарников, полукустарников и самых поздних однолетних солянок. Заметим, что подобные центры обнаружены и в обширном ареале от Канарских о-вов и Испании до Монголии и Китая, однако не известны ни в Австралии, ни в Америке.

<sup>2</sup> Шишов Л. Л., Пантелеев Л. С. // Там же. 1981. № 2. С. 3—15.

<sup>3</sup> Бабаев А. Г., Зонн И. С., Дроздов Н. Н., Фрейкин З. Г. Пустыни. М., 1986. С. 12—36.

<sup>4</sup> Бочанцев В. П. Род *Salsola* L. Состав, история развития и расселения // Автореф. дис. ... д-ра биол. наук Л., 1969.

<sup>1</sup> Гладышев А. И., Абрамов Ю. В. // Пробл. освоения пустынь. 1981. № 5. С. 28—37.

## Формирование флоры солончаков Средней Азии

На просторах Туранской низменности в четвертичном периоде под влиянием глобальных изменений климата происходили общая аридизация региона, активное горообразование и переход песчано-глинистых толщ в песчаные бугры, гряды и барханные массивы. Эти процессы дали новое направление в развитии растительного покрова — формированию флоры пустынь, частью которой стала растительность солончаковых побережий древних материков. На верхних террасах речных долин нашли пристанище выходцы из морских литоралей и континентальных солонцов Северной Африки: соляноколосник Белянже (*H. belangerana*), прибрежница солончаковая (*Aeluropus litoralis*), парнолистник амударьинский (*Zygophyllum oxianum*), кермек ушколистный (*Limonium otolepis*) и др. Здесь же возникли леса черного саксаула (*H. aphyllum*). Средняя Азия стала родиной многих однолетних солянок и их сородичей, пришедших из Передней Азии.

Для более полного понимания характера распространения растительности солончаков в Средней Азии можно обратить внимание на их генезис, связанный с деятельностью в верхнечетвертичное время Праамударьи и регрессией Хвалынского моря, оставивших после себя многочисленные озера по окраинам Прикопетдагской подгорной равнины и в глубине образовавшихся Каракумов. Многие из этих озер существовали длительное время и отличались богатой прибрежно-водной растительностью. По мере их усыхания озерные осадки уплотнялись, увеличивалась степень их засоления. Прибрежно-водные

растения стали замещаться обычной пустынной флорой, главным образом представителями родов *Salsola* и *Tamarix* (тамариски доминируют в современных солончаковых котловинах). По окраинам солончаковых впадин, наряду с тамариска-ми, активно развивались черный саксаул и солеустойчивые многолетние травы — прибрежница солончаковая, тростник южный (*Phragmites australis*). При высоком стоянии сильно минерализованных (30—50 г/л) грунтовых вод и дальнейшем усыхании озерных котловин они со временем превратились в солончаки, почти лишенные растительности. Выжили только солеустойчивые виды, среди которых доминируют сарсазан шишковатый (*Halocnemum strobilaceum*), прибрежница солончаковая, кермеки и тамариски<sup>5</sup>. В наше время солончаковые пустыни занимают около 8% аридных территорий Средней Азии и характеризуются ландшафтами различных типов (см. табл.).

Как справедливо отмечает У.Пратов, общность растений семейства маревых в двух регионах (Северной Африке и Средней Азии) слагается главным образом видами, не выходящими за пределы Древнего Средиземноморья. В Туранской провинции сформировался один из важнейших и крупных очагов этого семейства, в пределах которого встречается 248 видов, принадлежащих к 48 родам. Из них 51 вид и 3 рода — эндемики. Эти факты подтверждают мнение о молодом (плиоценовом и плейстоценовом) и автохтонном (аборигенном) образовании отдельных (особенно однолетних) представителей семей-

ства маревых, населяющих солончаковые пустыни Средней Азии<sup>6</sup>.

## Секреты солеустойчивости

В поверхностном (до 20 см) горизонте галоморфных (засоленных) почв содержится более 1% токсичных для большинства растений легкорастворимых солей (сульфатов, хлоридов, нитратов), вызывающих коагуляцию почвенных коллоидов. Такие почвы обычно покрыты солевой коркой, морфологические особенности которой определяются составом и количеством солей. Формируются солончаки в условиях, когда приток или содержание солей в почвообразующей породе не компенсируется их выносом. Это происходит либо при близком к поверхности почвы залегании сильноминерализованных грунтовых вод (гидроморфные солончаки), либо в случае выхода на ее поверхность древних засоленных пород с глубокими, недоступными для растений, грунтовыми водами (автоморфные). Наиболее характерны солончаки для степной и пустынной природных зон аридного пояса, отличающихся помимо засоления почв резкими сезонными и суточными колебаниями температуры (летом поверхность почвы нагревается до 60—70°C) и крайней сухостью (годовая сумма осадков не более 200—300 мм, а испарение во много раз больше).

Не каждое растение способно вынести столь экстремальные условия. Повышенное содержание в почве солей сильно затрудняет водоснабжение растений, замедляет

<sup>6</sup> Пратов У. Маревые (*Chenopodiaceae Vent.*) Средней Азии и Северной Африки (систематика, филогения и ботанико-географический анализ) // Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Л., 1987.

<sup>5</sup> Каленов Г. С. Растительность Низменных Каракумов в связи с почвенно-грунтовыми условиями. Ашхабад, 1973.

**Таблица**  
**Типы ландшафтов и растительный покров соленчаковых пустынь Средней Азии (Пратов У., 1987)**

Тип ландшафта	Почвообразующая порода	Местоположение	Доминанты растительного покрова
Аккумулятивно-морские солончаковые равнины новокаспийского и современного возрастов	Сильнозасоленные крупнозернистые ракушечные загипсованные пески	Восточная часть Прикаспия	Сарсазан, кермеки, поташник каспийский, однолетние солянки (содоносная, узкая, трагус)
Денудационно-дефляционные бессточные солончаковые впадины верхнечетвертичного и современного возрастов	Глинистые, суглинистые и супесчаные почвы	Западный Туркменистан	Сарсазан, кермеки, однолетние солянки типа солянки согдийской
Озерно-аллювиальные солончаковые равнины верхнечетвертичного и современного возрастов	Супесчаные и соляно-илистые, суглинистые и глинистые отложения приморской части, а также остаточные-болотные луговые и типичные солончаки	Побережье Аральского моря	Тамариски, тростник, прибрежница солончаковая, кермеки
Аллювиально-дельтовые равнины верхнечетвертичного и современного возрастов	Болотные, солончаковые и лугово-орошаемые почвы	Дельта Сырдарьи	Тамариски, тростник южный, дереза русская, верблюжья колючка, однолетние солянки
Аккумулятивно-морские приморские низменности верхнечетвертичного и современного возрастов	Глины, суглинки и пески на шоровых и мокрых солончаках	Мертвый Култук, Казахстан	Бедная солянковая растительность
Озерно-аллювиальная слаборасчлененная равнина палеозойского и мезозойского возрастов	Солонцовые и солончаковые почвы легкого и тяжелого механического состава	Прибалхашье	Польны (типа польны кемрудской), многолетние солянки (типа солянки древовидной и древесцевидной), однолетние солянки, эфемеры

синтез белков, подавляет процессы роста и т.д. Солеустойчивость галофитов выработалась в процессе длительной эволюции, причем одновременно в разных эдафических условиях: водах морей и океанов, приморских субстратах, в поймах рек и на плакорах (ровных водораздельных территориях). Известно несколько типов галофильной растительности, и у каждой из них свои секреты.

**Эвгалофиты**, или настоящие галофиты, способны значительно увеличивать осмотическое давление клеточного сока (до 20 атм. и более при норме 4–8 атм.), что облегча-

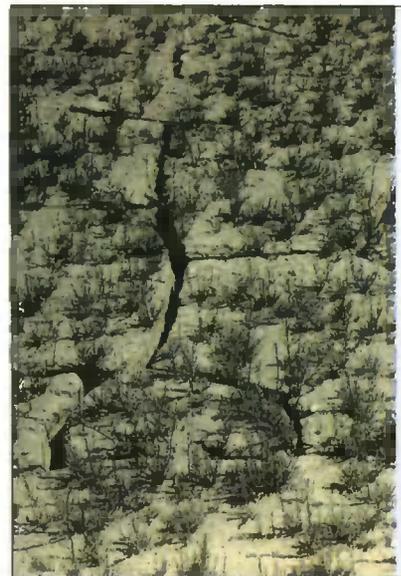
ет поступление воды с высокой минерализацией из почвы в органы растения. Цитоплазма в их клетках устойчива к высокому содержанию солей. К таким растениям относятся солянки, большинство из которых обладает мясистыми листьями и стеблями (солерос европейский, солянокососник каспийский, сарсазан шишковатый, виды рода сведа).

**Киногалофиты** регулируют содержание солей в тканях путем выделения их избытка через специальные листовые волоски или солевые железы. К ним относятся некоторые виды тамарисков, кермеков,

мангровых. В эту же группу входят суккуленты из семейства маревых.

**Гликогалофиты** обладают корневой системой, мало доступной для проникновения солей — солевой раствор как бы фильтруется через плазматическую мембрану клеток корневой паренхимы. Наиболее типичные представители — некоторые виды польны.

Практически все солеустойчивые растения независимо от жизненной формы, будь то дерево, кустарник, полукустарник или однолетние и многолетние травы, относятся к группе длительно веге-



*Тамариск рыхлый на Узбое (Заунгузские Каракумы, Северный Туркменистан) и его сеянцы на молодом аллювии в пойме Амударьи.*

*Солончак Гекленгкую (Северный Туркменистан).*



*Ежовник на фоне соляноквых пастбищ в Ливийской пустыне.  
Фото А.И.Гладышева*

тирующих весенне-летне-осеннезеленых растений с выраженным периодом зимнего покоя. Начало и конец вегетации галофитов в аридных условиях связаны с особенностями климатического режима весны и осени, однако для всех солеустойчивых растений характерно отсутствие периода летнего покоя. Еще одна жизненно важная черта галофитов — высокая семенная продуктивность, но для дружного прорастания семян и развития проростков требуются хорошо увлажненные, чаще незасоленные, субстраты (промытые дождевыми и тальми водами участки плакоров, свежий речной аллювий и др.). В дальнейшем, в процессе скоротечных сукцессий, они приобретают облик коренных солеустойчивых сообществ. Кратко остановимся на характеристике растений, доминирующих в таких сообществах.

**Саксаул черный** произрастает в различных экологических условиях. В долинообразных понижениях с пылеватыми засоленными почвами при близком залегании грунтовых вод образует своеобразные леса. Здесь он растет в виде деревьев или крупных кустарников высотой до 9 м. В дельтах рек Мургаба и Теджена на такыровидных почвах встречается в виде низкорослого (1—1.5 м) кустарника. Ствол дерева короткий и толстый — до 70 см в высоту и 40 см в диаметре. Побеги дифференцированы на вегетативные и генеративные. Листья редуцированы, от них осталось лишь очень короткое влагалищное кольцо со следами листовых пластинок в виде мелких бесцветных супротивных чешуек или бугорков. Функцию фотосинтеза осуществляют тонкие зеленые стебли текущего года развития, под эпидермисом которых лежит слой столбчатых, плотно прилегающих друг к другу хлорофиллоносных

(палисадных) клеток. Отсутствие настоящих листьев сильно уменьшает общую испаряющую поверхность растения, благодаря чему сокращаются потери влаги. Цветки обоеполые, сидят по четыре в пазухах чешуевидных прицветников. Околоцветник из пяти пленчатых листочков, образующих у плода (орешка) крылья. Корневая система мощная, уходящая в почву иногда до 10—11 м в поиске грунтовых вод.

Черный саксаул хорошо размножается семенами, а потому нередко используется для создания искусственных пастбищ и закрепления подвижных песков. Молодые зеленые побеги, опад и особенно семена зимой служат кормом для верблюдов и овец. В климаксовых монодоминантных сообществах черного саксаула тип биологического круговорота определяется как кальциево-азотный с большим участием натрия. Накапливаются минеральные соли в наружной коре годичных побегов, которую растение регулярно сбрасывает, дабы избавиться от их излишков. Тем самым саксаул активно способствует засолению почвы: сумма солей в корочке 0—1.5 см достигает 2.63%, глубже засоление резко снижается<sup>7</sup>.

**Тамариск щетиноволосистый** (*T. hispidus*), крупный кустарник высотой до 5 м, чаще всего образует разреженные заросли на хорошо увлажненных солончаках по периферии речных пойм. Как у саксаула, у тамариска листья редуцированы, и функцию фотосинтеза выполняют в основном молодые зеленые побеги. А вот от токсичных солей тамариски избавляется иначе — выбрасывая их кристаллики через солевыводящие железки на поверхность листьев, они тем самым снижают

их концентрацию в клеточном соке. Корневая система мощная, стержневого типа с хорошо развитыми боковыми корнями. Плодоносит обильно. Семена способны прорасти на мокрых засоленных субстратах. За год сеянцы образуют раскидистый куст высотой 50—60 см.

Роль тамарисков в солевом режиме пойм и долин рек Средней Азии несомненна, хотя по солеустойчивости и типу биологического круговорота виды рода заметно различаются<sup>8</sup>. Так, под тамариском щетиноволосистым в опад преобладают элементы: Na — 3.12, Ca — 1.86, Cl — 1.88, K — 1.11 и Mg — 0.94%; под тамариском многоветвистым (*T. ramosissima*): Ca — 1.20, K — 1.00, Na — 0.90, Mg — 0.70 и Cl — 0.53%.

**Соляноколосник Белянже** — кустарник, представитель монотипного рода, выходец из континентальных солончаков древнего Средиземноморья. Существует только в контакте с неглубокими, сильноминерализованными грунтовыми водами. На корковых солончаках поймы, граничащей с пустынными сообществами, занимает доминирующее положение, образуя сомкнутые заросли высотой 2.0—2.5 м. Плодоносит обильно. Размножается только семенами.

Листья у растения также редуцированы в чешуйки, обрамляющие фотосинтезирующие веточки. Обитая на солончаках, у соляноколосника выработались особые приспособления, позволяющие ему успешно произрастать в столь неблагоприятных условиях. Фотосинтезирующий стебель у него покрыт толстым слоем кутикулы. Эпидерма с утолщенной наружной стенкой, а каждая ее клетка имеет сочкообразный вырост. Не-

<sup>7</sup> Мирошниченко Ю. М. Динамика и продуктивность пустынной растительности (Юго-Восточные Каракумы). Л., 1986.

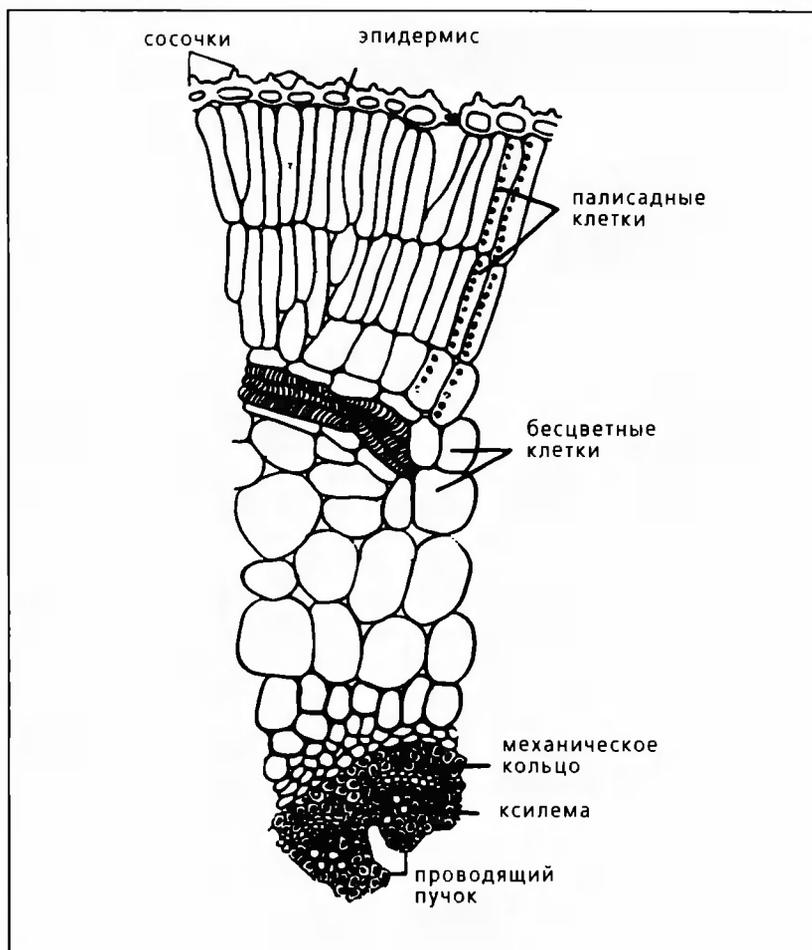
<sup>8</sup> Гладышев А. И. Тугайная растительность Амударьи. Ашхабад, 1992.

ровная, бугорчатая поверхность препятствует излишнему испарению. В центральном цилиндре стебля хорошо развита водоносная ткань, заключенная в мощное механическое кольцо. В сердцевине и коре содержатся дубильные вещества, способствующие адаптации растения в жарких условиях среды.

Корневая система соляноколосника поверхностно-стержневого типа. Его заросли нормально развиваются при минерализации грунтовой воды 60–120 г/л. Главное условие его существования — постоянное наличие доступных грунтовых вод. Среди галофитов соляноколосник самый активный испаритель влаги. За вегетационный сезон он может расходовать более 4 тыс. м<sup>3</sup>/га воды. При отрыве корнеобитаемой толщи почвы от грунтовых вод растение постепенно отмирает и его место занимают солеустойчивые пустынные группировки — черносаульники, боялычники и др.

Тип биологического круговорота в монодоминантных сообществах соляноколосника можно определить как хлоридно-натриевый при заметном участии азота и кальция. Содержание основных зольных элементов в опаде: Na — 6.96, Cl — 3.62, Ca — 1.71, K — 1.18, Si — 0.83, Mg — 0.36, P — 0.09, Fe — 0.09%. Содержание азота — 1.87%. Ежегодно с опадом в почву поступает около 1000 кг/га зольных элементов.

Крайние условия засоления выдерживают полукустарнички сарсазан шишковатый и поташник каспийский. Оба этих растения произрастают на пухлых и корковых солончаках, где засоление подкоркового горизонта достигает 2–2.6%. Это предел, за который не может перешагнуть ни один галофит. Из солеустойчивых полукустарничков можно еще отметить сведу мелколистную, солянку древо-



Фрагмент поперечного среза стебля соляноколосника Белянже. Увел.  $\times 80$ .

видную, ежовник безлистный, кермек полукустарниковый и др.

Из многолетних травянистых галофитов наиболее типичны корневищные злаки (прибрежницы солончаковая и ползучая) и кермеки; из рудеральных и сорных типичны карелиния каспийская, парнолистник амударьинский. Высокое засоление почвы переносит и тростник южный.

Характерную и обширную группу солеустойчивых растений представляют однолетние виды, в первую очередь из семейства маревых: солерос ев-

ропейский (обитает на мокрых и пухлых солончаках, морских побережьях), виды родов сведы (разнолистная, морская, дуголистная и др.), лебеды (мелкоцветковая и украшенная), климакоптеры (шерстистая и туркменская), петросимонии (раскидистая) и др. Однако наиболее типичны однолетние солянки (многолистная, сероватая, тонковетвистая, туркестанская, узкая и др.), создающие в конце лета и осенью, в момент плодоношения, красочные виды на солончаках разных типов по всей равнинной части Ту-



*Солянка открытоплодная — однолетняя обитательница солончаков Северного Туркменистана.*



*Сухие заросли черного саксаула, не выдержавшего конкуренции с пустынным мхом в песках Чильмамедкум (Северо-Западный Туркменистан).*

*Фото А.И.Гладышева*



*Сарсазан шишковатый — источник соды и поташа.*



*Солерос европейский.*

*Фото Э.М.Сейфулина*

✦

рана, юга Западной Сибири, юго-востока европейской части России и Закавказья.

Надземная фитомасса соляноквых сообществ в 2—5 раз меньше подземной, в сочносоляноквых фитоценозах роль подземных органов заметно снижается — их живая часть превышает надземную лишь в 1.5 раза. В аридных экосистемах растительные остатки (сухостой и опад) накапливаются в меньших количествах, чем фитомасса, и солончаковые сообщества в этом отношении не составляют исключения. Для них типична высокая концентрация в фитомассе и опаде зольных элементов, особенно биогалогенов. В этой связи ведущая роль солеустойчивых растений в биологическом круговороте галофильных и сопряженных с ними пустынных сообществ не вызывает сомнений<sup>9</sup>.

\* \* \*

По запасу и питательности кормов полынно-соляноквые пастбища имеют большое значение в естественном кормовом балансе Средней Азии, что определяется широким распространением и разнообразным ботаническим составом. Однолетние солянки, содержащие большое количество токсичных солей, поедаются главным образом осенью, после дождей, выщелачивающих из их органов воднорастворимые соли. Однако основные кормовые запасы создают полкустарниковые фитоценозы с участием полыни, а также черносаксауловые сообщества. Однако этим хозяйственное значение солеустойчивых растений не ограничивается. Среди них есть лекарственные виды, например солерос европейский, ежовник безлистный. Причем алкалоиды, содержащиеся в ежовнике безлистном, или итсегеке, как его еще называют, использовали для по-

лучения инсектицида — анабазин-сульфата, в настоящее время признанного токсичным. Кроме того, тамариски и кермеки — источники дубильных веществ, а сарсазан шишковатый — соды и поташа. Большинство солеустойчивых растений легко вводятся в культуру и используются для улучшения и обогащения пастбищ.

За пределами нашей статьи осталась важнейшая проблема современных экосистем — земли вторичного засоления, или вторичные солончаки, которые возникли вследствие нерационального ведения орошаемого сельскохозяйственного производства. Между тем они преобладают в аридном поясе степных, полупустынных и пустынных регионов. Эта тема заслуживает отдельного анализа и публикации, поскольку только в Российской Федерации засолено более 16 млн га земель, или около 8% пашни, а сам процесс стимулирует опустынивание сельскохозяйственных угодий. ■

<sup>9</sup> Базилевич Н.И., Гребенщиков О.С., Тишков А.А. Географические закономерности структуры и функционирования экосистем. М., 1986.

### Загрязнения атмосферы над Индийским океаном

Международный эксперимент в Индийском океане (Indian Ocean Experiment, февраль—март 1999 г.) показал, что загрязнения воздуха, источники которых располагаются в странах Азии и Индостанского субконтинента, почти на 10% уменьшают количество солнечной радиации, поступающей на эту обширную аквато-

рию. Специалисты были просто шокированы, увидев коричневатую дымку даже на удалении в 1600 км от берегов (Explorations. Scripps institution of oceanography. 1999. V.6. №2. P.2).

Над Азией загрязняющие воздух частицы имеют более темный цвет, чем над Северной Америкой и Европой, поскольку содержат большое количество сажи и других продуктов неполного сгорания топлива.

В эксперименте участвовали четыре самолета-лаборатории, два океанографических судна, несколько береговых метеостанций, свыше 150 специалистов из разных стран; по его программе работала целая серия спутников. Национальный научный фонд США был основным спонсором эксперимента, стоимость которого составила более 25 млн долл.

Российская

# Небесные драконы, допотопные грешники и змеи Ирландии

В.Р.Алифанов,

кандидат биологических наук

Палеонтологический институт РАН

Москва

Нет сомнений, что созданное силой эволюции разнообразие древних существ богаче людских фантазий. В этом убеждает палеонтология, которая почти 200 лет пытается воссоздать историю жизни на Земле. Среди невероятного числа групп вымерших организмов, открытых палеонтологами, наибольшей известностью пользуются динозавры. Этим названием, составленным из двух древнегреческих слов (*δεινοϛ* — ужасный, страшный и *δαιρυϛ* — ящерица), знаменитый английский ученый Р.Оуэн в 1841 г. обозначил животных, которых он, поясняя свои взгляды, называл толстокожими вторичного периода. К толстокожим в те времена относили крупных и массивнотелых бегемотов, слонов и носорогов, а вторичным периодом считали мезозойскую эру.

В начале 50-х годов XIX в. в Лондоне Оуэн и скульптор У.Хоукинс оформили выставку фигур доисторических животных в натуральную величину. Гвоздем экспозиции стали динозавры. Чтобы подчеркнуть их гигантизм, внутри одного огромного ящера был устроен обед на 20 персон. С тех пор

научный и общественный интерес к динозаврам постоянно расширялся и достиг небывалого размаха в последние десятилетия. Страшные рептилии стали излюбленными героями книг и фильмов, изображения ящеров воплощены в детских игрушках, тиражируются в виде сувениров, мелькают в рекламе товаров. По миру путешествуют просветительские выставки со скелетами или движущимися фигурами динозавров. Не только любители, но и профессионалы не устают удивляться причудливости внешнего облика и ломают голову над тайной исчезновения мезозойских ящеров 65—60 млн лет назад.

Раньше, чем где-либо, останками этих рептилий интересовались в Китае. Там более трех тысячелетий назад находки окаменелых динозавровых зубов использовали как доказательство существования мифических Драконов. Начиная с III в. н.э. в письменных источниках указывалось местоположение районов с дракононосными породами. Секрет этого прост: в китайской медицине тех времен из ископаемых костей готовили лекарства. В соседней Монголии наблюдательные араты (скотоводы) также с глубокой

древности знали об останках гигантских существ, которые иногда в большом количестве выветриваются или вымываются из осадочных пород в южных районах страны. В религиозных монгольских сказаниях их называют «лууныяс» — священные кости Небесных драконов.

\* \* \*

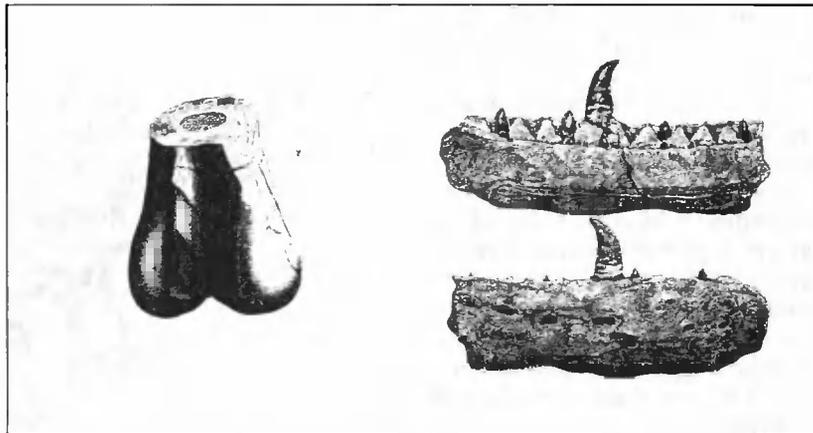
Сведения об остатках динозавров в Европе впервые появились в книге профессора Оксфордского университета Р.Плотта «Естественная история Оксфордшира», вышедшей в 1677 г. В ней описывалась и изображалась случайно найденная в одном из карьеров часть окаменевшей бедренной кости. Огромные размеры находки заставили автора вспомнить о слонах, которых в начале нашей эры могли завезти в Англию римские легионеры. Однако основной стала версия о принадлежности кости титану — гигантскому человеку из допотопных времен.

Такой взгляд соответствовал представлениям западноевропейских богословов, видевших в ископаемых организмах не только игру природы, но и доказательства Всемирного потопы. В связи

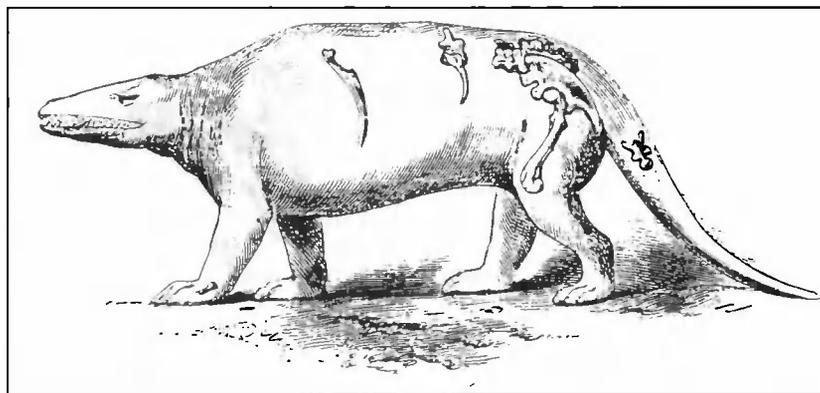
с этим наибольшую известность получил обнаруженный в 1715 г. в Швейцарии скелет гигантской саламандры. Церковь его признавала за останки человека — свидетеля потопы (*homo diluvii testis*), а в простонародье называли утонувшим грешником.

Между тем еще в античности существовал естественно-исторический взгляд на природу окаменелостей. В Древней Греции по раковинам ископаемых моллюсков, найденным вдали от морского берега, Ксенофан (VI—V вв. до н.э.), а позже Аристотель (IV в. до н.э.) судили об отличиях природных условий далекого прошлого от современных. Интересно, что выбитый однажды в карьере отпечаток ископаемой рыбы послужил поводом для Анаксимандра из Милета (VI—V вв. до н.э.) к весьма примечательным рассуждениям в духе представлений об органической эволюции. В частности, философ полагал, что жизнь возникла в морских водах, а предками наземных позвоночных животных были рыбы.

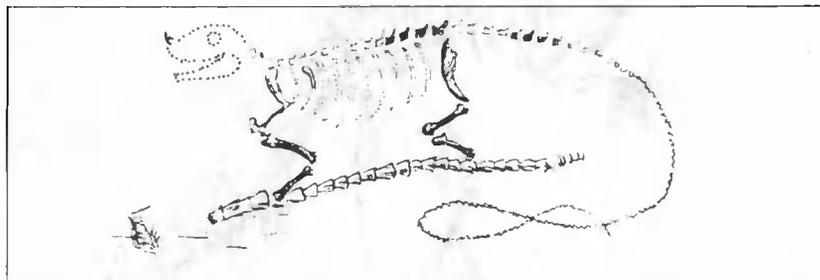
Судя по изображению, обсуждаемое в книге Плотта ископаемое бедро принадлежало ящере, с которого позднее и началось научное изучение динозавров. В 1824 г. преподаватель геологии одного из оксфордских университетов У.Баклэнд доложил в собрании Королевского общества об открытии им в юрских сланцах Стоунзфилда (графство Оксфордшир) огромных зубов и фрагмента нижней челюсти ящерицы, названной в соответствии с внешними данными мегалозавром. А через год Г.Мэнтл, хирург из английского городка Льюис (Суссекс), предварительно убедив в своей правоте основателя палеонтологии позвоночных Ж.Кювье, аналогичным способом представил нового ископаемого гигантского ящера — растительноядного игуанодо-



*Первые находки костных остатков динозавров. Фрагмент бедренной кости, который описан Р.Плоттом под видом останков гигантского человека (слева). Зубы и нижняя челюсть мегалозавра. Открывший их У.Баклэнд считал, что ископаемые остатки принадлежали гигантской хищной ящерице.*



*Реконструкция мегалозавра, сделанная Р.Оуэном. Динозавров он представлял крупными и неповоротливыми четвероногими животными. По современным данным, мегалозавр — это двуногий и крупноголовый хищник с короткими передними лапами. Примерно так же мог выглядеть и его родственник — стрептоспондил.*

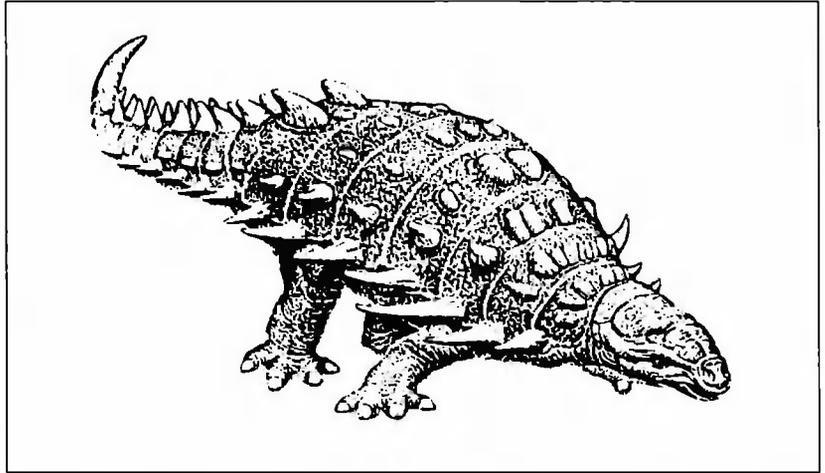


*Реконструкция скелета игуанодона, выполненная Мэнтлом. Имевшаяся в его распоряжении конусообразная кость, изображалась на месте носового рога. На самом деле — это измененная фаланга первого пальца передней лапы рептилии.*

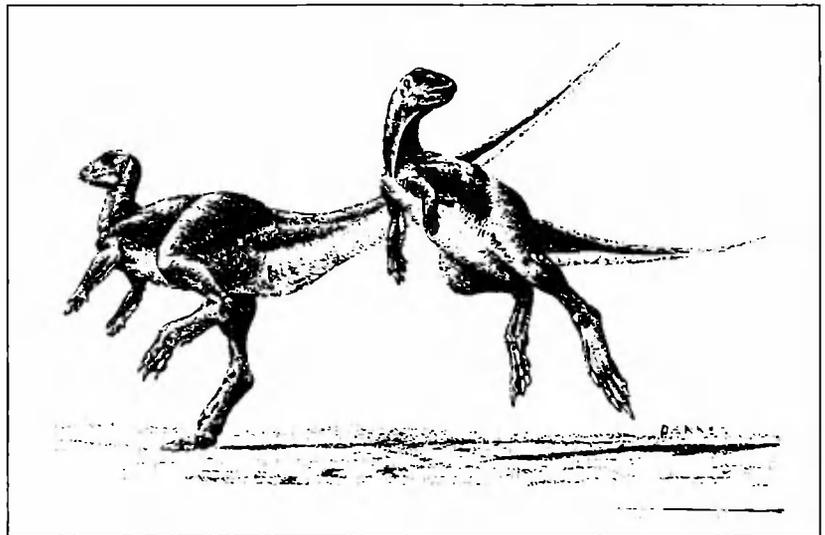
на. Он оказался вторым научно охарактеризованным динозавром.

Неуемной энергией Мэнтла создана и первая реконструкция внешнего вида игуанодона. С именем льюисского хирурга связан еще один ящер — растительноядный гилеозавр, третий в ряду известных науке. Р.Оуэн выстроил свою научную концепцию о динозаврах на фундаменте знаний, добытых в основном Мэнтлом.

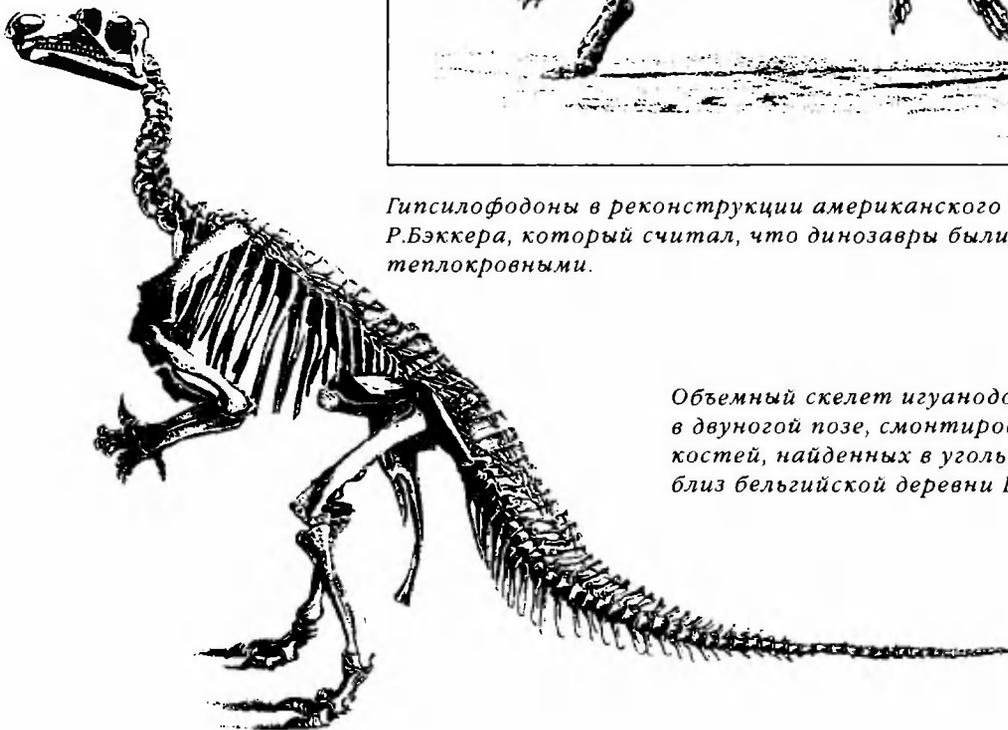
Сообщение о первых находках крупных ископаемых костей в континентальной части Европы вышло из-под пера аббата Диквемара в 1776 г. Однако кости, собранные этим любителем природных диковин у нормандского побережья Франции, были утеряны. А вот другой священник — Башеле — свои находки



*Гилеозавр, описанный Мэнтлом из раннемеловых отложений Англии. Относится к группе панцирных динозавров.*



*Гипсилофодоны в реконструкции американского палеонтолога Р.Бэжера, который считал, что динозавры были теплокровными.*



*Объемный скелет игуанодона в двуногой позе, смонтированный из костей, найденных в угольной шахте близ бельгийской деревни Берниссар.*

передал на хранение в Национальный музей Парижа. В итоге коллекция попала в поле зрения Кювье, который в 1808 г. обнаружил в ней остатки двух новых видов мезозойских крокодилов. Как выяснилось позже, в крокодилы знаменитый палеонтолог зачислил стрептоспондила, близкого и малоизвестного родственника мегалозавра.

В третьей четверти XIX в. европейская палеонтология дала миру еще несколько новых динозавров. Среди них наибольшую известность получили хищный компсогнат из позднеюрских сланцев Баварии (Германия) и растительноядный гипсилофодон из раннемеловых известняков о.Уайт (Англия). В изучении этих сохранившихся в достаточно полном виде ящеров приняли участие и известные биологи-эволюционисты Э.Геккель и Т.Гексли. Каждый из них пришел к неожиданному для того времени заключению о значительном сходстве и возможном родстве динозавров и птиц.

После апреля 1887 г. всему миру стала известна бельгийская деревня Берниссар. На местной угольной шахте вскрылось гигантское скопление ископаемых костей и скелетов, большая часть которых

принадлежала динозаврам игуанодомам. Тщательные раскопки продолжались более 25 лет и увенчались изъятием почти 30 целых скелетов. Некоторые из них были смонтированы на подиуме в виде двуногих существ. В Западной и Центральной Европе динозавров находят до сих пор. За последние годы они обнаружены в Португалии, Испании, Италии, Румынии и Швеции, в дополнение к прежним выявлены новые находки в Англии, Германии и Франции.

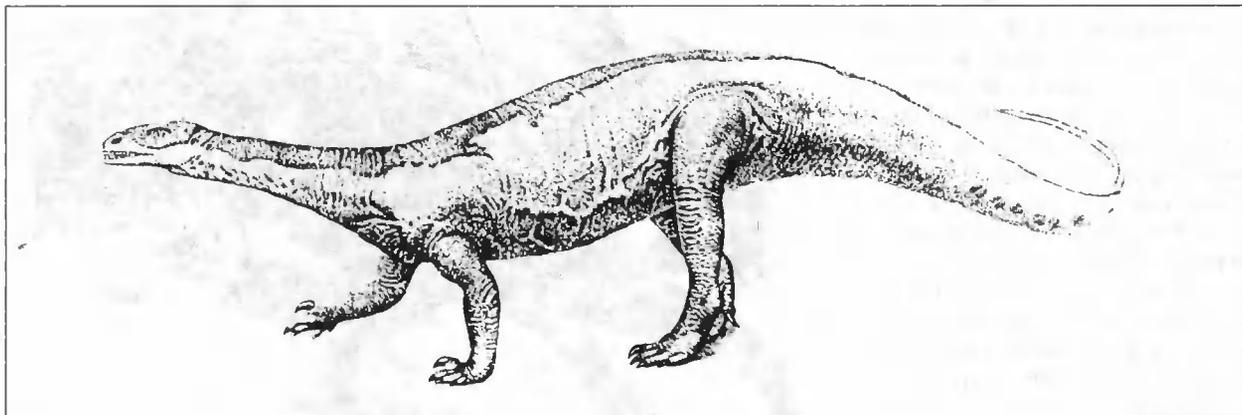
\* \* \*

В начале XIX в. мощный импульс к изучению динозавров был дан в США. В 1820 г. один из американских научных журналов поместил статью некоего С.Элсворта Младшего о находке окаменелых костей гигантского человека в районе Коннектикут Вэли. Недавно останки «грешника» из Нового Света переопределили и стало ясно, что это — анхизавр. Задолго до того были обнаружены крупные кости в Нью-Джерси, но кому они принадлежали, можно лишь догадываться, так как находка исчезла. В том же штате окаменелости нашли снова в 1858 г. По ним Дж.Лейди описал первый довольно полный скелет позд-

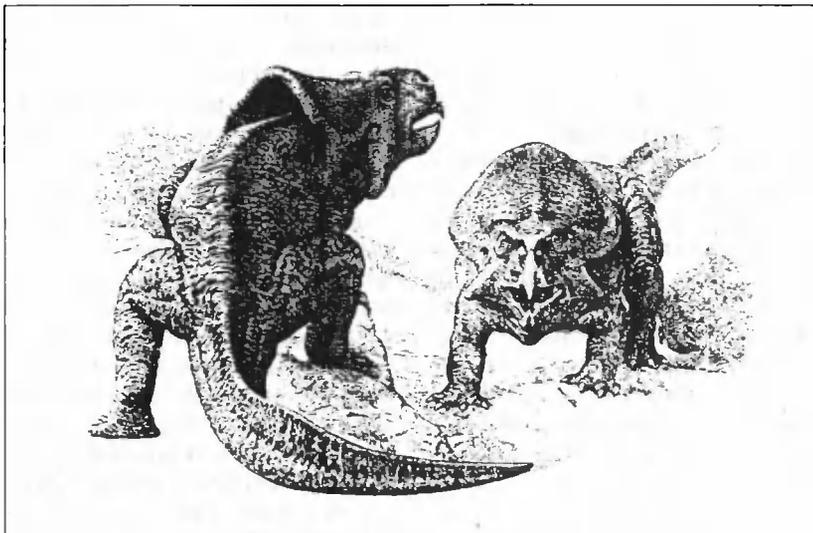
немелового родственника игуанодона — гадрозавра. Новые данные впервые навели палеонтолога на мысль о возможности двуногой позы у динозавров, которых он сравнивал с австралийскими кенгуру.

С этого началась эпоха сенсационных палеонтологических открытий в Северной Америке. В последующие годы азартную охоту на динозавров открыли Э.Коп и О.Марш, нередко скупавшие образцы у случайных сборщиков или нанимавшие специальные поисковые и раскопочные отряды на личные средства. Стремление опередить друг друга иногда побуждало ученых к молниеносному сочинению сообщений, публиковавшихся даже в газетах. Торопливость приводила к многочисленным ошибкам, путанице и ... взаимным обвинениям, не всегда отличавшимся корректностью. Несмотря на карнавальный оттенок некоторых эпизодов во взаимоотношениях Копы и Марша, они внесли колоссальный вклад в развитие палеонтологии. За 20 лет они описали почти 130 новых видов динозавров, что кажется неправдоподобным по современным меркам.

В начале XX в. соотечественники и продолжатели дела Копы и Марша открыли в ка-



*Анхизавр — небольшой растительноядный динозавр из группы прозавропод. Остатки этого животного обнаружены в раннеюрских отложениях Северной Америки еще в начале прошлого века.*



*Протоцератопс — представитель рогатых динозавров. Многочисленные черепа и скелеты этого ящера обнаружены членами экспедиции Американского музея естественной истории в центре пустыни Гоби.*

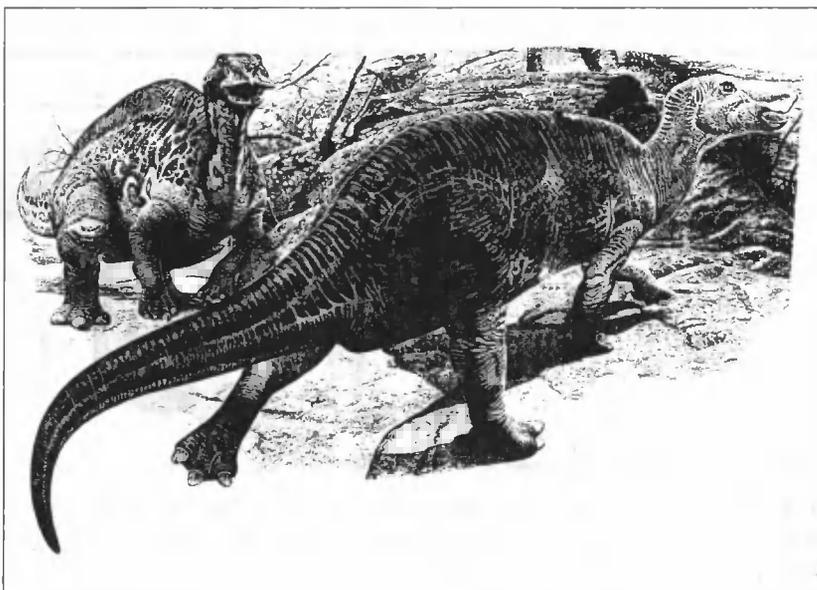
надском штате Альберта крупное местонахождение древних рептилий. Это неожиданно подстегнуло местных любителей палеонтологии на собственные поиски ископаемых костей, и незначительный в целом эпизод вошел в историю палеонтологии под громким названием «динозавровая лихорадка».

В 1922 г. сотрудники Американского музея естественной истории отправились в маршрут по малоисследованным в те времена внутренним районам Китая и Монголии. Уже в первый год отряд палеонтологов проник в са-

мый центр каменистой пустыни Гоби. Там, в красно-бурых бедлендах местонахождения Баин-Дзак, известного также под поэтичным названием Пылающие скалы, ученые обнаружили несколько видов позднемеловых динозавров. Особо многочисленными оказались черепа и скелеты растительноядного протоцератопса. Однако наибольшей ценностью охотники за ископаемыми сочли обнаруженные ими яйца динозавров, поскольку до того времени достоверные знания о биологии размножения древних ящеров отсутствовали.

Первопроходческая центральноеазиатская экспедиция осуществилась не без влияния более ранней экспедиции Берлинского музея естественной истории. Грандиозные по объему раскопочные работы на позднеюрском местонахождении Тендагуру в Танзании, длившиеся с 1907 по 1912 г., принесли ученым десятки тонн ископаемых костей первых африканских динозавров. Памятником этому научному подвигу стал целый скелет бронтозавра — животного с четырьмя колоннообразными ногами и маленькой головой на длинной шее, подни-

*Реконструкция внешнего вида гадрозавра — позднемелового растительноядного динозавра из группы утконосых ящеров. По его остаткам Дж. Лейди высказал идею о двуногости динозавров. В настоящее время чаще предполагают, что гадрозавры, в отличие от некоторых своих сородичей, паслись на четырех конечностях. Родственники гадрозавра — и найденный на берегах Амура маньчжурозавр, и открытый в пустыне Гоби завролоф.*



мавшейся на высоту 12—13 м.

В эстафете легендарных путешествий за костями ископаемых животных заметное место занимает экспедиция Палеонтологического института АН СССР в Монголию, проведенная в 1946—1949 гг. За короткое время русские исследователи открыли множество новых динозавровых кладбищ. Особенно поразило ученых обилие и качество находок у подножия скального кряжа Алтан-Ула. Этот гигантский горный массив представляет собой часть южного отрога Гобийского Алтая и частично окаймляет северный борт обширной межгорной Нэмэгэтинской котловины. Крупный ученый и известный писатель И.Ефремов, руководивший первыми полевыми исследованиями в Гоби и описавший сопровождавшие их события в книге «Дорога ветров», назвал полюбившееся ему обнажение Могилой Дракона. Материалы ефремовской экспедиции составляют значительную часть экспозиции динозавров Палеонтологического музея, в которой почетное место занимают гигантские скелеты утконосого завролофа и хищного тарбозавра.

Нэмэгэтинскую котловину, богатую местонахождениями позднемезозойских позвоночных животных, более 30 лет навещают исследовательские партии из многих стран, а новым и неожиданным открытиям, кажется, не видно конца. Во второй половине 80-х годов поисковый отряд Советско-Монгольской палеонтологической экспедиции обнаружил в динозавровом «заповеднике» Бугийн-Цав целый скелет небольшого существа с короткими передними и длинными задними конечностями. На передних лапах было всего по пальцу с огромным когтем на конце. Теперь этот ящер, известный как мононикус, попал в эпицентр ос-



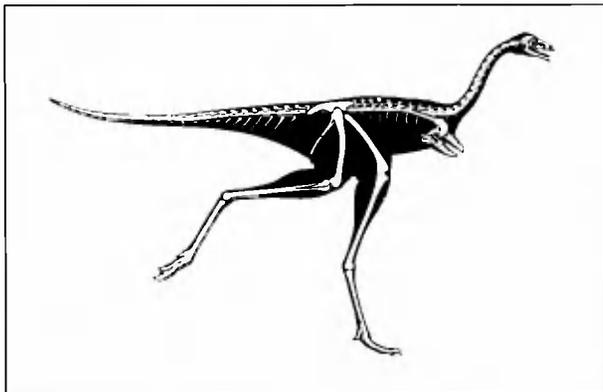
*Тарбозавр, обитавший в Центральной Азии в конце мелового периода. Внешне этот почти 10-метровый хищный ящер мало отличался от известного североамериканского тираннозавра.*

\* \* \*

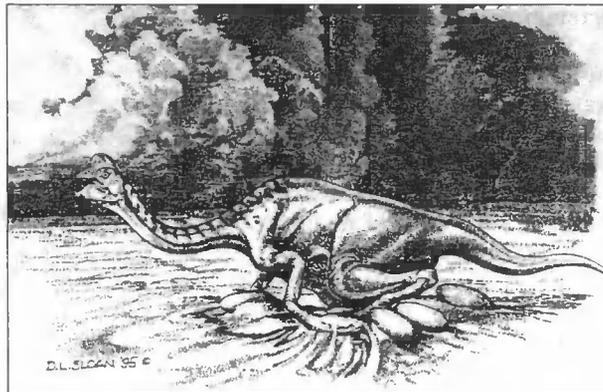
трех споров из-за сходства одних деталей его строения с птицами, а других — с динозаврами. В середине 90-х годов экспедиция Американского музея естественной истории и Монгольской академии наук случайно натолкнулась на небольшие песчаные холмы местонахождения Уха-Толгод. В нем оказалось множество черепов и скелетов меловых млекопитающих, ящеров и динозавров, в том числе кости овираптора, застывшего на гнезде поверх кладки яиц. Подобные находки заставляют задуматься не только о сложном гнездовом поведении динозавров, но и о правоте некоторых энтузиастов, полагающих, что у динозавров были перья. Впрочем, сейчас это уже не слишком смелое предположение, а факт. За последние годы в китайской провинции Ляонинь обнаружено немало сравнительно небольших раннемеловых динозавров с отпечатками перьевого покрова на сланцевой породе. Пожалуй, это — самая громкая палеонтологическая сенсация последнего времени, которая увенчала многолетние усилия китайских, американских и канадских ученых.

«...Ежели кто найдет в земле или в воде старья вещи, а именно: камня необыкновенныя, кости человеческия или скотския, рыбы или птичьи, не такая какия у нас ныне есть, или и такая, да зело велики или малы перед обыкновенными... таже бы приносили, за что давана будет довольная дача». Это слова из указа Петра I от 13 октября 1718 г., положившего начало составлению минералогических и палеонтологических коллекций в России. Спустя много лет музей Санкт-Петербурга и Москвы посетил Марш. Однако убежденный сединами и увенчанный славой американский профессор не нашел ничего, что указывало бы на какие-либо сборы костей динозавров. В 1887 г. он разочарованно написал: «...динозавры России, подобно змеям Ирландии, замечательны только тем, что их нет».

До сих пор на картах с обозначением находок костей динозавров огромные площади северной части Азии предстают белым пятном. Первым примечательным для этой территории открытием стали скелетные остатки маньчжу-



*Мононикус — небольшой птиценоподобный динозавр. На его коротких передних лапах было по одному когтистому пальцу.*



*Хищный овираптор на кладке яиц. Не только внешним обликом, но и образом жизни он напоминает птицу.*

розавра — утконосого ящера, описанного в 1930 г. профессором А.Н.Рябининым из отложений на правом (ныне китайском) берегу Амура. А вскоре динозавровые кости извлекли из угольной шахты на юге Сахалина, тогда не входившего в состав России. Это обстоятельство хорошо объясняет, почему еще одна «ирландская змея» получила имя — «ниппонозавр», т.е. японский ящер.

Во второй половине XX в. фрагментарные остатки меловых динозавров обна-

ружены в Поволжье, Белгородской и Московской областях, а также в Забайкалье и Якутии. Несколько скелетов небольших растительноядных псит-

такозавров удалось изъять из нижнемеловых обнажений близ д.Шестаково Кемеровской обл. Пситтакозавровые кости давно были открыты в целом ряде восточных стран, в том числе в Китае и Монголии. Однако южносибирское местонахождение выделяется не только обилием материала, но и редким возрастом слагающих местонахождение меловых пород. Не исключено, что шестаковские динозавры жили в самом начале мелового периода.

Сейчас число известных видов древних ящеров приближается к 700, а их кости обнаружены на всех континентах, даже в Антарктиде. Столь обширная география обитания объясняется возникновением группы во времена существования суперконтинента Пангеи, разделившегося на части в позднем триасе — 215 млн лет назад. Длительное существование, всесветное распространение и разнообразие жизненных форм оставляют большой простор для новых открытий этих рептилий, считавшихся когда-то Небесными драконами, допотопными грешниками или ирландскими змеями. Теперь они стали визитной карточкой тысячеликой палеонтологии. ■



*Растительноядный пситтакозавр из Центральной Азии. По находкам его костей определяют раннемеловой возраст вмещающих их пород. Несколько скелетов хорошей сохранности пситтакозавров обнаружены в местонахождении Шестаково (Южная Сибирь, Россия).*

# Растения и животные — «живые ископаемые»

А.С.Антонов

**В** 1939 г. ихтиолог Дж.Смит описал странную рыбу, которую по всем признакам следовало бы отнести к группе кистеперых, давным-давно вымерших, как полагали палеонтологи. Сегодня таких рыб обычно называют латимериями, или целакантами. Полностью исследовать пойманный экземпляр тогда не смогли. В руки зоологов попала одна шкура.

Прошло 13 лет, прежде чем у Коморских о-вов поймали вторую латимерию. Рыбу удалось сохранить целиком — это оказался представитель группы, которая, как считалось, окончательно вымерла около 70 млн лет назад. Все выводы, сделанные Смитом на основании изучения первого неполного экземпляра, подтвердились. Журналисты тут же окрестили рыбу «живым ископаемым». На некоторое время ихтиологи и палеонтологи заняли первые полосы газет и журналов — рассуждать об истории развития жизни на Земле стало модным.

Латимерия — отнюдь не единственное «живое ископаемое» в мире животных. Интерес к ней был вызван тем, что она оказалась первой подобной «ископаемой» среди каза-



*Андрей Сергеевич Антонов, доктор биологических наук, профессор, заведующий отделом эволюционной биохимии научно-исследовательского института физико-химической биологии им.А.Н.Белозерского Московского государственного университета. Основные научные интересы связаны с геносистематикой растений. Неоднократно печатался в «Природе».*

лось бы прекрасно изученных позвоночных животных.

Не менее известный представитель «живых ископаемых» — моллюск неопилина. Первоначально, в 1940 г., класс моллюсков, включающий неопилин, был выделен в результате изучения ископаемых остатков. Однако через

12 лет живых неопилин поймали в Тихом океане! В газетах и научно-популярных журналах снова было много шума, отголоски которого слышны до сих пор: все спорят, живет ли в озере Лох-Несс плезиозавр, в Конго — птеродактили, и т.д. К сожалению, в руки ученых «живые ископае-

© А.С.Антонов

мые» попадают редко.

Вообще-то как среди животных, так и среди растений древние виды довольно широко распространены. Обыкновенный щитень, обитающий в чистых лужах экологически благополучных областей нашей страны, по внешним признакам как две капли воды похож на своих далеких предков, живших около 200 млн лет назад.

И «живые ископаемые», и древние виды являют собой поразительный пример того, как внешние признаки некоторых организмов, их фенотипы, могут сохраняться неизменными многие десятилетиями и сотнями миллионов лет. Означает ли это, что их генетические программы (генотипы) также остаются законсервированными на столь же долгий срок? Если так, то как им удастся «гасить» возникающие мутации и не давать им проявляться в фенотипах?

Ответ на этот вопрос получили лишь после того, как молекулярные биологи научились определять структуру так называемых семантид (ДНК, РНК и белков), участвующих в хранении и передаче генетической информации. Как известно, все три класса семантид — полимеры, построенные из простых мономеров. По ряду косвенных признаков уже в первой половине XX в. ученые предполагали высокую специфичность строения белков: им даже отводили ведущую роль в передаче наследственных признаков организмов. Значительно позже на сцену вышли нуклеиновые кислоты — ДНК и РНК.

Уже первые опыты, поставленные в 50 — начале 60-х годов Э.Чаргаффом, А.Н.Белозерским и их сотрудниками, показали, что количество типов мономеров и их взаиморасположение в ДНК и РНК у разных видов индивидуально, видоспецифично. Позднее выяснили, что по этому призна-

ку и «живые ископаемые», и просто древние виды ничем не отличаются от более молодых. Семантиды у них эволюционировали по тем же законам, что и у самых обычных видов, фенотипы которых приобретали все новые черты в ходе эволюции, но мутации в геномах «живых ископаемых» и древних видов не изменяли их внешних черт. Иными словами, они находились под влиянием мощного стабилизирующего отбора, действовавшего на уровне фенотипов.

Факт, что ни говори, удивительный: внешние признаки организмов почти не менялись, а все их «внутреннее содержание» (семантиды и эписемантиды — «вторичные вещества») продолжало эволюционировать. Можно утверждать, что биохимия современной латимерии отличается от биохимии вымершей кистеперой рыбы не меньше, чем, допустим, вымершей латимерии и современного окуня. То же можно сказать и о неопилоне, и о щитне, и о сотнях других видов. Конечно, сегодня нельзя изучить структуру семантид у давно вымерших животных и растений путем прямого анализа — ведь эти соединения в ископаемых остатках давным-давно разрушились. Однако современная молекулярная филогенетика располагает целым набором методов реконструкции строения отдельных генов и других участков ДНК у давно вымерших животных и растений путем сопоставления их строения у ныне живущих форм.

В мире растений также известно достаточно много древних видов. Среди высших, семенных растений к ним относится, например, гинкго. В далеком прошлом в гинкговых лесах паслись динозавры. Если же мы сравним фенотипы ископаемых и современных растений гинкго, то вряд ли обнаружим в них сколько-ни-

будь существенные различия.

Совсем другой результат получится, если сопоставить строение семантид у гинкго и его ближайших родственников, а затем использовать эти данные для реконструкции событий молекулярной эволюции семантид у растений. Из построенного таким образом молекулярного филогенетического древа со всей очевидностью следует, что ныне живущие гинкго — представители давно обособившейся линии эволюционного развития голосеменных растений, и в их ДНК, РНК и белках за сотни миллионов лет произошли большие изменения.

Таким образом, можно утверждать, что эволюция генотипов и фенотипов происходила отнюдь не параллельно. Иногда изменения фенотипов заметно отставали от таковых в генотипах, в других случаях они менялись более или менее согласованно, а в третьих фенотипы менялись существенно быстрее, чем генотипы. Так, в оз.Виктория в Африке существует множество хорошо отличимых видов рыбки-цихлид, генотипы которых почти одинаковы. Видимо, все они произошли от какого-то одного предка, попавшего в этот водоем вскоре после его образования и послужившего основой для бурного видообразования. Сходные данные получены при изучении некоторых групп рыб из оз.Байкал. В этих случаях «генетическая цена» образования новых видов оказалась небольшой.

Аналогичные примеры известны и в мире растений: попав на какой-нибудь остров или архипелаг, некий вид становится родоначальником целого куста (рода или даже небольшого семейства) хорошо различимых видов, но этот процесс обычно не сопровождается накоплением пропорциональных изменений в их генотипах.

Приведенные примеры из-

вестны биологам давно. Виды растений и животных с неизменным в ходе эволюции фенотипом находили в основном в эволюционно древних группах. Вероятность существования таких форм среди покрытосеменных растений, до недавнего времени (по данным палеонтологии) считавшихся относительно эволюционно молодыми группами, была небольшой.

Мир покрытосеменных изучен ботаниками неплохо (впрочем, не лучше, чем рыбы к моменту описания латимерии). Само их возникновение относили к началу мелового периода (140—125 млн лет назад). Сопоставив фенотипы современных и ископаемых покрытосеменных, большинство ботаников пришло к выводу, что самые древние среди них — магнолиевые.

Впервые в молодости покрытосеменных усомнился английский биохимик Д.Боултер с коллегами. Схватку Боултера и известного ботаника А.Кронквиста мне довелось наблюдать на одном из симпозиумов Всемирного ботанического конгресса в Ленинграде. Боултер занимался тогда сравнительным изучением строения фермента цитохрома с.

В то время уже получила широкое хождение так называемая гипотеза молекулярных часов, предложенная Э.Цукеркандлем и Л.Полингом. Согласно этой гипотезе, для оценки времени расхождения двух линий эволюционного развития достаточно установить количественные различия в строении их семантид. Такой подход и использовал Боултер относительно покрытосеменных и получил удивительный результат: по его данным, покрытосеменные отделились от других, даже самых близких линий (например, голосеменных) не 140—125, а около 450 млн лет назад.

В дискуссии по докладу Кронквист один за одним наносил убийственные удары по построениям Боултера. Уверен ли автор в том, что аминокислотные последовательности белков определены правильно? Ведь число наблюдаемых изменений невелико, и всякая ошибка скажется на топологии получаемых деревьев. Как можно использовать для расчета времени разделения данные о скорости эволюции цитохромов, полученные для совсем другой группы, — грибов? Биологам известно, что скорость изменений может быть неодинаковой в разных линиях эволюционного развития. Уверен ли автор в правильности выбора метода реконструкции филогенетического древа? Ведь использованный им метод основан на гипотезе молекулярных часов, которая сама по себе требует доказательств. Неужели он всерьез считает, что устоявшиеся взгляды можно столь радикально менять, проанализировав всего десяток-другой белков? В самом деле, ботаники для своих филогенетических построений сопоставляют тысячи видов, а здесь объем выборки явно маловат. В какой мере эволюция одного белка отражает эволюцию организмов? Действительно, обычно один белок — продукт всего одного гена (впрочем, есть и сложные белки, построенные из нескольких субъединиц, каждая из которых кодируется своим, отличающимся по структуре геном), а в генотипах растений генов десятки тысяч. Четких ответов на эти вопросы Боултер тогда не дал, но доклад запомнился: было ясно, что он предполагает совсем новый путь изучения эволюции растений.

В это же время в лаборатории Белозерского в МГУ искали другой способ решения тех же проблем: с конца 50-х го-

дов в ней применялись все новые методы сравнительного изучения строения ДНК, которые поставяла бурно развивающаяся молекулярная биология. Использование их позволяло шаг за шагом продвигаться к пониманию молекулярной эволюции генотипов растений. Об этих работах мне уже приходилось писать в журнале «Природа»<sup>1</sup>.

Наконец, где-то в конце 70 — начале 80-х годов молекулярные биологи разработали удобные методы определения нуклеотидной последовательности в ДНК и РНК. Вместо трудоемкой работы по расшифровке строения белков гораздо проще оказалось анализировать структуру кодирующих их генов. Изучение молекулярной эволюции генотипов растений пошло быстрее. Появилась возможность либо опровергнуть, либо подтвердить достоверность предварительных выводов Боултера.

Конечно, тогда речь не шла об определении строения всей ДНК растительной клетки — решать эту задачу начали лишь в конце 90-х годов. В последних номерах «Nature» уже вышли статьи с описанием полной структуры ДНК двух хромосом покрытосеменного растения — арабидопсиса. До полной расшифровки строения его генома остались считанные годы, а на очереди — геномы риса, кукурузы, пшеницы и других растений.

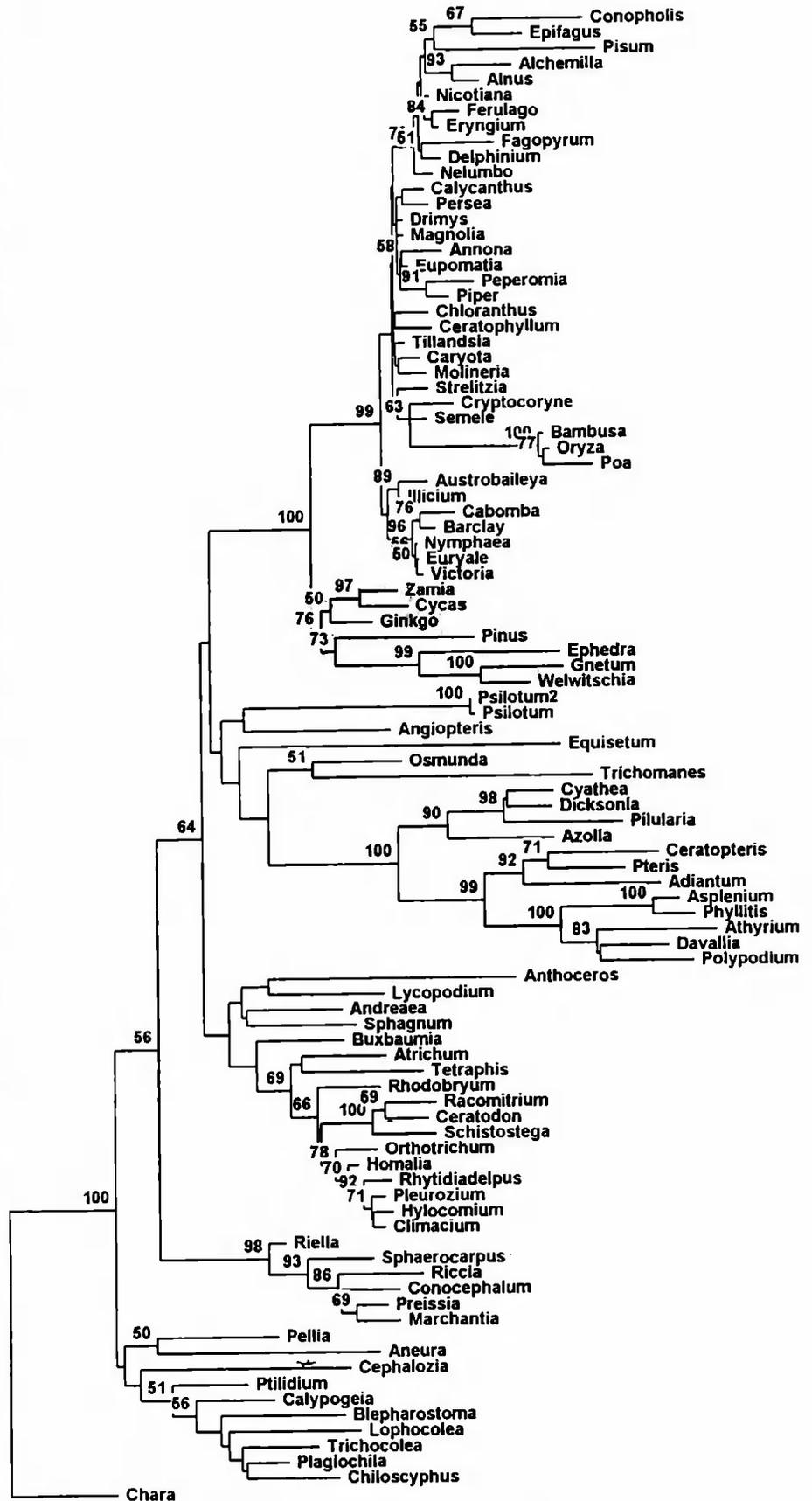
Первоначальная задача была скромнее: на уровне ДНК (или же ее комплементарных копий, молекул РНК) исследовать эволюцию отдельных генов семенных растений и попытаться сопоставить полученные данные с представлениями ботаников об эволюции этой группы. Первыми к решению этой задачи присту-

<sup>1</sup> Антонов А. С. Происхождение основных групп наземных растений // Природа. 1997. №10. С.55—63; Он же. Генетика и геносистематика // Там же. 1999. №6. С.19—26.

пили японские исследователи<sup>2</sup>. К сожалению, при построении филогенетических деревьев изученной ими так называемой 5S рибосомной РНК они исходили из гипотезы молекулярных часов и к тому же применили простой (так называемый кластерный) метод, что делало их выводы недостаточно надежными.

Как известно, на ошибках учатся, и это удобно, если ошибки делает кто-то другой. Мы использовали иной подход: прежде всего последовательно выбирали такие методы реконструкции филогенетических деревьев, топология которых в минимальной степени зависела от недостаточно обоснованных гипотез о механизмах молекулярной эволюции. Существенную помощь на этом этапе нам оказали новосибирские ученые во главе с В.А.Рагнером, которые давно занимались моделированием процессов молекулярной эволюции. Было решено проследить эволюционный путь сначала одного, а потом сразу нескольких генов рибосомных РНК<sup>3</sup>. Не теряли времени и наши зарубежные коллеги: в 1989 г., помимо нашей лаборатории<sup>4</sup> ряд зарубежных опубликовал первые результаты изучения эволюции некоторых генов семенных растений<sup>5</sup>.

Таким образом, к началу 90-х годов мы уже имели представление о самых общих закономерностях молекулярной эволюции покрытосеменных. Как мне представляется, наиболее важным был сделанный нами вывод о монофилии (т.е. о происхождении всей

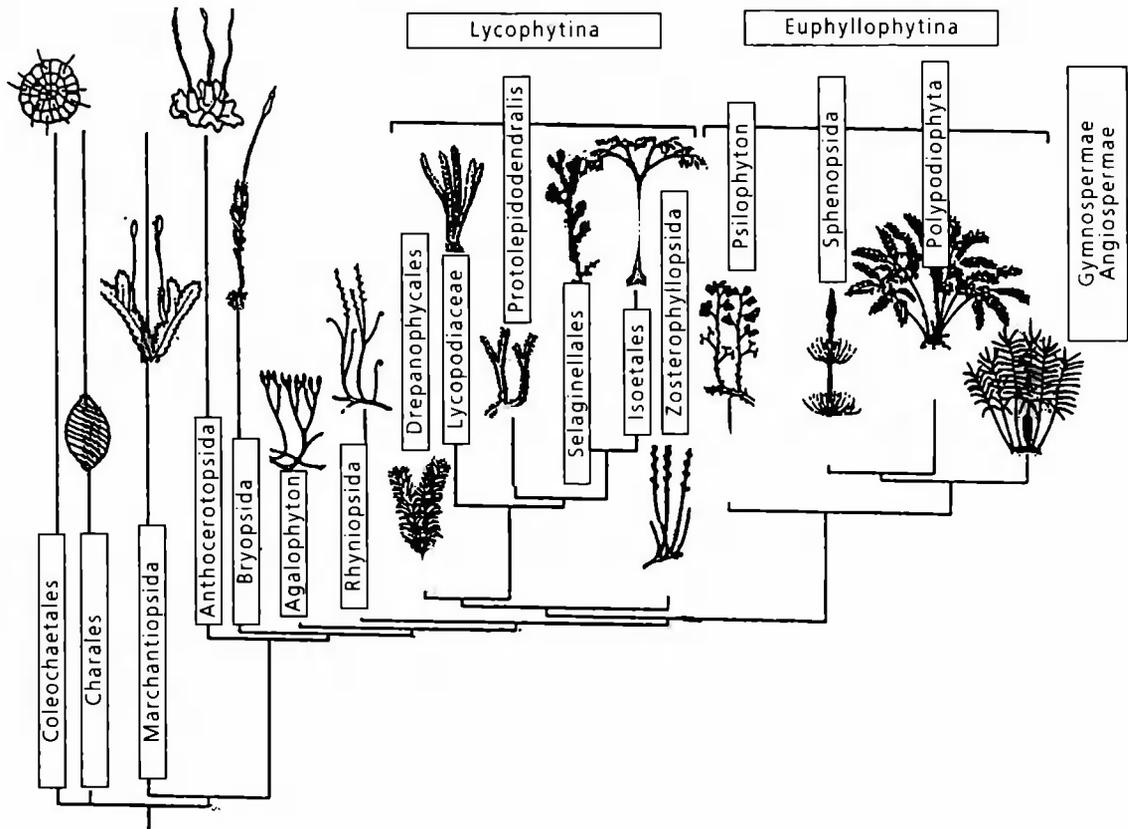


<sup>2</sup> Hori H., Lim B.-L., Osawa S. // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 1985. V.82. P.820—823.

<sup>3</sup> Troitsky A.V. et al. // J. Mol. Evol. 1991. V.32. P.253—261.

<sup>4</sup> Рахимова Г. М. и др. // Молекуляр. биология. 1989. T.23. С.83—841.

<sup>5</sup> Martin W. et al. // Nature. 1989. V.339. P.46—48; Wolfe K.H. et al. // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 1989. V.86. P.6201—6205.



Филогенетические деревья. Слева — один из вариантов, построенных по молекулярным признакам генотипов растений. Числа показывают вероятность (в %) происхождения данной группы видов от единого предка. Справа — схема, отражающая представления ботаников об истории становления основных наземных растений и их взаимосвязи с зелеными водорослями. Указаны как вымершие, так и ныне существующие группы. Видно, что хотя ботаники и молекулярные биологи по-разному оценивают положение некоторых групп, например антоцеротовых, в целом два дерева очень схожи.

группы от какого-то одного гипотетического предка) как голо-, так и покрытосеменных растений. К тому же вскрылось еще одно важное обстоятельство: разделение этих линий произошло *до того*, как сформировались все ныне существующие (и вымершие) группы голосеменных растений. По уточненным данным, событие произошло 360 млн лет назад<sup>6</sup>.

Из палеоботаники известно, что все основные группы голосеменных разошлись в своем эволюционном разви-

тии очень давно и большинство из них существует на Земле сотни миллионов лет (вспомните гинкго!). Значит вывод мог быть только один: «возраст» покрытосеменных гораздо больше, чем это следовало из данных палеонтологии. Тем самым подтверждалась еретическая гипотеза Бултера, а ботаникам пришлось задуматься, стоит ли так безоглядно доверять своим коллегам-палеоботаникам при определении времени расхождения эволюционных ветвей растений.

Впрочем, претензий к палеонтологам быть не может: не находили и не находят они

среди самых древних ископаемых растений ничего похожего на современных покрытосеменных. Разных голосеменных — сколько угодно, а покрытосеменные никаких материальных следов своего существования на Земле с момента отделения от общего предка с голосеменными не оставили. Правда, на последнем Московском совещании по филогении растений (январь 2000 г.) профессор МГУ Н.Р.Меликян, сравнив строение пыльцы современных покрытосеменных и ископаемых спор так называемых семенных папоротников, высказала гипотезу об их частич-

<sup>6</sup> Goremeykin V. et al. // Plant Syst. Evol. 1997. V.206. P.337—351.

ном сходстве. А это как раз та группа, которую считают наиболее вероятным предком покрытосеменных. Этот результат обнадеживает: со временем палеоботаники, по-новому взглянув на ископаемые растения, которых они дружно считали предками современных голосеменных, либо обнаружив новые места, где сохранились их ископаемые остатки, смогут все же выделить группу, с которой в меловом периоде началась бурная эволюция современных покрытосеменных растений.

При всей важности полученных результатов, остается нерешенным один существенный вопрос: почему среди голосеменных виды с замедленной эволюцией фенотипов — явление частое, а среди покрытосеменных они встречаются существенно реже?

Интересно, что данные, полученные геносистематиками, и представления ботаников о ранних стадиях эволюции покрытосеменных в некоторых деталях расходятся. Анализ эволюции самых разных генов указывает, что среди ныне существующих покрытосеменных первыми от общего ствола отделились виды из семейств амборелиевых, нимфейных, иллициевых и ряда других, известных под сборным названием «палеотравы». Справедливо-сти ради отметим, что в истории ботаники давно усматривали много примитивных черт, но часть из них все

же относили к более продвинутому таксонам. Между тем, по результатам молекулярного анализа, лишь после формирования палеотрав от ствола покрытосеменных отделились линии, ведущие к современным магнолиидам и однодольным растениям, а в конечном счете — и к высшим двудольным. Вот эти-то группы и представлены в ископаемом материале, и именно среди них и встречаются современники кистеперых рыб. Назвать их «живыми ископаемыми» мы все-таки не можем: палеонтологи и ботаники описали их очень давно и дружно отнесли к древнейшим покрытосеменным.

Остается надеяться, что в древних слоях Земли со временем будут найдены и ископаемые палеотравы, и это подтвердит выводы геносистематиков о порядке расхождения основных ветвей развития покрытосеменных.

А.Л.Тахтаджян отмечал, что скорее всего «первичный центр происхождения магнолиофитов находился далеко от известных нам мест их фоссилизации (т.е. мест нахождения их ископаемых остатков. — А.А.)»<sup>7</sup>. Он же высказал предположение, что таким центром могли послужить некие острова, располагавшиеся между Гондваной и Лавразией.

В самом деле, обидно, что украшение наших рек и озер,

желтые кубышки и белые водяные лилии — Иваны, не помнящие родства, а фасонистые магнолии могут указать своих родичей вплоть до мелового периода.

С другой стороны, можно пофантазировать, что где-нибудь (скорее всего в весьма ограниченном районе тропиков, прямо связанном своей геологической историей с загадочными островами) ботаники обнаружат покрытосеменные растения, которые можно будет соотнести с ископаемыми остатками домелового возраста. Только тогда с полным основанием мы скажем, что и среди покрытосеменных растений есть «живые ископаемые».

Некоторые находки ботаников допускают такую возможность: нашли же они на о-вах Фиджи удивительное растение — дегенерию, на Мадагаскаре — тахтаджанию, а на Новой Каледонии — амборелу, которую многие молекулярные биологи ставят сегодня у самого корня покрытосеменных растений. Только вот ископаемых, домеловых остатков, которые соотносились бы с этими морфологически примитивными растениями, обнаружить пока не удалось.

**Работа выполнена при поддержке Роснийского фонда фундаментальных исследований. Проект 96-15-97970. ■**

<sup>7</sup> Тахтаджян А. Л. Система магнолиофитов. Л., 1987. С.35.

# Русского астронома помнят в далекой Бразилии

К 100-летию со дня рождения Александра Ивановича Постоева

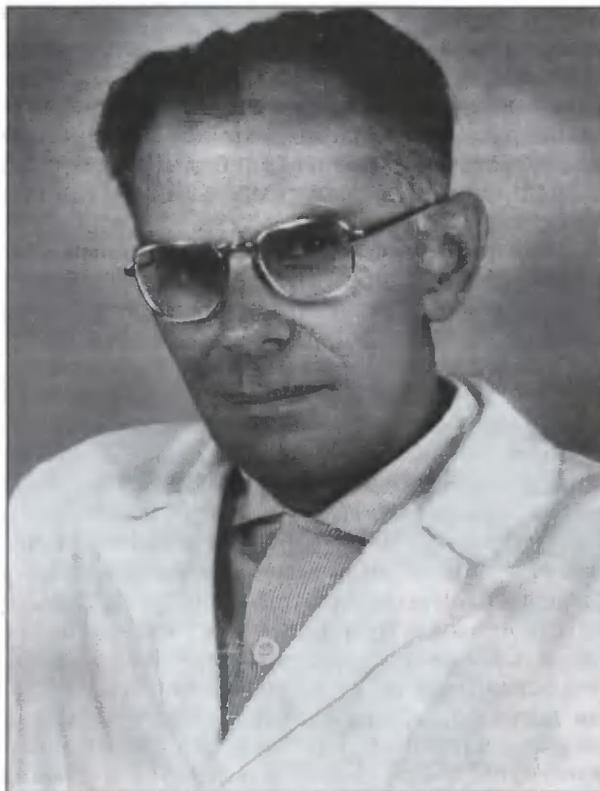
П.М.душ Сантуш, О.Т.Мацуура

*Институт астрономии и геофизики Университета Сан-Паулу  
Бразилия*

## От переводчика

*Несколько лет назад мой давний однокашник по МГУ, а ныне профессор и сотрудник Государственного астрономического института им.П.К.Штернберга Петр Владимирович Щеглов принес мне статью с несколько неожиданным сочетанием, говоря словами Пушкина, «лиц, племен, наречий». Статья была посвящена некогда весьма известному, а затем на долгие годы исчезнувшему из поля зрения своих соотечественников и вычеркнутому из нашей истории астроному Александру Ивановичу Постоеву, в 30-е годы директору Ташкентской обсерватории. Он не был расстрелян в 37-м, не был убит во время войны. Где он? Ходили разные слухи, существовали версии, о которых не принято было рассуждать публично. Скупыми сведениями располагали очень немногие, подробными — никто. И вот у меня в руках жизнеописание Александра Ивановича. Авторы — двое ученых из Бразилии: метеоролог Паулу Маркеш душ Сантуш и астроном-солнечник Оскар Тосиаки Мацуура; написана она по-английски. Их пути пересеклись с нелегкой жизненной дорогой профессора Постоева, в течение многих лет они были его младшими коллегами и отчасти учениками. Как рассказывает Щеглов, передавая ему статью, авторы выразили пожелание донести свои воспоминания об учителе и старшем друге до русского читателя.*

*Статья меня заинтересовала: тема судеб отечественных астрономов на «крутых поворотах» нашей истории мне особенно близка. Работу над переводом удалось начать не сразу, к тому же она потребовала немалых усилий и времени. Я обратилась с рядом вопросов*



*Александр Иванович Постоев.  
Сан-Паулу, 1954 г.*

*к сыну Александра Ивановича — Владимиру (Вадиму) Александровичу (его адрес любезно сообщили авторы) и получила ответ от его жены Татьяны Анатольевны, урожденной Шнээ. Это позволило мне внести уточнения в текст и сделать небольшие дополнения, которые помещены в подстрочных примечаниях. И последнее. Публикация статьи пред-*

© П.М.душ Сантуш, О.Т.Мацуура

ставляется своевременной: в год 100-летия Постоева пора прояснить его нелегкую судьбу и рассказать правду о человеке, в силу обстоятельств покинувшем родину, но оставшемся подлинным русским интеллигентом и патриотом.

**А.И.Еремеева,**

кандидат физико-математических наук  
Государственный астрономический институт  
им. П.К.Штернберга  
Москва

## Путь на Голгофу

Александр Иванович Постоев, сын Ивана и Екатерины Постоевых, родился в Санкт-Петербурге 14 (26) февраля 1900 г. Его отец был военным врачом. Получив среднее образование в родном городе, Постоев в 1917 г. поступил в Харьковский университет. Но вскоре гражданская война прервала его учебу. В 1920 г. он перешел в Петроградский государственный университет, на физико-математический факультет. Изгнанный по подозрению в сочувствии к белогвардейцам, он все же в 1925 г. окончил университетский курс, получив специальность астронома.

Разговаривая со своими бразильскими коллегами, профессор Постоев обычно бывал сдержан, когда касался прошлой жизни. Но любил вспоминать об одном эпизоде, определившем его жизненный выбор. Как-то ночью — ему было тогда 10 лет — его разбудил отец и показал большую комету. Мальчика так поразило это зрелище, что он решил стать астрономом. Поскольку он отмечал, что комета была видна и днем, то, вероятно, речь шла о большой комете 1910 I, имевшей намного более впечатляющий вид, чем знаменитая комета Галлея, которую наблюдали в том же году.

После защиты диплома Постоев в течение трех лет проходил аспирантуру в Институте теоретической астрономии в Ленинграде. Среди других аспирантов этого института можно назвать, например, Н.Ф.Боеву (небесный механик), П.П.Добронравина и В.А.Амбарцумяна (астрофизики).

В конце 1928 г. Постоева пригласили в Ташкентскую астрономическую обсерваторию (ТАО), вскоре он стал заместителем директора по научной части, а в 1935 г. — директором. Как специалист в астрометрии и геодезии Постоев приложил немало усилий для организации в ТАО современной Службы времени, которая вскоре вошла в сеть пятнадцати ведущих, действовавших под руководством Международного бюро времени при Парижской обсерватории. Одновременно он преподавал в Ташкентском университете.

Революция в России отменила ученые степени и звания. Но в 1935 г. их снова стали присуждать, и Постоев получил степень кандидата физико-математических наук. В том же 1935 г. он был избран членом Международного астрономического союза (МАС).

Неожиданно 1 марта 1936 г. началась его Голгофа. Сам он позднее (по сведениям Р.Маккатчена) так рассказывал об этом: «В начале 1936 г. моя карьера внезапно оборвалась: я был арестован, обвинен в принадлежности к контрреволюционной группе (воображаемой) и в «контрреволюционных замыслах» и без какого-либо легального судопроизводства отправлен в концентрационный лагерь»<sup>1</sup>.

К началу 1937 г., по словам того же Маккатчена, бесследно исчезли две трети штата Ташкентской обсерватории. В.П.Щеглов (отец П.В.Щеглова. — А.Е.) был единственным счастливецом, кто вернулся и стал в 1941 г. ее директором.

Постоев провел три с половиной года в концлагере на Северном Урале, работая топографом и метеорологом. Ссылку он отбывал на реке Иркуте. Его жене с 10-летним сыном было запрещено проживать в столице Узбекистана, и она вернулась к родителям в Полтаву. В 1934 г. в Ленинграде был арестован младший брат Постоева Константин, захваченный волной репрессий после убийства Кирова. Он также отбывал ссылку в Сибири и тоже на Иркуте, вплоть до начала войны 1941 г., затем оказался в Полтаве и попал в оккупацию. Позже с семьей возвратился в Ленинград, где ныне проживает его дочь Татьяна<sup>2</sup>.

Истинные причины смещения и ареста Постоева все еще не раскрыты. Авторам настоящей статьи в минуты особо доверительных бесед доктор Постоев говорил, что мог стать жертвой соперничества внутри обсерватории и пострадать от кого-нибудь из своих же сослуживцев. В конце 39-го (или в 40-м) он был освобожден, однако без права вернуться в Ташкент. Ему не удалось найти ничего лучшего, чем должность преподавателя астрономии и геофизики на полставки в Полтавском педагогическом институте.

На ассамблее Международного астрономического союза в Копенгагене в 1946 г. советская делегация исключила имя Постоева из списка членов этого союза, представивших СССР, с пометкой: «Он ушел с немцами».

Действительно, после того, как германская армия в 1941 г. заняла Полтаву, Постоев два тя-

<sup>1</sup> Цит. по: McCutcheon R. A. The Purge of Soviet Astronomy: 1936 — 37 with a Discussion of its Background and Aftermath / Master of Arts Thesis in Russian Area Studies. Washington, 1985.

<sup>2</sup> Оставшиеся в Полтаве родители Александра Ивановича, как написала Т.А.Постоева, «были расстреляны по неизвестной причине в 1945 (46?) г.». — *Примеч. перев.*



*Семья Ивана Яковлевича Постоева. Полтава, 1942 г. Справа от него сидят: Екатерина Ивановна и их сын Александр Иванович. Слева — Нина, жена младшего сына Константина, с дочерью Татьяной. Во втором ряду: Константин Иванович, 16-летний сын Александра Ивановича Владимир (Вадим) и его мать, Любовь Григорьевна Постоева (урожденная Гулий).*

желых года находился в оккупации, работая школьным учителем. В 1943 г. он добровольно уехал простым рабочим в Германию, забрав с собой жену и 17-летнего сына Владимира. Конец войны они встретили как «перемещенные лица» в американской зоне оккупации. Правительства Великобритании и США согласились с требованием советского правительства о репатриации (в том числе и принудительной) перемещенных советских граждан. Это привело, по слухам, к многочисленным случаям самоубийства. Многие предпочитали умереть, нежели вернуться в Советский Союз. Они знали, что их ожидает либо казнь, либо длительное тюремное заключение.

В страхе перед неминуемой расправой Постоев написал профессору Харлоу Шепли (в то время сотруднику Морской обсерватории США) и умолял его о помощи: «Перемещенные лица, нелюбимые никем и ненавидимые немцами, рассматриваются в некоторых документах как «фашисты или просто уголовники» только потому, что они не хотят вернуться в свои страны и обременяют армию США и UNRRA<sup>1</sup>. Самое тревожное — это растущая опасность принудительной репатриации, которая означает для нас либо смерть, либо сно-



*С сыном Владимиром (Вадимом). Ташкент, 1927 г.*

<sup>1</sup> United Nations Relief and Rehabilitation Administration — Комиссия Объединенных Наций по вопросам помощи и восстановления в правах. Действовала в 1943—1947 гг. — *Примеч. перев.*

ва непосильную работу в отдаленном концлагере. Я никогда не откажусь от надежды на лучшее будущее и на возврат к моей науке, но сейчас я готов выполнять любую работу, будь она самой скромной, в любой части мира, но в свободной стране»<sup>4</sup>. А вот цитата из другого письма, 1945 г.: «Некоторым германским ученым, насколько я знаю, в настоящее время предлагается выехать в США, чтобы развивать свои изобретения для уничтожения в будущем человечества. Имеет ли хоть какие-то шансы чистая наука?»

Между 1945 и 1950 гг. Постоев выполнял различные административные поручения для Международной организации по проблемам беженцев. Директор лагеря, где он содержался, писал в Фонд Толстого в Нью-Йорке с просьбой подыскать для него место в Соединенных Штатах: «Мы уверены, что доктор Постоев наиболее выдающаяся личность из всех, кого мы встречали в нашем общении с тысячами перемещенных лиц. Его манеры мягки, его поведение в высшей степени благородно. Он приветлив, наделен здравым смыслом и твердыми взглядами...»

Однако все усилия таких высоких авторитетов в астрономии, как Харлоу Шепли, Отто Струве, равно как и Фонда Толстого, получить разрешение для переезда Постоева в США не имели успеха. По своему профессиональному профилю он более всего подходил для Морской обсерватории США, но она была закрыта для неамериканских граждан. Доктор Шепли подыскал ему место картографа в Институте Ирана, который возглавлял его брат Джон Шепли, но и этот план провалился. Наконец, в 1948 г. Шепли специально для Постоева организовал место вычислителя в колледже Гарвардской обсерватории. Казалось, все улаживалось.

Но когда он обратился в 1949 г. за американской визой, ему без объяснений вернули паспорт. Он подал апелляцию, но отказ был подтвержден. Ему сказали, что «сведения, на основании которых принято такое решение, секретны и по закону не могут быть сообщены». Весьма возможно, это было связано с тем, что США захлестнула тогда волна маккартизма и антикоммунистической паранойи. Сам Харлоу Шепли нажил себе врагов в Вашингтоне за свое противостояние этой тенденции. Возможно, что и Комиссия США по перемещенным лицам видела в Постоеве потенциального советского агента. Ирония состояла в том, что в 1936 г. он был осужден без всякого разбирательства в Советском Союзе как якобы правоуклонист и контрреволюционер. И вот теперь, в 1949 г., ему приклеивали ярлык ком-

муниста! В 1951 г. переписка между Постоевым и Харлоу Шепли оборвалась.

В своей магистерской диссертации (на которую авторы статьи неоднократно ссылаются) Маккатчен утверждал, что доктору Постоеву «так никогда и не удалось вернуться в астрономию. Быть может... Постоев закончил свои дни в Южной Америке как топограф, или, быть может, он и его семья переехали в какой-нибудь иной отдаленный уголок земного шара. Быть может, он умер в Германии, как человек, сломленный абсолютной невозможностью уехать».

## Следы ведут в Бразилию

В действительности в 1952 г. Постоев вместе с семьей перебрался в Бразилию. Дополнительным обстоятельством в пользу такого решения стала снисходительность медицинской инспекции Бразильской иммиграционной службы. Жена Постоева страдала хромотой, и это вызывало опасение, что ее откажут принять в другую страну<sup>5</sup>.

Прибыв в Рио-де-Жанейро, Постоев попытался получить должность в Национальной обсерватории. Директором ее был Л.Гама. Стесненный финансовыми лимитами института, он не смог предложить подходящего жалования, но посоветовал предпринять другую попытку — обратиться в Институт астрономии и геофизики Университета Сан-Паулу, где директором был доктор Алипио Леме де Оливейра.

В феврале 1952 г. Постоев был принят как астроном в штат института (который в обиходе называли Обсерваторией Сан-Паулу). Эта обсерватория была расположена в 20 км к югу от деловой части города, напротив Зоопарка, близ Ботанического сада, и ее территория входила в зеленую зону, известную как Парк штата Сан-Паулу. В наши дни там, где находилось прежнее здание обсерватории, ныне снесенное, проходит фешенебельная Паулиста-авеню. В 50-е же годы обсерваторский комплекс имел идиллический вид. Художественная отделка фасадов зданий, обилие геометрической формы садов — все это было заслугой директора обсерватории доктора Оливейры. Сегодня зеленая зона парка поглощена буйством города: прежний Сан-Паулу соединился с соседними городами и образовался один Большой Сан-Паулу с 19-миллионным населением. В 1990 г. было торжественно открыто новое здание Института астрономии и геофизики в университетском городке, расположенном к западу от города.

<sup>5</sup> Любовь Григорьевна Постоева, урожденная Гулий, получив дистрофический артрит после тяжелых работ в Германии, вынуждена была ходить, опираясь на палку, до конца жизни. — *Примеч. перев.*

<sup>4</sup> Цит. по: McCutcheon R. A. The Purge of Soviet Astronomy.

Когда Постоев приехал в Бразилию, он уже владел, помимо русского, английским, немецким и французским языками. В институте у него была возможность беседовать на английском лишь с некоторыми молодыми метеорологами (в их числе был и один из авторов статьи, П.Маркеш душ Сантуш), прежде служившими в воздушных силах Бразилии; на немецком и на «детском русском», как он выражался, — с фотографом Максимилианом Кенигом, австрийским гражданином родом из России; на французском — с директором Оливейрой. Чтобы расширить возможности общения, Постоев стал изучать португальский язык и всего за несколько месяцев научился правильно говорить и писать. В ответ на восхищение бразильцев он объяснял, что, если владеешь четырьмя языками, обучение пятому не составляет проблемы.

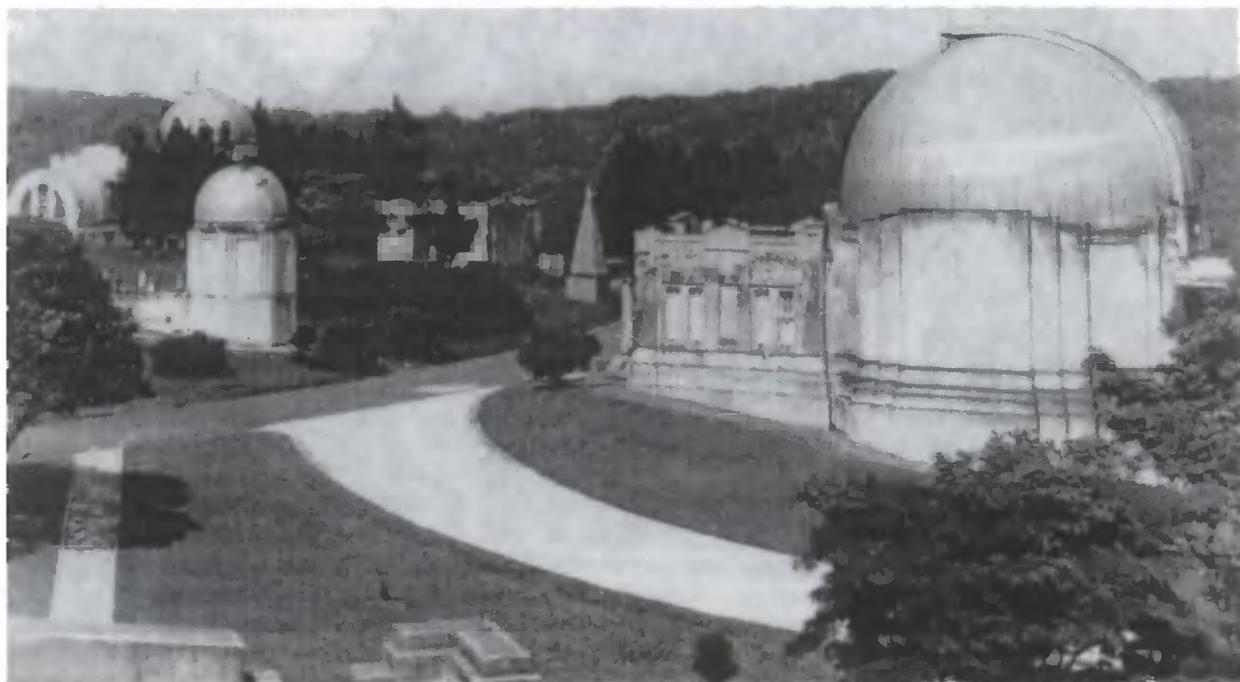
Русский астроном решил поселиться в Бразилии навсегда. Он снимал очень скромный дом, но любил говорить, что именно с этим домом связано самое счастливое время его жизни. В 1955 г. новый директор института Абрахао де Мораеш поручил профессору Постоеву возобновить прерванное в 1938 г. издание «Астрономического ежегодника Обсерватории Сан-Паулу», которым он занимался вплоть до своей кончины.

В те дни единственной достаточно хорошо поставленной работой в институте был рутин-

ный сбор данных на Метеорологической станции. Правда, в отдельные ночи директор Оливейра (по образованию инженер) поднимался к цейссовскому рефрактору, чтобы сделать несколько фотографий. В течение многих лет он был единственным наблюдателем.

Следует добавить, что в институте имелась также крайне упрощенная Служба времени, которая располагала лишь радиопередатчиком, чтобы посылать сигналы точного времени для населения. В 1949 г. началась публикация «Ионосферного бюллетеня», обеспечивавшего прогноз радиосвязи, в чем тогда были остро заинтересованы гражданские авиакомпании, военные департаменты и радиолюбители.

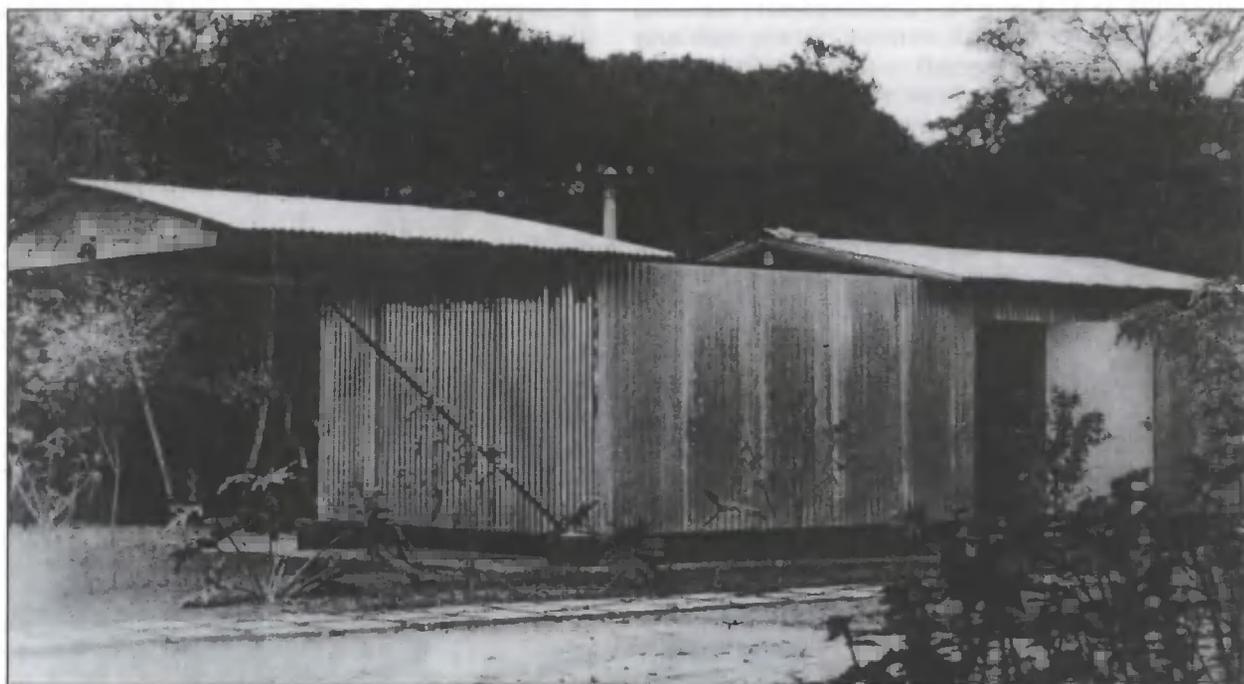
В 1954 г. в дирекцию поступило циркулярное письмо от организаторов Международного геофизического года (МГГ), согласно которому институты Бразилии включались в число участников мероприятия. Перед Постоевым впервые открылись перспективы для выработки полноценной астрономической программы исследований. Вместе с директором Мораешом он отправился в Рио-де-Жанейро на конференцию по подготовке МГГ в Западном полушарии. Благодаря настойчивости Постоева (и вопреки осторожности доктора Мораеша) было достигнуто соглашение о включении Института астрономии и геофизики Университета Сан-Паулу в международную программу «лунных положений» (ею руководил У.Маркович из Морской



*Вид части Обсерватории Сан-Паулу (ныне Обсерватории им.Александра Постоева) в 60-е годы.*



*Целостат и построенный Постоевым павильон для спектрогелиографа Хейла.*



*Павильон для астролябии Данжона, сооруженный Постоевым.*

обсерватории США), которая была задумана как часть общей широтно-долготной программы МГГ. В ней использовались новые технические средства, такие как фотографические зенитные телескопы, астролябия Данжона, кварцевые часы и т.д. Цель программы заключалась в том, чтобы установить с большей точностью географические координаты обсерваторий, усовершенствовать методы определения времени, исследовать неравномерность вращения Земли, исправить неточности звездных каталогов и выявить источники возникновения ошибок. А Луна была просто одной из опорных точек триангуляции для определения географических координат.

Благодаря авторитету профессора Постоева, институт в Сан-Паулу впервые за свою историю получил возможность принять участие в международном астрономическом проекте.

Систематические наблюдения начались в июле 1958 г. и закончились только в 1968 г. В этой программе один из авторов статьи (П.Маркеш душ Сантуш) сотрудничал с Постоевым в качестве наблюдателя. В результате в Морскую обсерваторию США было отправлено 1500 пар проявленных пластинок. Количество наш Институт астрономии и геофизики оказался близок к мировому рекорду, уступив лишь трем обсерваториям на территории США (в Вашингтоне, Сан-Диего и на Гавайях). Качество пластинок было оценено очень высоко, о чем свидетельствуют строки из письма Марковича к Постоеву: «Проверив эти результаты, мы нашли, что одной из лучших серий наблюдений была серия, полученная из обсерватории в Сан-Паулу».

Постоев всегда подчеркивал важность основных правил и методов при решении вычислительных задач и анализе данных. С этой целью он, в частности, организовал распечатку репродукции компактной русской таблицы логарифмов, сделав ее цветной и удобной в обращении.

Поскольку программа «лунных положений» была включена в план работы Института астрономии и геофизики, Постоев в 1959 г. расширил возможности солнечных наблюдений, для чего построил новый павильон для солнечного целостата, действующего в горизонтальном положении. Следуя оригинальному проекту Дж.Хейла, он изготовил точную копию спектрогелиографа, который прекрасно работал вплоть до 1978 г. С его помощью можно было следить за пятнами, протуберанцами и волокнами в линиях Н-альфа и за флоккулами в К-линии ионизованного кальция. В течение нескольких лет солнечные данные получали ассистенты и члены студенческого сообщества обсерватории. Эта деятельность была стимулирована МГГ, хотя и не входила в официальную

часть программы. Авторы этих строк помнят, как Постоев иногда стремительно выбегал, тяжело дыша (он страдал астмой), из павильона целостата, чтобы пригласить их посмотреть на ход солнечной вспышки.

Впоследствии спектрогелиограф был разобран и передан во временное пользование Центру радиоастрономии при университете Маккензи (подчиненном тогда Национальной обсерватории Бразилии). Его предполагалось использовать на радиообсерватории в Атибае для мониторинга солнечной активности. Но он так и не был там установлен. В конце концов в сентябре 1981 г. он был возвращен в Сан-Паулу, но, к сожалению, уже не мог быть собран и здесь, поскольку павильон претерпел модификацию и его заняли под другие геофизические исследования.

Для полноты картины следует добавить, что в течение МГГ Институт астрономии и геофизики участвовал и в приеме радиосигналов от советских и американских искусственных спутников. Сигналы от первого спутника были получены на волне 20 МГц. Кстати, русским читателям определенно приятно будет узнать, что ракета-носитель первого спутника наблюдалась 20 ноября 1957 г. в 19 час 09 мин в Сан-Паулу Маркешем душ Сантушем как звезда 1<sup>м</sup>, оставаясь видимой в течение примерно 1 мин.

В день своего 60-летия в 1960 г. Постоев пригласил своих коллег к себе домой, где устроил им настоящее русское угощение. Во время генеральной ассамблеи МАС в 1961 г. в Беркли он был принят в члены этой организации от Бразилии. В тот год наш институт посетили французские астрономы и проявили интерес к его астрометрической станции Службы времени и широты, поскольку она заполняла брешь в сети Международного бюро времени. Постоев был весьма тронут пожеланиями, высказанными на генеральных ассамблеях МАС в Москве (1958) и в Беркли (1961), — чтобы Институт астрономии и геофизики Университета Сан-Паулу организовал астрометрическую станцию для сбора данных с высочайшей (достижимой тогда) точностью. В связи с этим созрела идея приобрести для института астролябию Данжона.

В 1962 г. Постоев провел месяц у Андре Данжона в Парижской обсерватории и по возвращении в Бразилию начал строить навес для астролябии из волнистых алюминиевых листов на открытой площадке позади обсерватории. Но доставка астролябии, уже купленной институтом, задерживалась. Тогда Морская обсерватория США предоставила институту во временное пользование свою астролябию Данжона, которая и была установлена под упомянутым навесом. Вместе с электронным хронографом Бейлина (Belin) и кварцевыми часами



*Во время посещения У.Марковичем Института астрономии и геофизики. Октябрь 1962 г. На переднем плане справа налево: А.Постоев, У.Маркович и Абрахао де Мораеш. На заднем плане — П.М.душ Сантуш.*

Хьюлетт-Паккард, снабженными Салцеровским стандартом частоты, она действовала с 1962 по 1964 г. (пока не прибыла, наконец, астролябия, заказанная во Франции), подготавливая, таким образом, вхождение Обсерватории Сан-Паулу в разряд современных астрометрических станций, подобных которым ранее не было на пространстве всего Южного полушария.

В 1964 г. состоялась поездка Постоева на ассамблею МАС в Гамбурге. С 1964 по 1970 г. он участвовал в двух важных международных программах, а именно: в Международной службе движения полюса и в Международном бюро времени.

12 ноября 1966 г., около полудня, тень полного солнечного затмения захватила крайний юг Бразилии. Это событие привлекло сюда, помимо бразильских астрономов, несколько экспедиций из США, Голландии и Италии. Хорошо понимавший его научное значение, Постоев

подготовил специальное дополнение к «Астрономическому Ежегоднику», содержащее астрономические карты и метеорологическую информацию. Один из авторов (О.Т.Мацуура) был тогда начинающим астрономом. Именно благодаря этим материалам он и узнал о профессоре Постоеве. Когда Мацуура приехал из университета Маккензи в августе 1972 г. на год для стажировки в Сан-Паулу, то работал в одной комнате с Постоевым.

В начале 60-х годов возникла необходимость построить новую астрометрическую станцию в местности с лучшим астроклиматом. Выбор пал на холмистый район в городке Валиньос (Valinhos), в 50 км к северо-западу от Сан-Паулу, где в 1972 г. открылась новая обсерватория, названная именем Абрахао де Мораеша, скончавшегося в 1971 г. В ней были установлены меридианный круг и астролябия Данжона.

Сегодня эта станция занимается только астрометрическими наблюдениями. Она построена на скальном грунте — особенность, которая была заранее предусмотрена для того, чтобы обеспечить устойчивость меридианного круга. Постоев не был согласен с таким выбором, предпочитая нормальную почву. Но после ухода в 1972 г. в отставку по возрасту он уже не мог активно защищать свои идеи.

Чтобы иметь право на пенсию, нужно было стать гражданином Бразилии. Постоев колебался, его обуревало болезненное чувство, что таким образом он будет окончательно отрезан от своих российских корней. Долгие годы, до 1969 г., он вообще не имел никакого официального гражданства.

Уйдя на пенсию, Постоев оставался членом Национального исследовательского совета. Это позволило ему продолжать работу по подготовке «Астрономического ежегодника», что он делал до самой своей смерти — 21 июля 1976 г.

После того как Постоеву в 1975 г. была произведена операция по поводу катаракты обоих глаз, ему так и не удалось восстановить свое здоровье, а диабет еще ухудшил дело. Он потерял жену еще в 1962 г. и жил один в доме. Однажды он упал на улице и сломал шейку бедра. После операции его перевезли в дом сына. Там он отказывался принимать пищу и настолько ослабел, что снова был помещен в госпиталь. По мнению друзей и коллег, он имел физические возможности выжить, но, против всех ожиданий, два месяца спустя умер. Терзаемый будущим, нетерпимый к себе, он не желал находиться в зависимости от других. Медицинские сестры находили у него лекарства, тщательно спрятанные под простынями. В самые последние дни профессор А.И.Постоев утратил способность говорить по-португальски и говорил со всеми только по-русски. Его прах был поме-

шен в семейном склепе на кладбище Кампо Гранде в Сан-Паулу.

Постоев умер бедным, но всегда сохранял благородное достоинство. Со времени своего приезда в Сан-Паулу он жил в одной и той же квартире. Его единственным личным имуществом были книги, которые он завещал авторам этой статьи.

Если сегодня созданное в 70-х годах Отделение астрономии в Институте астрономии и геофизики Университета Сан-Паулу стало ведущим астрономическим учреждением в Бразилии, то это заслуга профессора Постоева. Быть может, для его карьеры было бы лучше, если бы он оказался в Соединенных Штатах Америки. Но судьба привела его в Сан-Паулу, где он заложил основы астрономических исследований в то время, когда в Бразилии не было ни одного астронома с необходимым специальным образованием.

16 сентября 1976 г. собрание Института астрономии и геофизики Университета единодушно одобрило предложение присвоить Астрономической обсерватории Сан-Паулу (астрономическому отделению Института) имя Александра Постоева.

## Портрет на фоне Обсерватории Сан-Паулу

Александр Иванович Постоев был худ и высок, голова его имела V-образную форму, а верх очков выделялись типично славянские широкие брови. В одежде он сочетал элегантную простоту с удобством. Ненавидел галстуки. Был исключительно аккуратен. Во время работы снимал пиджак и надевал белый передник. У него была типичная внешность учителя. Чего он никогда не допускал, так это небрежности в одежде.

Одно время его транспортом от дома до обсерватории служил моторизованный велосипед, с которым он долго не желал расставаться. Позже пользовался автобусом. Каждое утро он появлялся в своем офисе запыхавшимся (из-за астмы), поскольку ему приходилось взбираться на обсерваторский холм, и начинал свой день с регулирования звездных часов. Образцовый профессионал, искусный астрометрист-наблюдатель, он был еще и прирожденным педагогом и передавал свое мастерство молодым студентам и техникам. Во время ночных наблюдений он мог работать лишь первые два

или три часа: высокая влажность могла вызвать у него приступ астмы. Он был искусен и в механической, и в оптической, и в вычислительной работах. С радостью взял на себя обязанности общения с широкой публикой, отвечал на письма от любителей и принимал посетителей в своем офисе.

Постоев сохранил свою типично русскую открытость. Способность к полной откровенности очень располагала к нему, но людей, привыкших к западным стандартам, это иногда шокировало.

В деловой части города были две большие русские библиотеки Рубанова и Розова и Русская книжная лавка последнего. Постоев частенько заходил туда по субботам и стал другом их владельцев, через книжный магазин Успенского он выписывал большое количество советской научной литературы. Но в других попытках сближения с соотечественниками редко добивался успеха. Однажды его сын узнал на улице одного из артистов Московского цирка и, взволнованный, обратился к нему по-русски. Но это привело лишь к тому, что человек... побежал прочь и исчез в толпе. Во время генеральной ассамблеи МАС в Гамбурге советские делегаты явно избегали Постоева. Тем не менее во время ассамблеи МАС в Праге один советский астроном решил подойти к директору Института астрономии и геофизики доктору Мораешу и отрекомендовал своего бывшего коллегу как очень квалифицированного и компетентного астрометриста. Возможно, сам Александр Иванович так никогда и не узнал об этом эпизоде. Но он вернулся после ассамблеи полный энтузиазма, поскольку все-таки смог поговорить там с некоторыми советскими астрономами.

Съезд КОСПАР (Международного комитета космических исследований) в Сан-Паулу в 1974 г. был для Постоева последним удобным случаем пригласить к себе соотечественников-астрономов и выразить восхищение успехами советской космической программы (пятеро из них приняли приглашение, один, бывший соученик по Университету, отказался).

Вопреки всему, что ему пришлось пережить в Советском Союзе, Александр Иванович Постоев навсегда сохранил в своем сердце глубокую любовь и привязанность к русским людям и русской культуре.

© Перевод с английского и комментарии  
А.И.Еремеевой ■

**Астрофизика**

**Квazar-рекордсмен:  
красное смещение 5.82**

Судя по спектру самого далекого из объектов Вселенной, обнаруженного на сегодня астрономами, это — галактика с очень активным ядром, или квазар. О колоссальном расстоянии до него говорит красное смещение линий в спектре ( $z = 5.82$ ), вызванное эффектом Доплера; оно тем больше, чем быстрее удаляется от нас объект, а скорость удаления, согласно закону Хаббла (закону расширения Вселенной), тем больше, чем он от нас дальше.

Предыдущий рекордсмен по удаленности — квазар, обнаруженный в 1999 г. Э.Ху (E.Hu) и ее коллегами, — имел красное смещение 5.7. Новый объект не на много дальше, но здесь дело в принципе: он был найден уже в самом начале реализации большого проекта, получившего название Слоановский цифровой обзор неба (Sloan Digital Sky Survey). Глубокое обследование всего неба осуществляется на высокогорной обсерватории Ачапе-Пойнт в штате Нью-Мексико (США). В процессе обзора впервые без использования фотопластинок будет получено изображение всех областей неба в пяти спектральных диапазонах, т.е. зарегистрировано более 100 млн астрономических объектов. Их изображения будут передаваться на память компьютера непосредственно с электронного приемника света (мозаика из 30 ПЗС-матриц) по мере поступления. Каждую ясную ночь память машины накапливает 200 ГБ бесценных данных о Вселенной. Хотя главный инструмент — автоматический 2.5-метровый телескоп — еще находится в стадии отладки, открытия уже идут потоком<sup>1</sup>.

Сам этот телескоп не в состоянии исследовать каждый объект в отдельности: его задача — непрерывно осуществлять обзор неба. По его данным, которые анализируются в режиме on-line, выявляются необычные источники, перспективные для более глубокого исследования. Далекие квазары с очень большим красным смещением имеют характерный красный цвет, который и помогает сразу обнаруживать такие объекты. Затем на них направляют более мощные телескопы и получают спектры. Именно так группа под руководством М.Тёрнера (M.Turner), используя в качестве спектрографа 10-метровый Оптический телескоп им.Кека, и нашла самый далекий квазар. А тем временем 2.5-метровый Слоановский телескоп обнаружил еще несколько перспективных объектов.

Похоже, новый рекордсмен недолго останется на пьедестале: астрономы обещают в ближайшее время найти квазары с красным смещением  $z > 6$ . И это не пустая погоня за рекордами, а попытка проверить две важнейшие астрономические теории. Космологи утверждают, что далекие объекты земляне видят такими, какими они были в эпоху ранней молодости Вселенной, сразу после их рождения. А гигантское энерговыделение квазаров астрофизики объясняют присутствием в ядре галактики очень массивной черной дыры, для роста которой требуется немало времени. Когда же она могла вырасти, если галактика молодая? И чем больше красное смещение квазара, тем сильнее это противоречие. А противоречия, как известно, — двигатель науки.

Press Release SDSS (Sloan Digital Sky Survey) 00-01. 13 April 2000 (США).

<sup>1</sup> См. в Интернете по адресу <http://www.sdss.org>.

**Метеоритика. Техника**

**«Номад» — робот,  
собирающий метеориты**

Базируясь на антарктической научной станции Сёва, полевая партия Центра по исследованию метеоритов Японского национального института полярных исследований за пять месяцев 1998—1999 гг. собрала в горах Ямато (71°30' ю.ш., 35°40' в.д.) и Бельжика (72°35' ю.ш., 31°15' в.д.) 4 000 метеоритов. В планах новой экспедиции поиск метеоритов намечается в районе фирнового поля Уолкотта (84°23' ю.ш., 162°40' в.д.), расположенного между ледниками Бирдмор и Ло. По мнению специалистов, большая удача ждет ее участников на горных хребтах Джоолоджист (82°30' ю.ш., 15°30' в.д.) и Миллера (83°15' ю.ш., 157°00' в.д.)

22 января 2000 г. в Антарктиде начал самостоятельно работать «Номад» («Nomad») — «разумный» робот, создание которого велось при поддержке НАСА. Впервые специалисты дали роботу право принимать решения на месте и выполнять обработку информации.

«Номад» — автономный аппарат массой в 725 кг, обеспечен-



Робот «Номад».

ный программой искусственного интеллекта. Он перемещается по ледниковому покрову и различает выходы пород по их темному цвету. С помощью камеры высокого разрешения, спектроскопического анализатора и металлоискателя «Номад» оценивает: обнаружил ли он метеорит, или этот объект иного, земного происхождения. Когда робот «убеждается» в подлинности находки, он по радио сообщает свои координаты на командный пункт.

«Номад» оказался везунчиком: нашел метеорит в первый же день работы.

Antarctic. 2000. V.17. №2. P.28 (Новая Зеландия); Sciences et Avenir. 2000. №637. P.30 (Франция).

## Физика

### Российские технологии — мировой науке

Недавно г.Обнинск первым в России получил официальный статус наукограда; этот статус определен высоким уровнем работ обнинских ученых, которые, помимо всего прочего, выиграли конкурс на участие в реализации международного проекта по созданию на территории Швейцарии и приграничного района Франции самого мощного в мире ускорителя — Большого адронного коллайдера (Large Hadron Collider — LHC) с четырьмя крупными детекторами<sup>1</sup>. Общая стоимость проекта 20 млрд долл. США. Заказы на некоторые элементы строящегося ускорителя выполняет Государственный научный центр РФ — обнинское научно-производственное предприятие «Технология».

Генеральный директор ОНПП «Технология» профессор А.Г.Ромашин рассказал, что их заказчик — Европейская организация по ядерным исследованиям (ЦЕРН, Женева). Это крупнейший в мире исследовательский центр в обла-

сти физики элементарных частиц, в работе которого участвуют более 500 организаций из 80 стран. В распоряжении Центра самый мощный на сегодня электрон-позитронный ускоритель — LEP (Large Electron-Positron collider)<sup>2</sup>, длина пути в котором составляет почти 27 км, а энергия столкновения частиц достигает 200 ГэВ, что позволяет исследовать структуру материи в масштабе  $10^{-18}$  м. Новый же ускоритель (LHC) обеспечит столкновение протонных пучков с энергией частиц в системе центра масс вплоть до 14 ТэВ. Столь гигантские энергии отвечают условиям, в которых находилась Вселенная сразу же после Большого взрыва — всего лишь через  $10^{-12}$  с после него. Температура материи тогда превышала  $10^{16}$  °С.

Регистрацию столкновений (с предполагаемой скоростью счета до 800 млн событий в секунду) будут осуществлять на LHC четыре высокоточных детектора. Один из них — ATLAS — предназначен для исследования протон-протонных пучков. Это огромное инженерное сооружение (массой ~15 000 т, длиной 20 м) будет расположено под землей, как и все кольцо LHC. Миллионы измерительных каналов детектора должны фиксировать информацию о массе, заряде, импульсе и траектории тех частиц, которые образуются в ходе столкновений. К конструкционной жесткости материалов и точности при изготовлении деталей предъявляются очень высокие требования: допустимы лишь микронные перемещения под многотонной нагрузкой.

В создании детектора ATLAS принимают участие 35 стран. Из большого числа предложенных материалов предпочтение было отдано конструкциям из углепластиков (углеродноволокнистых композитов), разработанных специалистами ОНПП «Технология» для аэрокосмической техники.

Конструкции из этих материалов с успехом применены на корабле многоразового использования «Буран», на тяжелых ракетах-носителях «Рокот» и «Протон-М», на суперсовременном истребителе С-37 «Беркут» с крыльями обратной стреловидности. Из углепластиков в Обнинске были изготовлены также элементы зеркала и трубчатого каркаса большого космического радиотелескопа (в рамках международной программы «Спектр-Радиоастрон») и монтажная платформа для размещения приемно-передающей аппаратуры космических спутников связи «Купон», заказанных Центробанком России.

В настоящее время в Обнинске из углепластика изготавливаются элементы секций опорных кольцевых рам, с помощью которых будет обрабатываться технология сборки модулей детектора ATLAS. Заготовка секции — это плита толщиной более 20 мм, которую получают выкладкой по специальной технологии почти 200 слоев ленты из углеродной ткани. Лента пропитана смолой и в каждом слое имеет заданное направление ориентирования углеродных волокон — таким образом достигается требуемая жесткость вдоль всех элементов рамы. Их деформации не должны превышать 50 мкм в радиальном направлении и 1 мкм в кольцевом!

Температурный режим формирования плиты оптимизирован так, чтобы свести к минимуму появление дефектов в ее структуре; качество полученной заготовки контролируется ультразвуковым дефектоскопом. На образцах из припуска заготовки определяют коэффициенты теплового расширения и модули упругости стержневых элементов опорной рамы. Каждая секция подвергается механической обработке на оборудовании с числовым программным управлением.

По такой же технологии будет изготавливаться и натурная конструкция. Контроль ее свойств завершится проверкой деформационных характеристик на испытательном стенде, который позволя-

<sup>1</sup> См. также: Детекторы Большого адронного коллайдера // Природа. 1998. №8. С.106—107; Холодный старт Большого адронного коллайдера // Там же. 1999. №9. С.81.

<sup>2</sup> Подробнее см.: LEP на втором дыхании // Природа. 1996. №10. С.112; LEP-2 начинает давать результаты // Там же. №11. С.108; 200 ГэВ со сверхпроводящими резонаторами // Там же. 1998. №5. С.109—110.

ет регистрировать перемещения элементов под нагрузкой с точностью до сотых долей микрона. Завершить международный проект по сооружению детектора ATLAS предполагается в 2005 г.

© О.И.Чечин  
г.Обнинск

## Биохимия

### Установлен один из механизмов межклеточных взаимодействий

В основе жизнедеятельности организма животных, и человека в том числе, лежат межклеточные взаимодействия. Именно они определяют эмбриогенез и морфогенез при развитии зародыша, а во взрослом состоянии особенно важны для иммунных процессов. Механизмы межклеточных взаимодействий стали детально изучать после открытия новых рецепторных белков — селектинов, которые связываются с определенными углеводными участками мембранных гликопротеинов. Благодаря взаимодействию селектинов с такими участками осуществляется межклеточный контакт. Эти фрагменты (их называют антигенными детерминантами, или лигандами) относятся к так называемой группе Льюис.

Самый известный из них — сиалил-Льюис X — расположен на поверхности нормальных лейкоцитов и эндотелиальных клеток сосудов. Недавно в лимфатических узлах, на поверхности эндотелия мелких вен, а также Т-лимфоцитов, в частности киллеров и хелперов, открыт другой лиганд селектинов — сиалил-6-сульфо-Льюис X.

Японские исследователи показали, что сиаловая кислота в этом лиганде может находиться в развернутой или циклической фор-

ме. Вторая форма образуется под действием циклазы сиаловых кислот —  $\text{Ca}^{2+}$ -зависимого фермента, работающего в слабощелочных условиях<sup>1</sup>. Циклические лиганды не способны связываться с селектином, межклеточные взаимодействия осуществляют только развернутые формы, которые возникают за счет гидролитического размыкания кольца. Важно, что процесс циклизации обратим: одни и те же лиганды могут и останавливать адгезию, и вновь ее запустить.

С помощью моноклональных антител циклическая форма сиалил-6-сульфо-Льюис X уже найдена на поверхности моноцитов, Т- и В-лимфоцитов, а также в некоторых лимфомах.

© Н.Д.Габриэлян,  
кандидат химических наук  
Москва

## Биология

### Химические сигналы рыб

Хорошо известно, что в жизни разных животных химические сигналы играют важную роль: например, феромоны, выделяемые во внешнюю среду одними особями, могут влиять на поведение, рост и развитие других животных того же вида; в размножении особенно велико значение аттрактантов, образующихся в половых железах (гонадах), эти вещества служат самцам и самкам для поиска друг друга, а проходным рыбам, в частности лососевым, — для определения пути к месту нереста.

Роль феромонов в нерестовой миграции кеты (*Oncorhynchus keta*) попытался выяснить В.А. Остроумов (Научно-исследовательский институт биологии при Иркутском госуниверситете).

В экспериментах были использованы водные экстракты семенников, овариальной жидкости и смесь этих экстрактов. Все они оказались привлекательными для идущей на нерест кеты, но в разной степени: после того как выше по течению ручья в воду был добавлен экстракт семенников, за пределы естественного нерестилища поднялись 19 самцов и 33 самки, а внесенный экстракт овариальной жидкости привлек всего лишь семерых самцов и четырех самок, смесь же мужских и женских феромонов — 18 и 20 соответственно.

Автор полагает, что такая разница в действии половых аттрактантов связана с неодинаковой ролью полов на отдельных этапах нереста. Крупные самцы, которые обычно заходят в реку первыми, выделяя феромоны, побуждают к миграции остальных сородичей (и самцов, и самок), скопившихся возле устья. Непосредственно на нерестилище, где самки занимают гнездовую территорию, женские аттрактанты привлекают самцов и стимулируют у них брачное поведение. Не исключено, что имеет значение не только сам «запах», но и его сила. Преобладание мужских аттрактантов на нерестилище может приводить к преимущественному привлечению самок. С пропорцией мужских и женских феромонов может быть связана физиологическая синхронизация созревания половых продуктов. Кроме того, высокая концентрация тех и других аттрактантов на месте нереста способна служить запретом для захода в реку тех рыб, которые находятся возле устья.

Остроумов считает, что точное знание роли химической сигнализации в период нереста лососей может дать эффективные инструменты для управления поведением и размножением этих ценных видов рыб.

Экология. 2000. №3. С.228–230 (Россия).

<sup>1</sup> Chikako Mitsuoka et al. // Proceeding National Academy Sciences USA. 1999. V.96. P.1597–1602.

З.А.Зорина,

доктор биологических наук

И.И.Полетаева,

доктор биологических наук

Московский государственный университет им.М.В.Ломоносова

**И**зучение наследственности поведения и психики человека составляет предмет целого научного направления, в котором биология (генетика и нейрофизиология) и психология выступают на равных. Психогенетика давно преодолела последствия негативного влияния доминировавшей идеологии, однако долгое время не развивалась в нашей стране. Университетский курс по этой дисциплине был включен в учебный план на факультете психологии МГУ только в 1982 г.

Эта непростая область исследований предполагает свободное владение понятиями большого числа смежных дисциплин: классической и молекулярной генетики, генетики количественных признаков, нейробиологии (морфологии ЦНС, нейрофизиологии, генетики поведения), эмбриологии (пре- и постнатального онтогенеза ЦНС), физиологии вегетативной нервной системы, патопсихологии. Кроме того, требуется знание современных биометрических методов разной специализации.

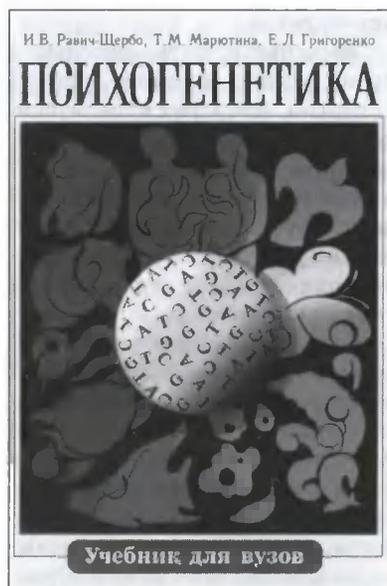
Одним из основателей этого направления в СССР стала Инна Владимировна Равич-Щербо, ученый и педагог. Она подготовила большую группу специалистов, с успехом развивающих психогене-

тику в наши дни.

Поступательное движение в любой области знания невозможно без создания условий, обеспечивающих научный рост следующих поколений. Поэтому необходимы не только научные монографии, но также учебники и пособия. Квалифицированное изложение основ психогенетики в рецензируемом издании — несомненный успех авторов, поскольку это — первый в русскоязычной литературе подобный опыт.

Как объясняется во вступительных главах, психологическая генетика (психогенетика), или генетика психологических признаков, не просто генетика поведения, как общепринято в англоязычной литературе (human behavior genetics). Историческое и логическое обоснования того различия, которое существует между понятиями «психика» и «поведение», уже с первых страниц книги показывает терминологическую требовательность авторов. Эта строгость выдерживается практически во всех разделах учебника и помогает целостному восприятию материала.

Цель, стоявшая перед авторами, достаточно сложна. Они старались показать проблемы генетического подхода к изучению психологических признаков и пути их решения, для чего потребовалось познакомить читателя с основами психофизиологии, фи-



**И.В.Равич-Щербо,  
Т.М.Марютина,  
Е.Л.Григоренко.  
Психогенетика: Учебник.**

*М.: Аспект-Пресс, 1999. 447 с.*

зиологии человека (в частности — с биоэлектрическими феноменами) и напомнить основы генетики, добавив еще и кое-какие современные сведения. Нельзя было не дать и основ статистических методов генетики и психогенетики.

Иными словами, для доступно-го студентам изложения психогенетики авторам пришлось дать вводный материал, касающийся основных понятий целого ряда сопредельных научных направлений. Этим объясняется и большой объем книги (около 450 с.), и некоторая сложность ее построения. Только включив в нее этот совершенно необходимый материал, можно было излагать психогенетику *per se*.

Введение в такую сложную и бурно развивающуюся область биологии, как современная психогенетика, должно быть, во-первых, просто написано, а во-вторых, дополнено доступными и содержательными примерами. С обеими задачами авторы прекрасно справились, и это — их несомненная удача.

Хотя книга адресована психологам, прочитать ее полезно и биологам, и педагогам, и медикам. Читателю не только доказывают на фактах важную роль генотипа в формировании психических особенностей человека, но и многократно предупреждают о сложности связанных с этим явлений. Участие среды и ее влияние на генотип при формировании простых и сложных признаков человека никогда не выпадает из поля зрения авторов. Важный в этом отношении — раздел «Генотип и среда в изменчивости психологических признаков». Соотношение генетических и средовых влияний, а также их взаимодействие в формировании интеллекта человека авторы рассматривают и в историческом аспекте, захватывая более старые работы (70–80-х годов), и на современном уровне, анализируя исследования последних лет. Подробно и критически обсуждают данные по влиянию генотипа и среды на показатель интеллекта (IQ), выявляя трудность определе-

ния IQ и подчеркивая необходимость быть осторожным в интерпретации соответствующих данных.

Мы много раз слышали, как выступающие с трибуны ораторы, политические комментаторы, журналисты с легкостью произносят: «Это — у нас в генах», — или еще хлеще: «Вошло в гены». Конечно, чаще всего это просто полемический прием, но чудовищно безграмотный! Он возвращает нас к лысенковским понятиям, и в таких случаях мы оказываемся непростительно близко к тому, чтобы «списать» на гены то, к чему они имеют весьма косвенное отношение. Очевидно, учитывать особенности личности человека, обратившегося за помощью к специалисту, необходимо всем — будь это обычный врач-психотерапевт или специалист по «подчистке» подсознания, такой как Чемпион К.Тойч. Мы не случайно упоминаем о нем. Реклама достижений этого незаурядного человека вовсю эксплуатирует идею о том, что его метод якобы позволяет изменить генетический код человека, в который по ряду обстоятельств могли «записаться» неблагоприятные типы поведения! Насколько можно судить, успех метода Тойча базируется именно на определении особенностей характера и личности человека в целом, которые в свою очередь находят не просто под контролем генотипа (или генетического кода), но и реагируют на условия среды в зависимости от генотипа. Этот пример показывает, как генетика в целом и психогенетика, в частности, становятся популярными не только в среде специалистов и как важно, оперируя их понятиями, соблюдать научную корректность. И конечно, специалистам — генетикам, психологам и психогенетикам — следует приложить усилия к тому, чтобы «принести знания в массу».

Представление о сложности психологических признаков человека: «пути от гена к признаку», влиянии среды на развитие мозга

и психики, а также о том, что влияние одной и той же среды может оказаться разным, поскольку все люди разные, — все это составляет фундамент психогенетики. Эти положения даются четко, доступно, квалифицированно и на современном уровне.

С феноменом близнецов знакомы почти все. В генетике человека близнецовый метод чуть ли не старше самой генетики. Большой объем исследований, проведенных на близнецах самими авторами, и результаты других работ дают ценную информацию о роли генотипа и среды в разных «сферах» жизни человеческого организма — и в сложных, и в простых. Это и темперамент, и навыки движения у детей и взрослых, и потенциал мозга.

Большую самостоятельную ценность представляет собой материал, который затрагивает генетические основы темперамента и особенностей формирования движений у человека. Отметим, что этот круг вопросов практически не был ранее представлен ни в одном учебнике.

Раздел «Генетическая психофизиология» — один из центральных в книге. Следуя логике учебника, авторы описывают основные понятия нейробиологии и рассматривают генетику мозга в эволюционном и онтогенетическом аспектах. Подавляющему большинству направлений психологии, к сожалению, традиционно «не интересно» связывать феномены психики человека с конкретными физиологическими процессами в мозге. Исключение составляет психофизиология.

Поскольку в книге предметом анализа являются генетические аспекты психофизиологических процессов, задачей авторов было не только дать описание общих принципов работы мозга, но отразить и тот огромный массив знаний, который связан с ролью генотипа, среды и их взаимодействия. Большая часть информации такого рода получена на животных. Здесь рассматривается целый ряд современных проблем общей генетической нейробиоло-

<sup>1</sup> Мир за неделю. 2000, 25 янв.

гии: взаимодействие нервной и эндокринной систем в регуляции психических процессов, генетическая изменчивость метаболизма ЦНС и др. Отталкиваясь от результатов, полученных на подопытных животных, авторы приводят интересные и убедительные аналогии с феноменами работы нервной системы человека.

В последних главах обсуждается роль генотипа в формировании биоэлектрической активности мозга, изменчивости вегетативных реакций и функциональной асимметрии мозга человека — круг вопросов, который составля-

ет предмет профессионального интереса самих авторов учебника. Фактически представленный здесь материал можно рассматривать как подробную сводку данных, знакомство с которыми полезно каждому потенциальному читателю. Некоторые повторы при изложении простительны, так как оно ведется по принципу «от простого к сложному».

Последний раздел — «Возрастные аспекты психогенетики» — самый сложный. «Психический дизонтогенез» (термин относительно новый) определяет область интересов современной психогенетики, которая в этом случае обращена к нуждам педагогики и патопсихологии развития ребенка.

Можно полагать, что знакомство с этим новым и очень интересным учебником послужит отправной точкой для проведения новых перспективных исследований. И, как уже упоминалось выше, эта книга ждет своих читателей не только из числа психологов и психофизиологов. Ее можно порекомендовать и многим биологам, и вообще всем, кто по роду своей деятельности «работает с людьми», — педагогам, социологам, журналистам и т.д. ■

или иначе связано с молекулярным исследованием объектов. В нем участвуют многие естественные специалисты, занимающиеся узкоспециализированными проблемами. По результатам их работ создается и производится новая высококачественная продукция. Для того чтобы знать, какими затратами она обходится, каковы перспективы развития современных наукоемких технологий, нужны фундаментальные естественнонаучные знания, представление о молекулярных процессах.

**Водные проблемы**

**А.Б.Авакян.** О ВОДЕ С ТРЕВОГОЙ И НАДЕЖДОЙ. Екатеринбург: РосНИИВХ, 1999. 174 с.

*Ноги на земле, взор — в звездах!*  
А.Черняев

Вот так кратко, в нескольких словах, можно сказать об авторе книги о воде — Артуре Борисовиче Авакяне, докторе географических наук, профессоре Академии водохозяйственных наук. Его деятельность посвящена научным исследованиям качества вод, решению географических и медико-биологических проблем для рационального использования и охраны водных ресурсов.

Что значит вода в нашей жизни? Почему все острее идут дискуссии вокруг водных проблем? Можно ли избавиться от наводнений? Почему о качестве воды говорят как о глобальной проблеме? Спуск водохранилищ — благо или катастрофа? Как использовать водные ресурсы в хозяйственных целях, не разрушая биосферу? Об этом вы узнаете, прочитав книгу.

**Экология**

**А.А.Лукин, В.А.Даувальтер, А.П.Новоселов.** ЭКОСИСТЕМА ПЕЧОРЫ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ. Апатиты: Кольский научный центр РАН, 2000. 192 с.

Интенсивное развитие нефтяных промыслов на востоке северо-западной части России обусловило создание развитой инфраструктуры и резкое увеличение антропогенной нагрузки

на экосистемы, в том числе и на водные. Один из экологически неблагополучных центров в этом регионе — бассейн Печоры.

В книге отражены результаты исследований экосистемы этого региона на сегодняшний день. Собраны данные по изменению физико-химических параметров вод, по концентрациям элементов и соединений в толще донных отложений, содержанию микроэлементов, в том числе тяжелых металлов, нефтяных и полиароматических углеводородов и хлорорганических соединений, их влиянию на рыб. Выделены популяции сиговых, щуковых, окуневых и карповых, испытывающих интенсивное антропогенное воздействие. Рассмотрено современное состояние нерестилищ, выявлены патологические изменения органов рыб, с которыми связывают снижение численности сиговых.

**Геология**

**А.С.Филько.** ИЗ ИСТОРИИ ОТКРЫТИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ. М.: Геокарт, 1999. 464 с.

Книга посвящена истории открытия нескольких крупных месторождений твердых полезных ископаемых (алмазов, золота, никеля, меди, молибдена,

**Естествознание**

**С.Х.Карпенков.** КОНЦЕПЦИЯ СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ: УЧЕБНИК. М.: Высшая школа, 2000. 334 с.

Большинство отраслей современного естествознания так

вольфрама, олова, свинца и цинка), находящихся на территории России. Дана краткая характеристика их основных особенностей, а также методы, способы поиска и оценки, давшие наибольший результат.

Использованы как личные архивы автора, отдавшего этой работе около 50 лет, так и многочисленные материалы из опубликованных работ и геологических отчетов. Автор оценивает оригинальность методов, обеспечивших успех открытия, а также и допущенные ошибки, так называемые ложные открытия.

### Ихтиология

**Г.Г.Новиков.** РОСТ И ЭНЕРГЕТИКА РАЗВИТИЯ КОСТИСТЫХ РЫБ В РАННЕМ ОНТОГЕНЕЗЕ. М.: Эдиториал УРСС, 2000. 296 с.

*...В первую очередь нужно изучать скорость роста всего зародыша.*

И.И.Шмальгаузен

Костистые рыбы населяют водоемы почти всех типов. Один из основных факторов, способствующих их адаптации в разнообразных экологических условиях, — энергетические ресурсы в раннем онтогенезе.

При написании книги перед автором стоял ряд задач. Первая — выявить закономерности роста зародыша на отдельных этапах эмбрионально-личиночного развития, а также особенности энергообмена. Вторая — рассмотреть процесс утилизации основных веществ желтка (белков, липидов, углеводов) и степень воздействия температуры и солености на процессы трансформации вещества и энергии в раннем онтогенезе. И третья — понять адаптационные возможности вида в процессе образования желтка (вителлогенеза).

Полученные результаты автор использовал для разработки методов регуляции обменных процессов в раннем онтогенезе, не имеющих аналогов в мировой литературе. Цель — усовер-

шенствовать биотехнологии искусственного воспроизводства костистых рыб.

### Археология

**Е.Г.Дэвлет.** ХУДОЖЕСТВЕННЫЕ ИЗДЕЛИЯ ИЗ КАМНЯ ИНДЕЙЦЕВ ЦЕНТРАЛЬНОЙ АМЕРИКИ. М.: Научный мир, 2000. 278 с.

Первые упоминания о произведениях искусства племен Центральной Америки восходят ко времени испанского завоевания. Наряду с археологическими материалами важным источником для изучения материальной и духовной культуры индейцев стали свидетельства из хроник конкистадоров, а также документы, написанные в колониях в XVI в.

Книга посвящена художественным изделиям из камня, созданным коренными обитателями Центральной Америки в доколумбову эпоху и мало знакомым даже историкам и искусствоведам. Среди них — подвески из зеленых камней, монументальные изваяния, навершия жезлов, «метатес» (ритуальные зернотерки), так называемые алтарные плиты, украшенные резным орнаментом или фигурными изображениями, и другие предметы быта, искусно созданные мастерами древности. Обитатели американского континента вырабатывали свой художественный язык, сложную иконографию. Выполненные ими изделия отражают мировоззрение и ритуальную жизнь, вводя читателя в незнакомый мир местных аборигенов.

### История науки

**Б.В.Гнеденко.** О МАТЕМАТИКЕ / Сост. Д.Б.Гнеденко. М.: Эдиториал УРСС, 2000. 208 с.

В книгу включены две небольшие, ранее не издававшиеся работы, написанные в последние годы жизни Борисом Владимировичем Гнеденко (1912—1995) — классиком теории веро-

яностей, ученым и педагогом.

Первая часть книги готовилась в 1991 г. по заказу издательства «Педагогика» для серии «Ученые — школьникам» и называлась «Математика и жизнь», но по экономическим причинам так и не вышла. В ней автор рассказывает о том, что такое математика, в чем ее познавательная сила, говорит о математическом творчестве и математических способностях.

Во второй, подготовленной вместе с соавтором Д.Б.Гнеденко, рассмотрены методологические вопросы математики, особенности ее преподавания.

**Е.Н.Зубцов.** ПОЛВЕКА С ТЯНЬ-ШАНЕМ: ВОСПОМИНАНИЯ ГЕОЛОГА. М.: ГЕОКАРТ, 1999. 152 с.

Тянь-Шань — небесные горы, дивное творение природы! Воистину чудесный, сказочный край! Но там есть нечто, гораздо сильнее волнующее душу, — заколдованные тайны каменных недр. Их разгадывало несколько поколений геологов, среди которых — автор книги.

Книга издана в виде аналитического обзора по истории изучения геологии Тянь-Шаня. Автор, профессиональный геолог-съемщик, более половины жизни посвятил этой грандиозной геоструктуре. Он стоял у истоков планомерной среднемасштабной геологической съемки в регионе и относится к тем ученым, которые своей, порой нелегкой, научной дорогой, шли к современной парадигме в геологии — мобилизму.

Свои геологические построения и выводы автор базирует на фактическом материале, скрупулезно собранном в лучших традициях отечественной геологической школы.

Среди многих интересных фактов, описанных в книге, есть любопытные материалы о следах древнейшего позднепротерозойского оледенения Земли, добытые автором в Тянь-Шане.

# Регель на Смоленщине

Л.С.Журавлева

Смоленск

В конце XIX в. русские помещики увлекались садоводством и привлекали к этому виду хозяйствования крестьян. На Смоленщине сложилось особое отношение к земледелию, выразившееся в деятельности профессора А.Н.Энгельгардта, а позднее — поэта А.Н.Плещеева, организовавшего там сельскохозяйственный техникум. Внедрением садоводства занималась княгиня Мария Клавдиевна Тенишева, известная как крупнейший коллекционер и издательница журнала «Мир искусства». Ее имение Талашкино (приобретено в 1893 г.) близ Смоленска, хотя и не очень большое, было образцово устроено. Для обработки почв выписывали машины из Голландии и Бельгии, скот из Англии, содержали маслобойки и конезаводы.

В 1894 г. Тенишева покупает вблизи Талашкина хутор Фленово для устройства сельскохозяйственной школы. Но прежде она создала на свои средства курсы плодоводства и огородничества, которые открылись 10 июля 1895 г. Она же приобрела для занятий инструменты и даже машину для приготовления

вина из ягод. Со всей губернии во Фленово съехались учителя. Газета «Смоленский вестник» сообщала: «Руководителем курсов приглашен княгиней профессор Санкт-Петербургского университета естественно-исторических наук Р.Э.Регель».

Это был уже второй приезд Регеля в Талашкино, впервые он побывал там в 1894 г. Тенишева писала в воспоминаниях: «С осени он приехал в Талашкино, дал все необходимые указания, как разбить фруктовый сад, как взрыхлить землю, насадить известное количество саженцев, приготовить гряды и т.д. К весне же, когда прижилось и было готово все, что надо, он приехал читать свои лекции. Слушатели состояли из народных учителей по выбору смоленского инспектора народных училищ, рекомендовавшего наиболее способных, интересующихся новым делом людей, желавших расширить свои познания. Их было 28 человек, и они очень ретиво принялись за дело, так что профессор Регель вполне удачно провел свой курс теоретически и практически...» Отчет о проведении курсов в Талашкине Регель направил в Министерство народного просвещения и получил благодарность.



Роберт Эдуардович Регель.

© Л.С.Журавлева

Роберт Эдуардович Регель родился в 1867 г. в Петербурге. Хорошо известен его отец Эдуард Людвигович Регель — директор Петербургского ботанического сада, член нескольких академий, автор различных книг и статей. После окончания университета Роберт Эдуардович был оставлен на кафедре ботаники для подготовки к профессорскому званию. В 1889 г. он уехал за границу, где окончил высшее училище садоводства в Потсдаме со степенью инженера. Регель в то время был единственным в России специалистом подобной квалификации. С 1893 г. он читал лекции в Петербургском университете, а также вел курсы для учителей в нескольких губерниях. В 1900 г. он начал работать в Бюро по прикладной ботанике Ученого комитета Министерства земледелия. Занимаясь изучением культуры ячменя, и здесь он в первую очередь стремился выявить наследственные признаки, для чего создавал посевные участки в резкоклиматических условиях, а севооборот применял нерациональный, среднекрестьянский.

В 1908 г. стал выходить ежемесячник «Труды Бюро по прикладной ботанике», где печатались научные статьи,

публиковались переводы из Ф.Баура и Г.Менделя. Регель был противником популярных знаний, считая их подделкой под науку. Он прослыл вдохновителем селекции и садоводства в России. Регель отличался большой трудоспособностью и целенаправленностью, считал, что стремление к материальным благам противостоит научной деятельности. Он оказал определенное влияние на формирование научных взглядов Н.И.Вавилова, который в 1910-х годах проходил практику в Бюро. Умер Регель от сыпного тифа в 1920 г. в Вятской губернии, куда ездил навещать семью...

Летом 1896 г. в один из приездов Роберта Эдуардовича в Талашкино, стоя на крыльце новой школы во Фленове, он сделал несложный план-рисунок, поставил на нем автограф и дату — 30/VII 96. Этот рисунок, как и план сада, ягодника, питомника фруктовых деревьев, хранятся в фондах Смоленского краеведческого музея.

А «Смоленский вестник» 5 октября 1896 г. сообщал: «Вследствие предложения княгини Марии Клавдиевны Тенишевой приват-доцент Петербургского университета Р.Э.Регель посетил недавно на-

родных учителей, участвовавших в прошлом году под его руководством в курсах пчеловодства, устроенных в имении Талашкино. Имелась в виду помощь учителям в устройстве школьных садов, а также ознакомиться вместе с тем с результатами их трудов и с условиями хозяйства на земле при школах в Смоленской губернии. Р.Э.Регель посетил с этой целью 16 школ, находящихся в восьми уездах (Смоленском, Краснинском, Рославльском, Поречском, Духовщинском, Дорогобужском, Юхновском и Гжатском). Почти все школы, которые он посетил, были наделены землей в размере приблизительно одной десятины, вполне пригодной в большинстве случаев для плодородства и огородничества».

Вдохновленная таким успехом, Тенишева осенью того же года купила у крестьян в с.Бобыри десятину земли за 300 руб. серебром и липовую аллею за 175 руб. для устройства под руководством Регеля в следующем году образцового сада, огорода и пасеки. Крестьяне пожертвовали для этого начинания еще десятину земли.

Так щедро распорядился своими знаниями один из русских ученых. ■

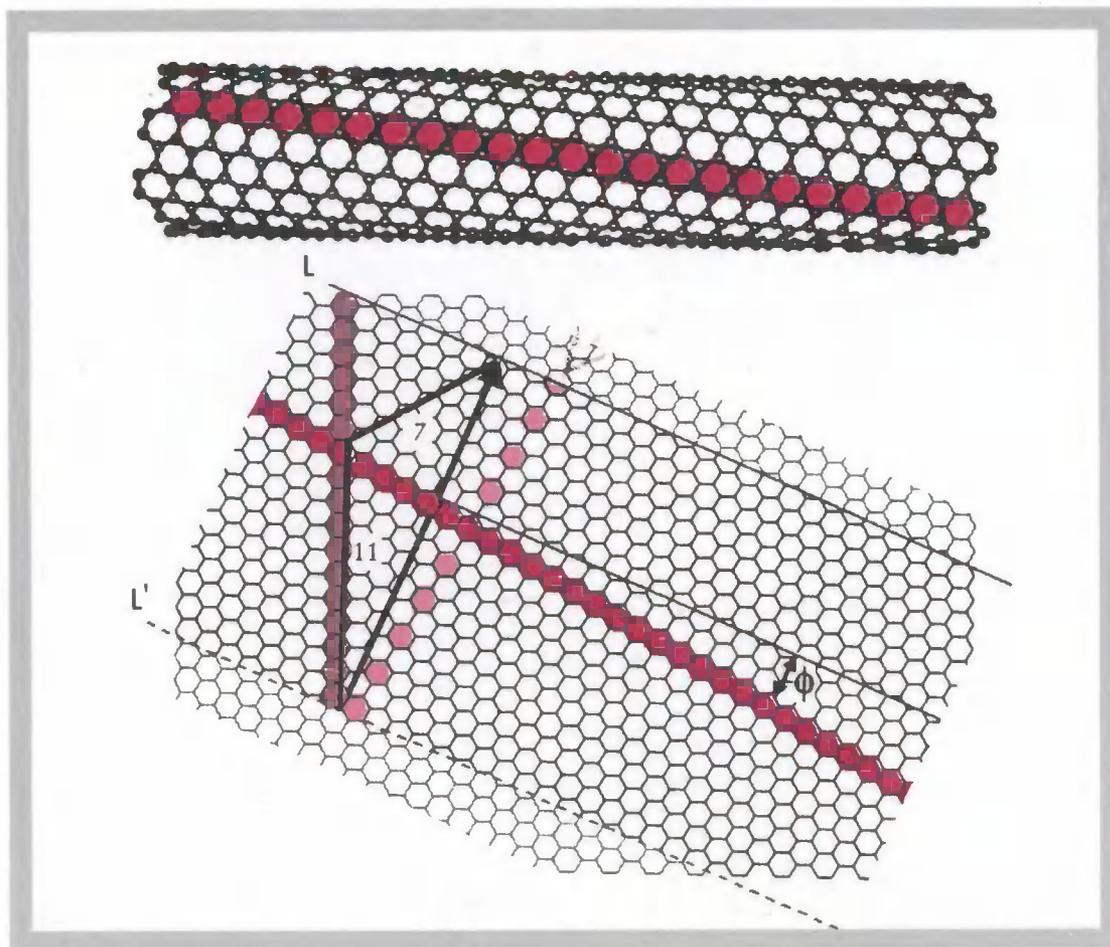
# ПРИРОДА

Над номером работали  
 Ответственный секретарь  
**Ю.К.ДЖИКАЕВ**  
 Научные редакторы  
**О.О.АСТАХОВА**  
**Л.П.БЕЛЯНОВА**  
**Е.Е.БУШУЕВА**  
**М.Ю.ЗУБРЕВА**  
**Г.В.КОРОТКЕВИЧ**  
**К.Л.СОРОКИНА**  
**Н.В.УЛЬЯНОВА**  
**Н.В.УСПЕНСКАЯ**  
**О.И.ШУТОВА**

Литературный редактор  
**М.Я.ФИЛЬШТЕЙН**  
 Художественный редактор  
**Т.К.ТАКТАШОВА**  
 Заведующая редакцией  
**И.Ф.АЛЕКСАНДРОВА**  
 Младший редактор  
**Г.С.ДОРОХОВА**  
 Перевод  
**П.А.ХОМЯКОВ**  
 Набор  
**Е.Е.ЖУКОВА**  
 Корректоры  
**В.А.ЕРМОЛАЕВА**  
**Л.М.ФЕДОРОВА**  
 Графика, верстка  
**Д.А.БРАГИН**

Адрес редакции:  
 117810, Москва, ГСП-1  
 Мароновский пер., 26  
 Тел.: 238-24-56, 238-25-77  
 Факс: (095) 238-26-33  
 Подписано в печать 15.09.2000  
 Формат 60x88 1/8  
 Бумага типографская №1  
 Офсетная печать  
 Усл. печ. л. 10,32  
 Усл. кр.-отт. 67,8 тыс.  
 Уч.-изд. л. 15,1  
 Заказ 3968  
 Набрано и сверстано в редакции

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



От грядущего века мы ждем новых прорывов в технологической сфере — в том числе перехода электроники на компоненты молекулярного размера. И сегодня первые кандидаты для создания таких электронных устройств — углеродные нанотрубки. Эти полимерные системы — своеобразные цилиндрические молекулы на основе углерода — могут обладать как металлической, так и полупроводниковой проводимостью. Подобно легированию обычных полупроводников, здесь возможна значительная модификация электрических свойств с помощью введения различных добавок, причем ожидаемые изменения поддаются достаточно точным квантово-химическим расчетам. Кроме углеродных теперь умеют получать бор-азотные трубки. Более того, участки с разным типом проводимости, т.е. различные переходы, удастся создать в пределах одной нанотрубки. Заглянем в будущее через нанотрубки, ведь опытные образцы некоторых элементов схем (транзисторов, например) уже работают!

**Дьячков П.Н. УГЛЕРОДНЫЕ НАНОТРУБКИ — МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ КОМПЬЮТЕРОВ XXI ВЕКА**

