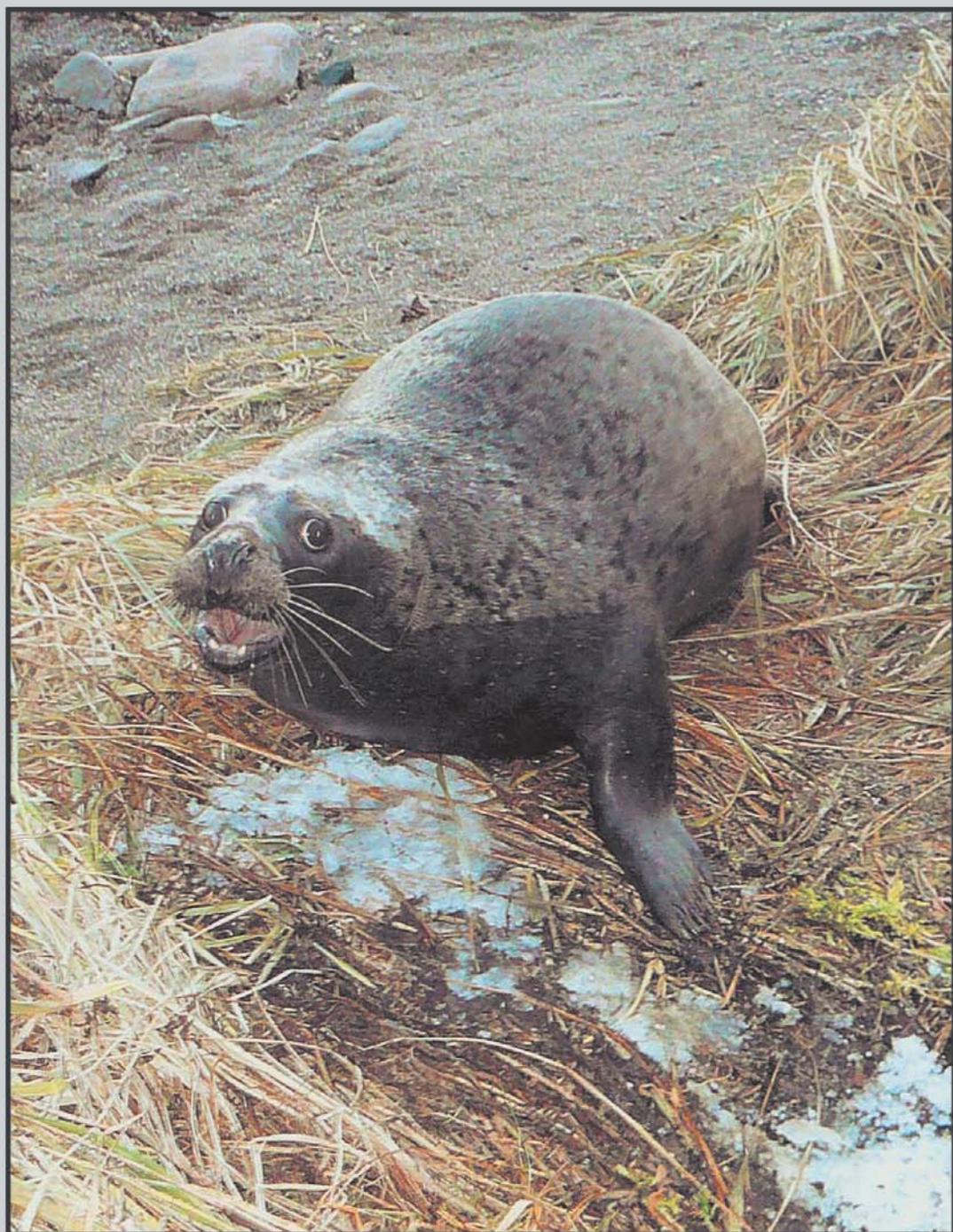


ПРИРОДА

7 07



В НОМЕРЕ:**3 Анисимов В.Н.****Хронометр жизни**

С момента изобретения электричества свет стал существенной частью жизни человека. Такое изменение светового режима подавляет секрецию эпифизарного гормона мелатонина и в конечном итоге сказывается на здоровье человека и его старении.

11 Ермолов П.Ф., Кубаровский А.В., Никитин В.А.**Поиски пентакварка продолжаются!**

Квантовая хромодинамика предсказывает целый ряд «экзотических» частиц, в том числе состоящих из пяти кварков. Существуют ли пентакварки реально? Мнения ученых по этому поводу пока расходятся.

18 Калейдоскоп

Тримаран — «рассекатель волн» (18). Вымер черный западный носорог (18). Частота циклонов и пески Сахары (18). Почему суп из акульих плавников? (18). Бумага из тростника (18). Древность пчелы — 100 миллионов лет (19). В Индии открыт новый вид птиц (19). Китобойный промысел (19). Вулкан Хоум Риф вновь породил остров (19). Хромающий робот (19). «Робинзоны» острова Тромлен (57). Мурена и окунь — в одной охотничьей команде (57). Цена глобального потепления (58). Реинтродукция кабанов-карликов (58). Выгодно быть моллюском-«левой» (58). Попытки получить потомство Одинокого Джорджа продолжаются (58). «Лондонский ряд» (58).

20 Лебедев К.А., Понякина И.Д.**Конфликт организма человека с его микрофлорой**

Здоровый человек живет в согласии со своей постоянной микрофлорой, которая приносит ему большую пользу — защищает от инфекций, продуцирует витамины, выводит токсины и т.д. Что же должно случиться, чтобы этот мир был нарушен и безвредные доселе микробы вступили в конфликт с иммунной системой и стали причиной воспалительного заболевания?

29 Бондаренко А.Л., Жмур В.В.**Настоящее и будущее Гольфстрима**

Несмотря на то, что это течение, казалось бы, хорошо изучено, в его механизме таится немало загадок, решить которые позволяет новый взгляд на особенности этого природного явления.

38 Федотов Г.Н., Добровольский Г.В.**Мир обойденных величин в почве**

Современные методы исследования позволяют «увидеть» наноструктурные коллоидные образования в почве. При утрате структуры свойства почвы меняются настолько, что она теряет плодородие.

46 Бурштейн Е.Ф.**Граниты Иртыша глазами натуралистов трех столетий****Научные сообщения****55 Панова Т.Д.****К истокам древних московских улиц****59 Горелик Г.Е.****Секретная физика и научная этика
Из истории водородной бомбы****Ритус В.И.****Комментарий к статье
Г.Е.Горелика (67)****Вести из экспедиций****69 Супруненко Ю.П.****Древний колодец в Чуфут-Кале****Кавцевич Н.Н., Матишов Г.Г.,
Кондаков А.А.****Под дождем в полярную ночь
на Айновых островах (74)****79 Новости науки**

Открыто новое шаровое скопление (79). Измерен Харон — спутник Плутона. Сурдин В.Г. (79). Нанохимия (80). На границе раздела двух жидких фаз. Румянцев С.А. (81). Массив сверхдлинных углеродных нанотрубок (82). Углеродные нанотрубки помогут вырастить новую кость? (82). Червяги выкармливают детенышей. Семенов Д.В. (83). Экосистемы прибрежных акваторий Белого моря. Померанец К.С. (83). Мегацунами на заре цивилизации. Никонов А.А. (84). Палестина — «колыбель садовода»? (85). Гигантская бегущая птица (85).
Коротко (28, 37, 45)

Рецензии**86 Блох А.М.****Трижды эталон****89 Новые книги****Встречи с забытым****90 Болотовский Б.М.****История одной защиты**

CONTENTS:

3 **Anisimov V.N.** **Chronometer of Life**

Since invention of electricity artificial lighting became an important factor of human life. This change of lighting regime suppresses secretion of epiphysial hormone melatonin and eventually has negative effects on human health and aging.

11 **Ermolov P.F., Kubarovsky A.V., Nikitin V.A.** **Search of Pentaquark Continues!**

Quantum chromodynamics predicts a series of «exotic» particles, including those consisting from five quarks. Do pentaquarks really exist? Scientists still differ on this point.

18 **Kaleidoscope**

Trimaran — «Waves Splitter» (18). Black Western Rhinoceros Became Extinct (18). Frequency of Cyclones and Sahara Sands (18). How Much Is Shark's Fin Soup? (18). Paper from Reed (18). Age of the Bee Is 100 mln Years (19). A New Bird Species Discovered in India (19). Whaling (19). Home Reef Volcano Beget an Island Again (19). Robot with Hobbling Gait (19). «Robinsons» of Tromelin Island (57). Moray and Perch Participate in Collective Hunting (57). The Price of Global Warming (58). Re-introduction of Pygmy Hogs (58). It Is Advantageous to Be a «Left-Handed» Mollusc (58). Attempts to Obtain Progeny from Lone George Are Continued (58). «London's Row» (58).

20 **Lebedev K.A., Ponyakina I.D.** **Conflict of Human Organism with Its Microflora**

Healthy humans live in harmony with their constant microflora, which brings them considerable benefit: shields them from infections, produces vitamins, goes away toxins and so on. What has to happen so that this peace been broken and previously harmless microbes engage in conflict with immune system and became cause of inflammatory disease?

29 **Bondarenko A.L., Zhmur V.V.** **Present and Future of Gulf Stream**

Notwithstanding apparently being well studied, mechanism of this current still harbors a lot of puzzles, which can be solved by a new view at this natural phenomenon.

38 **Fedotov G.N., Dobrovolsky G.V.** **A World of Neglected Spatial Scales in the Soil**

Current research methods allow to «see» nano-scaled colloidal structures in a soil. When these structures are destroyed, the soil properties change so drastic that it loses its fertility.

46 **Burshtein E.F.** **Irtysch Granites by Eyes of Three Generations of Naturalists**

Scientific Communications

55 **Panova T.D.** **To the Beginnings of Ancient Moscow Streets**

59 **Gorelik G.E.** **Secret Physics and Scientific Ethics** From History of Hydrogen Bomb

Ritus V.I. **Commentary to the Gorelik's Article (67)**

News from Expeditions

69 **Suprunenko Yu.P.** **Ancient Well at Chufut-Kale**

Kavtzevitch N.N., Matishov G.G., Kondakov A.A. **Under Rain during Polar Night at Ajnovy Islands (74)**

79 **Science News**

A New Global Cluster Discovered (79). Charon, a Satellite of Pluto, Is Measured. **Surdin V.G.** (79). Nanochemistry (80). On a Phase Boundary of Two Liquids. **Rumyantzeva S.A.** (81). Massive of Ultralong Carbon Nanotubes (82). Carbon Nanotubes Will Help to Grow a New Bone? (82). Caecilians Feed their Young. **Semenov D.V.** (83). Near-shore Water Ecosystems of White Sea. **Pomeranetz K.S.** (83). Megatsumami at the Dawn of Civilization. **Nikonov A.A.** (84). Palestine — «Cradle of Gardening»? (85). Giant Running Bird (85).
In Brief (28, 37, 45)

Book Reviews

86 **Blokh A.M.** **Thrice Etalon**

89 **New Books**

90 **Bolotovskiy B.M.** **History of a Thesis Presentation**

Encounters with Forgotten

Хронометр жизни

В.Н.Анисимов

*С утра до ночи — целый день
Часы считает палки тень.
Но если ночью Солнце стит,
То время, может быть, стоит?*

Всю историю идей и концепций в геронтологии можно вкратце охарактеризовать как историю поисков «часов» старения. В разное время в качестве таких «часов» побывали все эндокринные железы — гонады, надпочечники, щитовидная железа, гипофиз. А известный отечественный геронтолог В.М.Дильман полагал, что время жизни отсчитывает гипоталамус — главный «дирижер» эндокринного оркестра, расположенный в основании головного мозга*. Вместе с тем в природе существует естественный механизм, определяющий все ритмы живых организмов, — это смена дня и ночи, света и темноты. Вращение нашей планеты вокруг своей оси и одновременно вокруг Солнца отмеряет календарные сутки, сезоны и годы, с которыми сверяют продолжительность жизни ее обитатели. Природа снабдила живые организмы устройством, способным воспринимать световую информацию и преобразовывать ее в сигналы, управляющие ритмами организма. Центральная часть этого устройства — верхний придаток головного мозга, эпифиз. Древние анатомы назвали его шишковидной (пинеальной) железой за сходство с сосновой шишкой. Основная функция эпифиза — передача информации о световом режиме окружающей среды



Владимир Николаевич Анисимов, доктор медицинских наук, профессор, руководитель отдела канцерогенеза и онкогеронтологии НИИ онкологии им.Н.Н.Петрова (Санкт-Петербург). Президент Геронтологического общества РАН, член совета Международной ассоциации геронтологии и гериатрии, главный редактор журнала «Успехи геронтологии». Основные научные интересы связаны с изучением взаимосвязи возникновения злокачественных опухолей и старения, разработкой мер их профилактики. Автор 19 монографий.

во внутреннюю среду организма. Так в организме поддерживаются физиологические ритмы, обеспечивающие адаптацию к условиям внешней среды. У рыб, земноводных, рептилий и птиц свет проходит через тонкий череп, а эпифиз обладает способностью непосредственного восприятия световых сигналов (возможно, поэтому его и называют «третьим глазом»).

У млекопитающих световая информация, воспринимаемая особыми клетками сетчатки глаз, передается в эпифиз по нейронам супрахиазматического ядра (СХЯ) гипоталамуса через ствол верхней грудной части спинного мозга и симпатические нейроны верхнего шейного ганглия. В темноте сигналы от СХЯ усиливают синтез и высвобождение норадреналина из симпатических окончаний. В свою очередь

этот нейромедиатор возбуждает рецепторы, расположенные на мембране клеток эпифиза (пинеалоцитов), стимулируя синтез мелатонина (рис.1). Этот основной гормон эпифиза — производное биогенного амина, серотонина, образующегося из поступающей с пищей аминокислоты триптофана. Активность ферментов, участвующих в превращении серотонина в мелатонин, подавляется освещением. Вот почему этот гормон синтезируется в темное время суток, когда его уровень в крови максимален, а в утренние и дневные часы — минимален (рис.2).

В организме присутствует и экстрапинеальный (образующийся вне эпифиза) мелатонин. Это открытие принадлежит российским исследователям Н.Т.Райхлину и И.М.Кветному: в 1974 г. они обнаружили,

* Подробнее см.: Дильман В.М. Большие биологические часы. М., 1986.

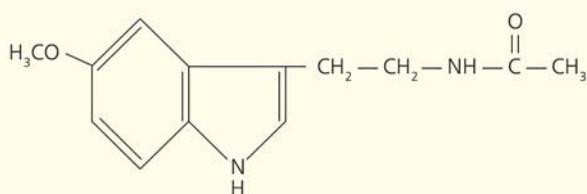


Рис.1. Структурная формула мелатонина.

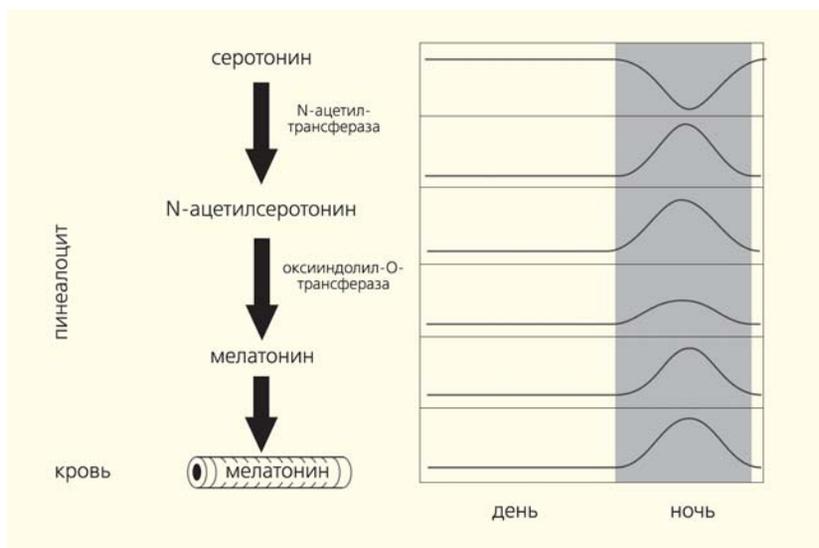


Рис.2. Биосинтез и суточный ритм мелатонина.

что в клетках червеобразного отростка кишечника синтезируется мелатонин. Затем выяснилось, что этот гормон образуется и в других отделах желудочно-кишечного тракта, во многих других органах — печени, почках, надпочечниках, желчном пузыре, яичниках, эндометрии, плаценте, тимусе, а также в лейкоцитах, тромбоцитах и в эндотелии. Биологическое действие экстрапинеального мелатонина реализуется непосредственно там, где он образуется. Синтез гормонов негормональными клетками подтверждает гипотезу эволюционной древности гормонов, которые, видимо, появились еще до обособления эндокринных желез. Вопрос о том, является ли этот путь синтеза гормона фотонезависимым, до сих пор окончательно не решен.

Световой режим, мелатонин и регуляция суточных биоритмов

Если эпифиз уподобить биологическим часам организма, то мелатонин можно сравнить с маятником, снижение амплитуды колебаний которого приводит к остановке этих часов. Пожалуй, точнее уподобить эпифиз солнечным часам, в которых мелатонин играет роль тени от гномона — стержня, отбрасывающего тень от солнца. Днем солнце высоко и тень коротка (уровень мелатонина минимален), в середине ночи — пик синтеза мелатонина эпифизом и секреции его в кровь. Важно, что мелатонин имеет околосуточный (циркадианный) ритм, т.е. единицей его измерения служит суточное вращение Земли вокруг своей оси.

Все биологические ритмы строго подчиняются основному водителю, расположенному в супрахиазматических ядрах гипоталамуса. Их молекулярный механизм образуют «часовые» гены (*Per1*, *Per2*, *Per3*, *Cry-1*, *Cry-2*, *Clock*, *Bmal1/Mop3*, *Tim* и др.). Показано, что свет напрямую влияет на работу тех из них, что обеспечивают циркадианный ритм. Эти гены регулируют активность генов ключевого клеточного цикла деления и генов апоптоза [1]. Гормоном-посредником, доносящим руководящие сигналы до органов и тканей, собственно, и служит мелатонин. Характер ответа регулируется не только его уровнем в крови, но и продолжительностью ночной секреции. Кроме этого, мелатонин обеспечивает адаптацию эндогенных биоритмов к постоянно меняющимся условиям среды (рис.3). Регулирующая роль этого гормона универсальна для всех живых организмов, о чем свидетельствует его присутствие и четкая ритмичность синтеза у всех животных, начиная с одноклеточных.

Благодаря своим амфифильным свойствам (растворяется в воде и в жирах) мелатонин преодолевает все тканевые барьеры, свободно проходит через клеточные мембраны. Минувя системе рецепторов и сигнальных молекул, взаимодействуя с ядерными и мембранными рецепторами, он влияет на внутриклеточные процессы. Рецепторы к мелатонину обнаружены в различных ядрах гипоталамуса, сетчатке глаза и других тканях нервной и иной природы [2].

У здоровых детей концентрация мелатонина в крови постепенно нарастает вплоть до года и сохраняется на достаточно высоком уровне до пубертатного периода. У ребят младшего возраста ночью количество мелатонина выше, чем днем, примерно в 40 раз. У маленьких детей этот гормон выполняет две функции: продлевает сон и подавляет секрецию половых гормонов. В пе-

риод полового созревания количество циркулирующего в крови гормона снижается, причем наиболее отчетливо именно в период наступления половой зрелости. Разница между его ночной и дневной концентрацией сокращается до 10 раз. Отмечено, что у детей с замедленным половым созреванием уровень мелатонина более высокий. Если содержание гормона продолжает оставаться высоким (в пять и более раз выше возрастной нормы), половое созревание затягивается надолго.

Вероятно, благодаря мелатонину взрослые люди видят эротические сны. Не без его участия сон переходит в «быструю стадию» (парадоксальный сон) и в памяти оживают яркие эмоциональные переживания, в том числе и связанные с сексом. У людей в возрасте 60–74 года большинство физиологических показателей претерпевают положительный фазовый сдвиг циркадианного ритма примерно на 1.5–2 ч вперед. У лиц старше 75 лет нередко возникает десинхронизация секреции многих гормонов, температуры тела, сна и некоторых ритмов поведения, что может быть связано с эпифизом, функция которого при старении угнетается (рис.4).

Если эпифиз — солнечные часы организма, то любые изменения длительности светового дня должны сказываться на его функциях и в конечном счете на скорости старения. В ряде работ показано, что нарушение фотопериодичности может существенно сокращать продолжительность жизни. Американские исследователи М.Хард и М.Ральф обнаружили, что золотистые хомячки с особой мутацией в гене *tau*, отвечающем за генерацию ритмических сигналов в супрахиазматическом ядре гипоталамуса, жили на 20% меньше, чем контрольные [3]. Когда же в головной мозг мутантных хомячков имплантировали клетки гипоталамуса от здоровых зверьков, нормальная продолжительность жизни восстанавливалась.

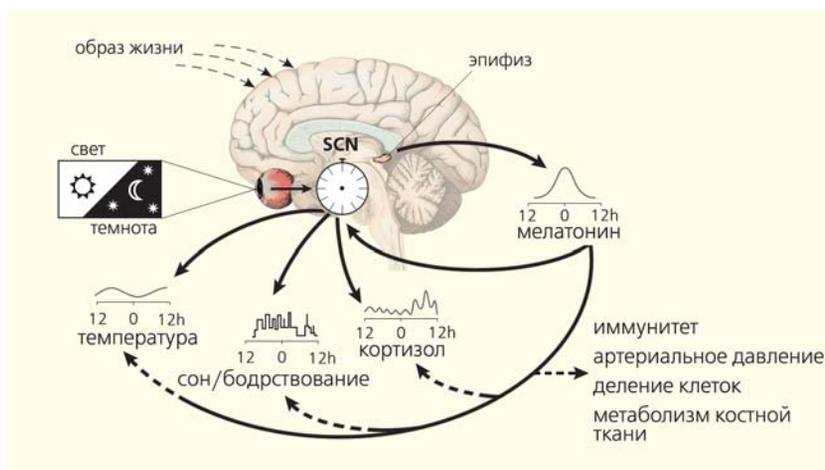


Рис.3. Синхронизация биоритмов.

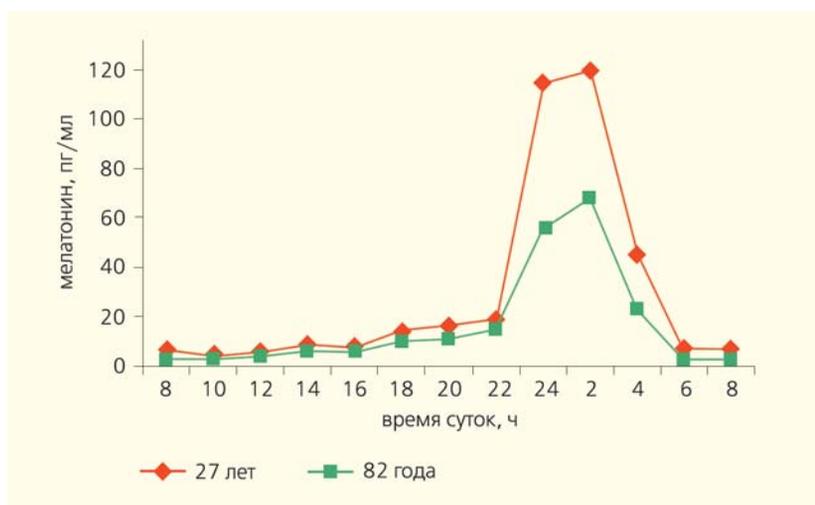


Рис.4. Суточный ритм концентрации мелатонина в крови мужчин разного возраста.

Разрушение супрахиазматических ядер приводит к сокращению продолжительности жизни животных. Нарушение функции некоторых циркадиантных генов вызывает преждевременное старение и развитие различных патологических состояний, включая увеличение чувствительности мышей к развитию опухолей (табл.1) [4].

Репродуктивная функция

После изобретения электрического освещения свет в ночное время (его часто называют световым загрязнением) стал

существенной частью современного образа жизни (рис.5), приводя к серьезным расстройствам поведения и здоровья, включая сердечно-сосудистые заболевания и рак. Согласно гипотезе «циркадианной деструкции», такое изменение светового режима нарушает эндогенный суточный ритм, подавляет ночную секрецию мелатонина и снижает его концентрации в крови [5]. Тщательно проведенные исследования показали, что освещенность в 1.3–4.0 лк монохромного синего света или в 100 лк белого света подавляет продукцию мелатонина эпифизом (рис.6).

Таблица 1
Мутации в часовых генах

Ген	Основные эффекты [4]
<i>Per2</i> ^{-/-}	уменьшение продолжительности жизни, преждевременные нарушения репродуктивной функции, увеличение частоты опухолей;
<i>Clock/Clock</i>	ожирение, метаболический синдром, преждевременные нарушения репродуктивной функции;
<i>Bmal1</i> ^{-/-}	уменьшение продолжительности жизни, увеличение перекисного окисления липидов, катаракта, уменьшение мышечной массы;
<i>Cry1</i> ^{-/-} / <i>Cry2</i> ^{-/-}	не влияет на продолжительность жизни и развитие опухолей

У лабораторных грызунов искусственное увеличение длительности светового периода на 2–4 ч продлевает продолжительность эстрального (овуляторного) цикла и в некоторых

случаях нарушает его. При постоянном (24 ч/сут) воздействии света у большинства мышей и крыс очень быстро наступает состояние, эквивалентное климаксу у женщин. В яичниках та-

ких животных обнаруживают кисты и гиперплазию клеток, продуцирующих половые гормоны. Вместо циклической секреции гонадотропинов, пролактина, эстрогенов и прогестерона, характерной для нормального репродуктивного периода, эти гормоны образуются ациклически, вызывая гиперпластические процессы в молочных железах и матке. Имеются данные, что воздействие света ночью сокращает длительность менструального цикла у женщин с длинным (более 33 дней) циклом: так, среди обследованных медицинских сестер, часто работающих в ночную смену, у 60% он стал короче (25 дней), а около 70% жаловались на его сбой. У крыс с нарушением овуляции снижается толерантность к глюкозе и чувствительность к инсулину. Установлено, что постоянное освещение увеличивает у них порог чувствительности гипоталамуса к угнетающему действию эстрогенов. Этот механизм — ключевой в старении репродуктивной системы и у самок крыс, и у женщин [6]. Итак, влияние света ночью приводит к ановуляции и ускоренному выключению репродуктивной функции у грызунов и к дисменорее у женщин.

Воздействие постоянного света усиливает перекисное окисление липидов в тканях животных и уменьшает общую антиокислительную и супероксиддисмутазную активности, тогда как применение мелатонина угнетает перекисное окисление липидов, особенно в головном мозге. Антиоксидантный эффект мелатонина, открытый Р.Рейтером в 1993 г., подтвержден в многочисленных исследованиях. Основная направленность такого действия гормона — защита ядерной ДНК, протеинов и липидов, которая проявляется в любой клетке живого организма и в отношении всех клеточных структур. Антиоксидантная активность мелатонина связана с его способностью нейтрализовать свободные радикалы, в том

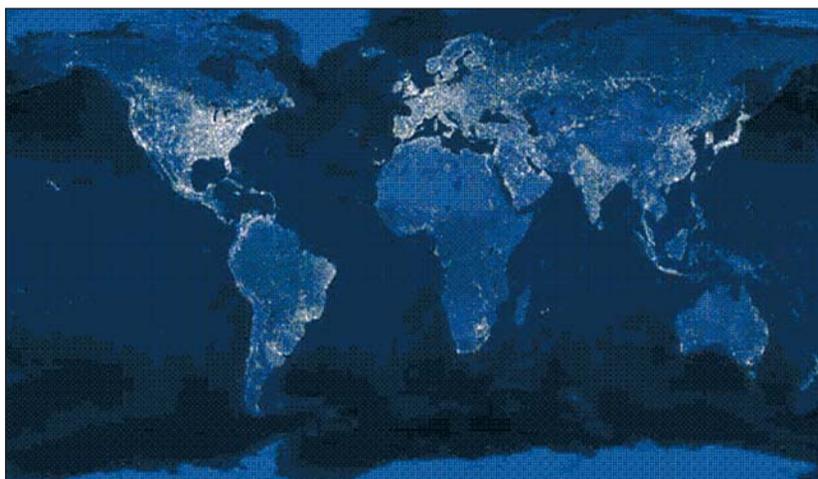


Рис.5. Вид Земли из космоса ночью.

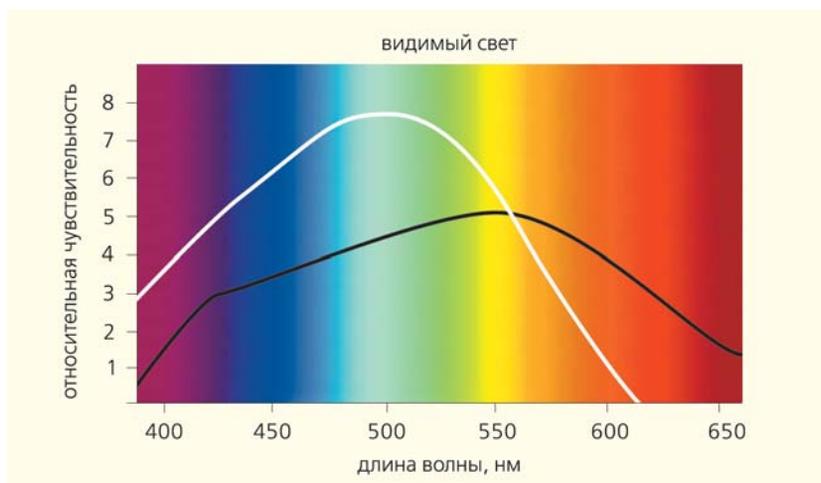


Рис.6. Солнечный спектр и чувствительность клеток сетчатки — колбочек (цветная кривая) и палочек — к свету разной длины волны.

числе образующиеся при перекисном окислении липидов, а также с активизацией глутатионпероксидазы — мощного эндогенного фактора ферментативной защиты от радикального окисления. В ряде экспериментов доказано, что мелатонин нейтрализует гидроксильные радикалы активнее, чем такие антиоксиданты, как глутатион и маннитол, а в отношении пероксильных радикалов он в два раза сильнее, чем витамин E.

Сменная работа и здоровье

В настоящее время в некоторых отраслях промышленности число людей, работающих посменно, довольно значительно: так, в США их 20%, а в большинстве стран Европейского Экономического Сообщества — 15–20% от общего количества. Очевидные проблемы со здоровьем среди сменных рабочих включают нарушения сна, метаболизма и толерантности к липидам, желудочно-кишечные заболевания, увеличение случаев сердечно-сосудистых заболеваний, возможно и развитие диабета. В этой группе чаще, чем у рабочих дневных смен, наблюдается ожирение, высокий уровень триглицеридов и холестерина, низкая концентрация липопротеинов высокой плотности. С другой стороны, имеются доказательства, что такой метаболический синдром служит фактором риска не только сердечно-сосудистых заболеваний, но и злокачественных опухолей [2, 7].

Имеются сведения о гораздо большем количестве смертей от злокачественных новообразований у сменных рабочих со стажем не менее 10 лет по сравнению с рабочими дневных смен. В Дании (около 7000 обследуемых в каждой группе) показано, что вечерняя работа достоверно увеличивает риск развития рака молочной железы у женщин в возрасте от 30 до 54 лет. Ана-

Таблица 2

Риск рака молочной железы у женщин в зависимости от экспозиции к свету в ночное время [8]

Особенности образа жизни пациентов	Риск рака молочной железы
Бессонница по ночам (1 раз в неделю)	1.14 (1.01–1.28)*
Бессонница по ночам (3 раза в неделю)	1.4 (1.0–2.0)
Бессонница по ночам (более 4-х раз в неделю)	2.3 (1.2–4.2)
Яркое освещение в спальне	1.4 (0.8–2.6)
Работа в ночную смену	1.6 (1.0–2.5)

* В скобках — 95% доверительные интервалы.

логичные наблюдения отмечены в Финляндии и США при обследовании стюардесс на предмет рака молочной железы. Установлено также, что риск рака возрастает с учащением ночной бессонницы, увеличением уровня ночного освещения и при работе в ночную смену. В последнем случае риск также возрастал с увеличением стажа работы (табл.2). В Норвегии при анализе данных о здоровье почти 45 тыс. медицинских сестер установлено, что показатель дополнительного риска рака молочной железы у работавших по ночам в течение 30 и более лет составил 2.21. Подобная картина в отношении рака толстой кишки обнаружена у длительно работавших по ночам жителей Ситэтла. Получены данные об увеличенном риске рака толстой кишки и рака прямой кишки у женщин, работающих на радио и телеграфе [9].

В 2003 г. Е.Шернхаммер и ее коллеги, проанализировав данные о состоянии здоровья 79 тыс. медсестер, обнаружили, что у работающих в ночные смены более высокий риск рака молочной железы [10]. Рак толстой и прямой кишки встречаются чаще у рабочих, имеющих не менее трех ночных смен в месяц в течение 15 и более лет. Сообщают об увеличении риска рака простаты у скандинавских пилотов авиалиний в зависимости от количества продолжительных рейсов. Механизмы, лежащие в основе увеличенного риска рака среди ночных рабочих и летных экипажей, могут быть связаны с нарушением

циркадианных ритмов и вынужденным воздействием света ночью, что и приводит к сокращению выработки мелатонина, известного биологического блокатора канцерогенеза [11].

Воздействие света и канцерогенез

Еще в 1964 г. немецкий исследователь В.Йохле отметил, что у мышей при круглосуточным освещении количество опухолей молочной железы и обусловленных ими смертей значительно больше, чем у животных, находящихся при обычном режиме. Аналогичная закономерность прослеживалась и в отношении других опухолей. В 1966 г. сотрудник Московского онкологического научного центра И.О.Смирнова обнаружила гиперпластические процессы в молочной железе и мастопатии у 78–88% самок крыс через 7 мес после начала воздействия постоянного освещения. По данным И.А.Виноградовой, при содержании крыс при постоянном освещении до 18-месячного возраста доживает чуть больше половины самок, тогда как в комнате со стандартным режимом освещения к этому сроку были живы почти 90% животных [12]. Спонтанные опухоли обнаружены у 30% крыс, содержащихся при постоянном освещении, против 16% при стандартном режиме.

В опытах, проведенных в нашей лаборатории Д.А.Батуриным, у самок мышей, несущих ген рака молочной железы

Her-2/neu, в результате постоянного освещения наблюдалось значительно больше аденокарцином молочной железы по сравнению с находящимися в стандартных условиях. Эффект был пропорционален интенсивности освещения. Воздействие постоянного освещения значительно ускоряло возрастные нарушения репродуктивной функции и существенно усиливало спонтанный канцерогенез у мышей линии СВА [4]. Постоянное освещение, начатое в возрасте 30 дней, приводило к ускоренному развитию спонтанных аденокарцином эндометрия у крыс линии ВДП/Нап.

В 1965 г. И.К.Хаецкий из Киевского Института проблем онкологии впервые сообщил о стимулирующем влиянии постоянного освещения на вызванный введением 7,12-диметилбензантрацена (ДМБА) канцерогенез молочных желез у крыс. При содержании животных с момента рождения при постоянном или стандартном освещении количество аденокарцином молочных желез у крыс, получивших ДМБА в возрасте 55 дней, составило соответственно 95 и 60%. Применение мелатонина существенно задерживало развитие индуцированных опухолей в обеих группах.

В наших опытах введение крысам, содержащимся в обычных условиях, другого канцерогена, N-нитрозометилмочевины (НММ), привело к появлению у 55% животных аденокарцином молочных желез. При постоянном освещении количество

этих новообразований значительно увеличивалось, а их латентный период уменьшался. У таких крыс ночью в сыворотке крови возрастала концентрация пролактина, а содержание мелатонина уменьшалось по сравнению с аналогичными показателями у крыс, находящихся в стандартных условиях [4].

В работе французских исследователей показано, что нарушение у крыс циркадианных ритмов, вызванное постоянным светом, стимулировало канцерогенез в печени, индуцируемый N-нитрозодизетиламином [13]. А.В.Панченко также отмечал, что при постоянном освещении у крыс увеличивалось количество аденокарцином в восходящем и нисходящем отделах толстой кишки при введении 1,2-диметилгидразина (ДМГ) по сравнению с крысами, содержащимися в стандартных условиях и также получившими этот канцероген [14].

Мы совместно с Д.Ш.Бенишвили изучали влияние постоянного освещения на трансплацентарный канцерогенез, индуцируемый N-нитрозоэтилмочевинной. Крыс на протяжении всей беременности и вскармливания потомства содержали в комнате с круглосуточно включенным светом, после чего крысят переводили на обычный режим. Выяснилось, что даже кратковременное воздействие постоянного света стимулировало рост индуцируемых опухолей нервной системы и почек у потомства по сравнению с потомством крыс, находящихся в стандартных условиях [15]. Та-

ким образом, постоянное освещение активирует индуцированные химическими канцерогенами опухоли различных локализаций.

Недавно у больных раком молочной железы (в 95% случаев) обнаружены изменения в активности трех часовых генов (*Per1*, *Per2*, *Per3*). Это может привести к нарушению контроля над нормальным циркадианным ритмом и таким образом увеличить выживание раковых клеток и усилить неопластический процесс. В настоящее время пока неясно, уникален ли ген *Per2* в качестве «супрессора опухоли» или имеются другие часовые гены с подобной противоопухолевой функцией. Механизм подавления роста опухоли также пока неясен, но имеется важное наблюдение — раковые ткани определенно связаны со специальными часовыми генами. В течение 2006 г. вышло еще шесть работ, свидетельствующих о нарушениях функций часовых генов у больных раком других локализаций [4, 9].

Данные, полученные на крысах и людях, показывают, что и в опухолях, и у самих особей значительно изменяются циркадианные ритмы. Так, в наших экспериментах у крыс, имеющих рак толстой кишки, вызванный 1,2-диметилгидразином, нарушался циркадианный ритм мелатонина в сыворотке крови, в активности пинеалоцитов и содержании биогенных аминов в супрахиазматическом ядре гипоталамуса и преоптической области [4]. Таким образом, экологические и генетические факторы, повреждающие системный и/или местный циркадианный ритм, могут ставить под угрозу временное регулирование деления клеток и таким образом усиливать рост опухоли.

Антистрессорные эффекты мелатонина

Эпифиз — важный элемент антистрессорной «оборон»

Эффекты постоянного освещения

Угнетение синтеза и секреции мелатонина
 Увеличение синтеза и секреции пролактина
 Увеличение порога чувствительности гипоталамуса к торможению эстрогенами
 Индукция ановуляции и кист яичника
 Усиление образования активных форм кислорода

Стимуляция:

атеросклероза и развития метаболического синдрома
 пролиферативных процессов и рака в молочной железе и эндометрии
 индуцированного химическими агентами канцерогенеза

организма, и мелатонину отводится в этом важная роль фактора неспецифической защиты [4, 9, 14]. У высокоорганизованных животных и тем более человека пусковым моментом при развитии стресса служат негативные эмоции. Мелатонин способствует ослаблению эмоциональной реактивности. К отрицательным последствиям стресса можно отнести усиление свободно-радикального окисления, в том числе и перекисного окисления липидов, повреждающего клеточные мембраны. Стресс обязательно сопровождается обширными сдвигами в эндокринной сфере, которые в первую очередь затрагивают гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковую систему. Участие мелатонина носит «поправочный» характер: гормон подключается к эндокринной регуляции только в случае резких отклонений в работе надпочечников.

Существует целая серия доказательств неблагоприятного влияния хронического стресса на иммунную систему. В частности, у лиц, длительное время переживающих психотравмирующую ситуацию, снижается уровень Т-лимфоцитов в крови. В этой ситуации мелатонин оказывает как прямое действие на иммунокомпетентные клетки, так и опосредованное, через гипоталамус и другие нейроэндокринные структуры [2].

Хронический стресс (например, связанный с болью или иммобилизацией) вызывает рассогласование суточных биоритмов, при этом возникают проблемы со сном, изменяется ЭЭГ, нарушается секреция ряда биологически активных соединений. И хотя основным «водителем ритма» в организме служит не эпифиз, а супрахиазматическое ядро гипоталамуса, оба этих образования взаимодействуют при посредничестве мелатонина (рецепторы к нему есть в клетках СХЯ), который способен ограничивать ход «спешащих часов» основного ритмоводителя.

Мелатонин, старение и развитие опухолей

Итак, в опытах на животных с индуцированным химическим канцерогенезом мелатонин тормозил рост опухолей различной локализации (молочной железы, шейки матки и влагалища, кожи, подкожной клетчатки, легких, эндометрия, печени, толстой кишки), что говорит о широком спектре его антиканцерогенного действия [11, 12]. Данные этих экспериментов на животных хорошо согласуются с результатами клинических наблюдений. Так, канадские исследователи обобщили результаты 10 работ, в которых использовали мелатонин для лечения онкологических больных с солидными формами опухолей [16]. У 643 пациентов, принимавших мелатонин, относительный риск смерти снизился до 0,66, причем серьезных побочных эффектов препарата в течение года не зарегистрировали.

В последнее время активно обсуждаются возможные механизмы ингибирующего дейст-

вия мелатонина на канцерогенез и старение [2, 4, 5, 9, 11]. Установлено, что он эффективен на системном, тканевом, клеточном и субклеточном уровнях (табл.3), препятствуя старению и раку. На системном уровне мелатонин снижает продукцию гормонов, способствующих этим процессам, стимулирует иммунный надзор, предупреждает развитие метаболического синдрома. Одновременно подавляется продукция свободных радикалов кислорода и активируется антиоксидантная защита. Мелатонин тормозит пролиферативную активность клеток и повышает уровень апоптоза в опухолях, но уменьшает его в нервной системе, угнетает активность теломеразы. На генетическом уровне он подавляет действие мутагенов и кластогенов, а также экспрессию онкогенов (рис.7).

Все эти данные говорят о важной роли эпифиза в развитии рака. Угнетение его функции при постоянном освещении стимулирует канцерогенез. Эпидемиологические наблюдения относительно увеличения

Таблица 3

Механизмы геропротекторного и антиканцерогенного действия мелатонина

Показатели	Влияние мелатонина на указанные показатели при:	
	старении	канцерогенезе
Уровень гонадотропинов (ФСГ и ЛГ)	↓	↓
Уровень пролактина	↓	↓
Гормон роста, инсулино-подобный фактор роста-1	↓	↓
Чувствительность к инсулину	↑	↑
Уровень эстрогенов	↓	↓
Экспрессия эстрогеновых рецепторов	↓	↓
Мутагенез	↓	↓
Кластогенное действие	↓	↓
Аддукты ДНК	↓	↓
Пролиферативная активность	↓	↓
Апоптоз	↓	↑
Образование активных форм кислорода	↓	↓
Система антиоксидантной защиты	↑	↑
Усвоение линолевой кислоты	↓	↓
Иммунный надзор	↑	↑
Генная экспрессия иммуномодулирующих цитокинов	↑	↑
Активность теломеразы	↑	↓
Экспрессия онкогенов (<i>Her-2/neu, ras</i>)	↓	↓



Рис. 7. Молекулярные механизмы влияния света и мелатонина на старение и рак.

риска рака молочной железы и рака толстой кишки у рабочих ночных смен соответствуют результатам экспериментов на грызунах. Применение эпифизарного гормона угнетает канцерогенез у животных и при обычном световом режиме, и при постоянном освещении. Значит, мелатонин может оказаться весьма эффективным для профилактики рака, особенно в северных регионах, где летом всегда светло («белые ночи»), а в течение долгой полярной

ночи всюду горит электрический свет.

В отличие от многих гормонов, действие мелатонина на клеточные структуры зависит не только от его концентрации в крови и межклеточной среде, но и от исходного состояния клетки. Это позволяет считать мелатонин универсальным эндогенным адаптогеном, поддерживающим баланс организма на определенном уровне и способствующим адаптации к непрерывно меняющимся условиям

окружающей среды и локальным воздействиям на организм.

В настоящее время во многих странах выпускаются препараты мелатонина, которые зарегистрированы в качестве лекарственных или как биологически активные добавки. Сегодня уже накоплен некоторый опыт их применения при лечении различных заболеваний, прежде всего при нарушениях сна, язвенной болезни желудка и двенадцатиперстной кишки, гипертонической болезни [2, 9, 16].

В многочисленных исследованиях показано, что мелатонин замедляет процессы старения и увеличивает жизнь лабораторных животных — дрозофил, плоских червей, мышей, крыс. Определенный оптимизм вызывают публикации о его способности повышать устойчивость к окислительному стрессу и ослаблять проявления некоторых ассоциированных с возрастом заболеваний людей, таких как макулодистрофия сетчатки, болезнь Паркинсона, болезнь Альцгеймера, гипертоническая болезнь, сахарный диабет. Всесторонние клинические испытания этого гормона существенно расширят его применение для лечения и профилактики возрастных заболеваний и, в конечном счете, преждевременного старения. ■

Работа выполнена при поддержке гранта НШ-5054-2006.4.

Литература

1. Fu L., Pelicano H., Liu J. et al. // Cell. 2002. V.111. P.41—50.
2. Комаров Ф.И., Рапопорт С.И., Малиновская Н.К., Анисимов В.Н. Мелатонин в норме и патологии. М., 2004.
3. Hurd M.W., Ralph M.R. // J. Biol. Rhythms. 1998. V.13. P.430—436.
4. Anisimov V.N. // Neuroendocrinol. Lett. 2006. V.27. P.35—52.
5. Stevens R.G. // Cancer Causes Control. 2006. V.17. P.501—507.
6. Dilman V.M., Anisimov V.N. // Exp. Gerontol. 1979. V.14. P.161—174.
7. Анисимов В.Н. Молекулярные и физиологические механизмы старения. СПб., 2003.
8. Davis S., Mirck D.K., Stevens R.G. // J. Natl. Cancer Inst. 2001. V.93. P.1557—1562.
9. Анисимов В.Н., Виноградова И.А. // Вопр. онкол. 2006. Т.53. №5. С.491—498.
10. Schermbammer E.S., Laden F., Spezer F.E. et al. // J. Natl. Cancer Inst. 2003. V.95. P.825—828.
11. Anisimov V.N., Popovich I.G., Zabezhinski M.A. et al. // Biochim. Biophys. Acta. 2006. V.1757. P.573—589.
12. Виноградова И.А., Шевченко А.И. // Мед. акад. ж. 2005. Т.3. Прилож.7. С.18—20.
13. Heiligenberg S.van den, Depres-Brummer P., Barbason H. et al. // Life Sci. 1999. V.64. P.2523—2534.
14. Панченко А.В. // Мед. акад. ж. 2005. Т.3. Прилож.7. С.32—33.
15. Beniasvili D.S., Benjamin S., Baturin D.A., Anisimov V.N. // Cancer Lett. 2001. V. 163. P.51—57.
16. Mills E., Wu F., Seely D., Guyatt G. // J. Pineal Res. 2005. V.39. P.360—366.



Поиски пентакварка продолжаются!

П.Ф.Ермолов, А.В.Кубаровский, В.А.Никитин

Неискушенный в физике читатель, взглянув на название, подумает, что авторы хотят заинтриговать его излишне эмоциональной фразой. Но она действительно отражает необычно острую и противоречивую ситуацию, сложившуюся сейчас с открытием и исследованием некоторых субъядерных частиц.

Современная картина физического мира на элементарном уровне представляется Стандартной моделью — теорией, которая успешно работает более 30 лет. Стандартная модель включает в себя теорию электрослабых взаимодействий Глэшоу—Вайнберга—Салама и теорию сильных взаимодействий — квантовую хромодинамику.

Экзотические частицы

В Стандартной модели фундаментальными составляющими вещества являются шесть лептонов и шесть кварков. Первые три легких кварка обозначаются буквами *u*, *d* и *s*, от английских слов *up* (верхний), *down* (нижний) и *strange* (странный). Переносчиками взаимодействий служат бозоны: фотон, векторные бозоны и глюоны. Теория сильных взаимодействий описывает силы, удерживающие кварки внутри адронов — частиц, из которых, в частности, состоит вещество. В соответствии с этой теорией кварки взаи-



Павел Федорович Ермолов, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий отделом экспериментальной физики высоких энергий Научно-исследовательского института ядерной физики им.Д.В.Скобелева МГУ. Занимается экспериментально-теоретическими исследованиями электрослабых и сильных взаимодействий. Лауреат премии Совета Министров СССР (1984).



Алексей Валерьевич Кубаровский, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник того же отдела. Область научных интересов — экспериментальное исследование рождения очарованных частиц, экзотических барионных состояний, адронная спектроскопия.



Владимир Алексеевич Никитин, доктор физико-математических наук, профессор, начальник сектора Лаборатории физики частиц Объединенного института ядерных исследований. Лауреат Государственной премии СССР (1983).

модействуют друг с другом, обмениваясь особыми частицами — глюонами. Кварки, лептоны и глюоны на данном уровне наших знаний оказываются истинными элементарными час-

тицами, т.е. не имеют внутренней структуры.

Адроны, имеющие сложную структуру, в зависимости от кваркового состава делятся на мезоны и барионы; мезоны со-

© Ермолов П.Ф., Кубаровский А.В., Никитин В.А., 2007

стоят из кварка и антикварка ($q\bar{q}$), а барионы — из трех кварков (qqq). Самые «популярные» адроны — протоны и нейтроны, слагающие ядер всех химических элементов. Кварковый состав протона — два u -кварка и один d -кварк (uud), а нейтрона — udd . В протоне постоянно возникают и исчезают кварк-антикварковые пары и глюоны, что характерно для сильного взаимодействия. Здесь нас будет интересовать еще и «странный» s -кварк, который входит в состав K -мезонов и странных барионов — гиперонов. Такие частицы в 40-х годах были обнаружены в космических лучах, а сейчас в больших количествах рождаются на ускорителях. K -мезоны и гипероны характеризуются странностью — квантовым числом, которое указывает на наличие в их составе хотя бы одного странного кварка. Странность s -кварка равна минус единице, поэтому обычные барионы не могут иметь положительную странность.

На сегодняшний день квантовая хромодинамика достаточно хорошо описывает все многообразие экспериментально наблюдаемых мезонов и барионов, объединяя их в мультиплеты (октеты, нонеты и декуплеты), подобно тому, как таблица Менделеева объединяет химические элементы (рис.1). Кроме того, эта теория предсказывает и другие, «экзотические», объекты, такие как глюболы (связанные состояния глюонов, gg), ги-

бриды (связанные состояния кварков и глюонов $qq\bar{q}$), а также многокварковые состояния, например тетракварки ($qq\bar{q}\bar{q}$) и пентакварки ($qqqq\bar{q}$).

О возможности существования пентакварков в начале 60-х годов упоминал один из создателей теории кварков М.Гелл-Манн, а также известный физик-теоретик Р.Джаффе из Массачусетского технологического института. Джаффе предложил описание пентакварков в рамках созданной им «модели мешков» [1]. В этой модели адроны рассматривались как своеобразные пузырьки — «мешки», внутри которых движутся кварки, кварк-антикварковые пары и глюоны. Попытки экспериментально зарегистрировать свободные кварки или глюоны не увенчались успехом. Поэтому в Стандартной модели постулируется свойство пленения или невыедания кварков и глюонов из адронов. Во всех предложенных моделях пентакварки были очень тяжелыми и имели очень малое время жизни.

Время жизни нестабильной системы однозначно связано с неопределенностью ее массы. Это правило в квантовой механике называется соотношением неопределенности время-энергия (или масса). Вместо термина «время жизни» физики зачастую предпочитают использовать понятие «ширина распада», т.е. чем больше время жизни частицы, тем меньше ее ширина (интервал, в котором лежит ее энергия,

или, иначе, масса). С точки зрения экспериментатора этот термин означает разброс (дисперсию) результатов измерения массы на большой статистике событий. В кварковой модели, согласно наиболее популярным теориям, пентакварки должны иметь массу порядка 2 ГэВ и ширину порядка сотен МэВ, что делает наблюдение таких частиц очень сложным.

Экспериментальное наблюдение экзотических состояний и изучение их свойств стало бы, несомненно, очень ценным материалом для дальнейшего развития теории сильных взаимодействий. На сегодняшний день среди мезонов наблюдаются кандидаты в глюболы и другие экзотические резонансы (включая открытые недавно в нескольких лабораториях тяжелые резонансы $X(3872)$, $X(3970)$, $Y(4260)$), однако окончательно эти результаты еще не интерпретированы. Экзотические барионы до недавнего времени не регистрировались.

Другим подходом в описании строения барионов служит так называемая «модель киральных солитонов», которая также основывается на решениях уравнений квантовой хромодинамики и разрабатывается теоретиками в течение нескольких десятков лет. Киральные солитонные модели предложены английским физиком Т.Скирмом в 1961 г. [2]. Предполагается существование поля с нелинейным самодовольствием. Кванты или частицы этого поля по своим свойствам близки к хорошо известным π -мезонам. При возбуждении такого поля возникают уединенные волны — солитоны. Явление солитонов привычно для макроскопической физики (например, волны цунами — это солитоны). Модели основаны на малом количестве исходных принципов и дают возможность весьма экономного описания барионных систем с различными свойствами. В их рамках утверждается, что все легкие барионы — это солитонные решения уравнений кванто-

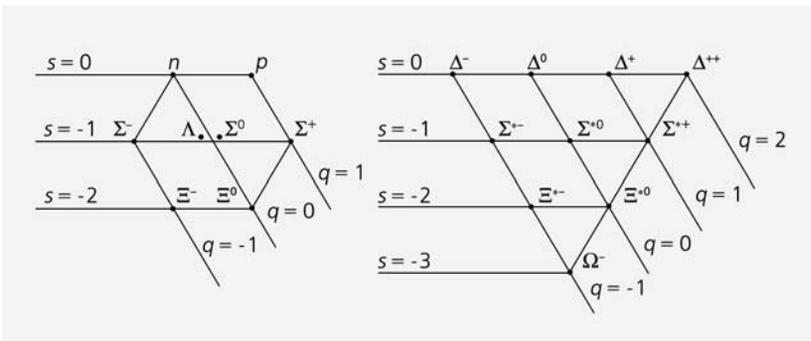


Рис.1. Октет и декуплет барионов, построенные на основе кварковой модели квантовой хромодинамики. Странность обозначена буквой s , а заряд — q .

вой хромодинамики, т.е., например, протон состоит не из трех точечных кварков, а представляет собой размазанное в пространстве поле. Так удается неплохо описать массовые спектры известных легких барионов, а заодно и предсказать существование антидекуплета пентакварков, с детальным описанием их свойств и распадов. Термин «антидекуплет» означает лишь то, что на рис.2 фигура перевернута вершиной вверх по сравнению с фигурой на рис.1. Но так же, как на рис.1, странность представленных частиц возрастает снизу вверх. В нижнем ряду находятся частицы с двумя странными кварками, т.е. имеющие странность -2 . А в вершине располагается пентакварк Θ^+ с экзотической странностью $+1$. Основываясь на модели киральных солитонов, в 1987 г. польский теоретик М.Прасалович предсказал существование легкого пентакварка с массой 1530 МэВ, однако в его теории было много свободных параметров, поэтому для экспериментальной проверки она не годилась. Ситуация изменилась в 1997 г. после опубликования статьи теоретиков из Санкт-Петербурга Д.Дьяконова, В.Петрова и М.Полякова, в которой предсказывалось существование антидекуплета легких пентакварков. Для построения антидекуплета авторы взяли ранее наблюдавшуюся частицу $N(1710)$, предположив, что она состоит из пяти кварков. В ре-

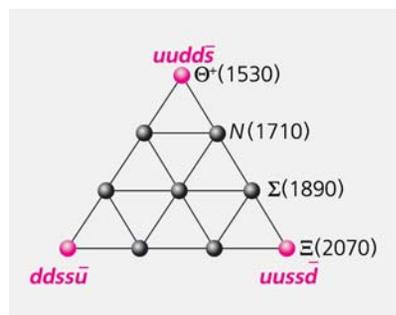


Рис.2. Антидекуплет пентакварков, предложенный Дьяконовым, Петровым и Поляковым.

зультате на верхушке треугольника оказался Θ^+ -барион с массой 1530 МэВ, шириной распада < 15 МэВ, кварковым составом $uudd\bar{s}$ и положительной странностью (см. рис.2). Θ^+ -барион должен был распадаться на нейтрон и K^0 -мезон, и это давало экспериментаторам прямое указание, в каких реакциях следует искать экзотическую частицу [3].

Первые экспериментальные намеки

Первое сообщение о наблюдении Θ^+ -бариона поступило в начале 2003 г. из Японии. Коллектив сотрудничества LEPs, работающий на японском ускорителе SPring-8, наблюдал около 20 событий, в которых рождалась частица с массой около 1540 МэВ и шириной $\Gamma < 25$ МэВ, распадающаяся на нейтрон и K^+ -мезон. Такой распад позволяет однозначно определить странность Θ^+ -бариона: она оказалась равной $+1$, и, следовательно, минимальный кварковый состав данной частицы — $uudd\bar{s}$ [4]. Вскоре после этого о наблюдении Θ^+ -бариона сообщила группа DIANA из московского Института теоретической и экспериментальной физики

(ИТЭФ), которая заново обработала данные, полученные в 80-х годах в эксперименте с ксеноновой пузырьковой камерой. В том эксперименте пентакварк наблюдался в пучке K^+ -мезонов, взаимодействовавших с ядрами ксенона, и распался на странный K^0 -мезон и протон [5].

Поскольку в такой реакции странность тоже равна $+1$, можно с уверенностью говорить о наблюдении пентакварка. Эти эксперименты подстегнули физиков из других лабораторий, и вскоре (в 2004 г.) о регистрации пентакварка доложили сотрудники сотрудничества CLAS (Лаборатория им.Т.Джефферсона, США), Saphir (ELSA, Германия), Hermes и ZEUS (DESY, Германия), COSY-TOF (COSY, Германия), СВД-2 (Институт физики высоких энергий — ИФВЭ). О наблюдении Θ^+ -бариона сообщили также группы экспериментаторов, которые анализировали данные, полученные на пузырьковых камерах Национальной лаборатории им.Э.Ферми (США), ЦЕРН и Объединенного института ядерных исследований (ОИЯИ) [6]. На рис.3 схематически изображен процесс возможного образования пентакварка на установке CLAS в США.

Описать необычные свойства этой частицы (малую массу и ширину) взялись многие изве-

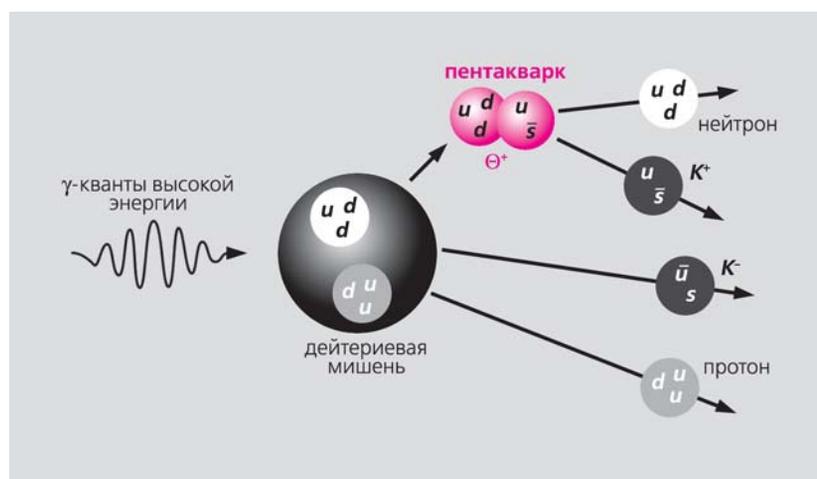


Рис.3. Иллюстрация процесса, в котором рождается пентакварк в эксперименте (Jefferson Lab., США).

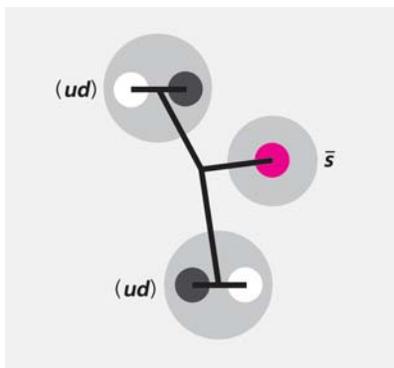


Рис.4. В модели Джаффе—Вилчека пентакварк может представлять собой связанную систему из двух дикварков и одного антикварка.

стные теоретики, предлагавшие самые различные теоретические модели. Уже упоминавшийся Джаффе и лауреат Нобелевской премии Ф.Вилчек предложили свою модель, в которой пентакварк состоял из двух дикварков (ud) и странного антикварка \bar{s} (рис.4) [7]. В других моделях пентакварк представлял собой связанное состояние трикварка и дикварка, а некоторые теоретики предлагали модель KN -молекулы. В общей сложности за два года появилось около 500 теоретических работ, в которых развивались старые и новые подходы в описании многокварковых систем. По этому поводу на одной из конференций Прасалович заметил, что «теоретическое обоснование существования пентакварков с малой шириной на сегодняшний день дано во многих различных моделях, и если в экспериментах с высокой статистикой обнаружить пентакварки не удастся, то это будет еще большей загадкой, чем их необычно малая масса и ширина».

Растущая неуверенность

К началу 2004 г. число положительных результатов стало приближаться к полутора десяткам, и казалось, что нет никаких сомнений в том, что Θ^+ -барион

существует. Однако появились работы некоторых авторов, в которых высказывались предположения о том, что наблюдаемая частица может быть результатом ошибки в анализе экспериментальных данных, «отражением» других, уже известных резонансов или же просто флуктуацией, поскольку статистика положительных экспериментов была не очень высока. Стали появляться сообщения о результатах других экспериментов, например HERA-B (DESY), BES-II (ИФЭР, Китай), ALEPH (ЦЕРН), CDF, HyperCP (Национальная лаборатория им.Э.Ферми), SPHINX (ИФВЭ, Россия), а также экспериментов на так называемых B -фабриках — Belle (КЕК, Япония) и BaBar (SLAC, США), в которых пентакварк с массой 1530 МэВ обнаружен не был [6]. Надо заметить, что большинство отрицательных результатов было получено либо на e^+e^- -коллайдерах, либо в экспериментах с адронными пучками высокой энергии. А по мнению некоторых теоретиков и экспериментаторов, в подобных экспериментах вероятность наблюдать частицу из пяти кварков очень низка. Необходимо было провести ряд экспериментов и набрать статистику, достаточную для того, чтобы убедительно доказать или же убедительно опровергнуть существование загадочной частицы. И такие эксперименты были поставлены физиками из групп LEPs, CLAS и COSY-TOF. В это же время группа DIANA из ИТЭФ обрабатывала оставшуюся часть своих данных, а в нашем эксперименте СВД-2 создавались новые алгоритмы, которые могли позволить примерно на порядок увеличить статистику.

Результаты новых экспериментов на установке CLAS появились в начале 2006 г. [8]. В этих экспериментах с высокой статистикой была сделана попытка подтвердить предыдущий положительный результат, обнаруженный тем же коллективом в 2003 г., а также ис-

следовать возможное рождение Θ^+ -бариона в других реакциях, где пучок энергичных гамма-квантов взаимодействовал с протоном, нейтроном или ядром дейтерия. Однако обнаружить пентакварк не удалось. Пришлось признать, что предыдущие положительные результаты оказались игрой статистики и каких-то других физических процессов, которые не были учтены при анализе данных. Новые эксперименты CLAS поставили под сомнение и результаты сотрудничества SAPHIR, поскольку была исследована похожая реакция с большей статистикой. В то же самое время были представлены новые результаты первооткрывателей пентакварка — японского сотрудничества LEPs и российского DIANA. В японском эксперименте было подтверждено образование Θ^+ -бариона при взаимодействии гамма-квантов с ядрами дейтерия, а группа DIANA, обработав все свои данные, показала, что в эксперименте действительно наблюдается узкий резонанс с положительной странностью. Пик остался на месте [9].

Наше «да»

Экспериментальная установка СВД (Спектрометр с вершинным детектором) была создана в начале 90-х годов сотрудничеством Научно-исследовательского института ядерной физики МГУ (НИИЯФ МГУ), ИФВЭ, ОИЯИ при участии Тбилисского государственного университета. Установка предназначалась для исследования редких случаев рождения «очарованных» частиц (которые содержат в своем составе тяжелый s -кварк) на ускорителе У-70. На первом этапе исследований в качестве вершинного детектора и мишени использовалась специально разработанная водородная пузырьковая камера — прибор, позволяющий фотографировать треки заряженных частиц, которые

рождаются при взаимодействии пучка протонов с веществом самой камеры. Пузырьковая камера — очень точный прибор (пространственное разрешение пузырьковой камеры на СВД было около 3 мкм), однако медленный — на СВД было обработано всего около 100 тыс. фотографий [10]. Поэтому для второго этапа исследований было принято решение существенно модернизировать установку. Вместо пузырьковой камеры был установлен впервые разработанный в России прецизионный вершинный детектор на основе кремниевых полупроводниковых сенсоров. Детектор и считывающая сигналы электроника были спроектированы в НИИЯФ МГУ, ИФВЭ в сотрудничестве с предприятиями электронной промышленности Зеленограда (рис.5). Вершинный детектор регистрирует вершину взаимодействия пучка протонов с веществом мишени и углы вылета заряженных частиц, которые потом отклоняются сильным магнитным полем, и их импульсы измеряются с помощью магнитного спектрометра общей длиной около 4 м. Спектрометр

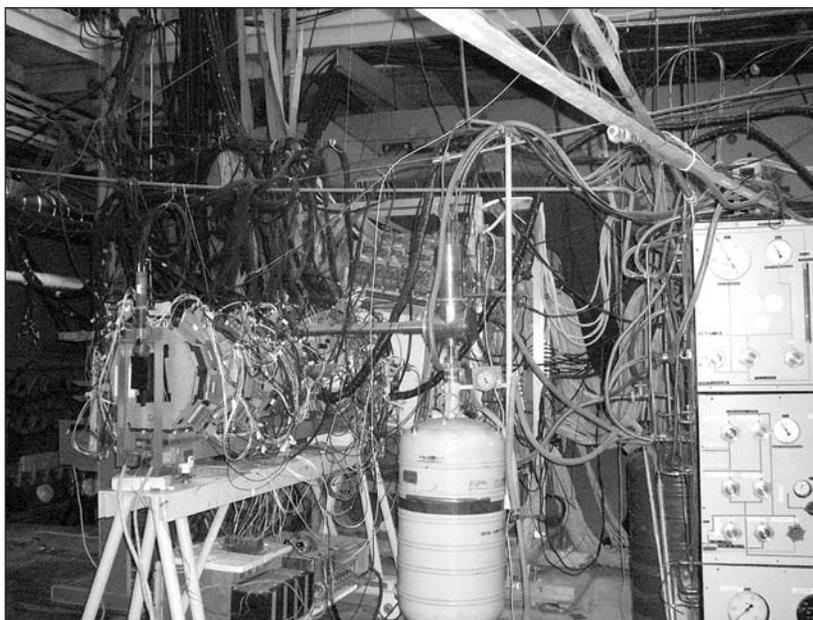


Рис.5. Прецизионный микростриповый вершинный детектор установки СВД-2, установленный на оптической скамье. Детектор, находящийся в светонепроницаемом корпусе, соединяется с помощью кабелей с модулями считывающей электроники.

состоит из 18 пропорциональных камер, регистрирующих момент пролета заряженной частицы. В состав установки СВД-2 входит также детектор черенковского излучения, поз-

воляющий определять тип частицы (он отделяет протоны от π - и K -мезонов), а также многоканальный детектор гамма-квантов. Схематически установка СВД-2 изображена на рис.6.

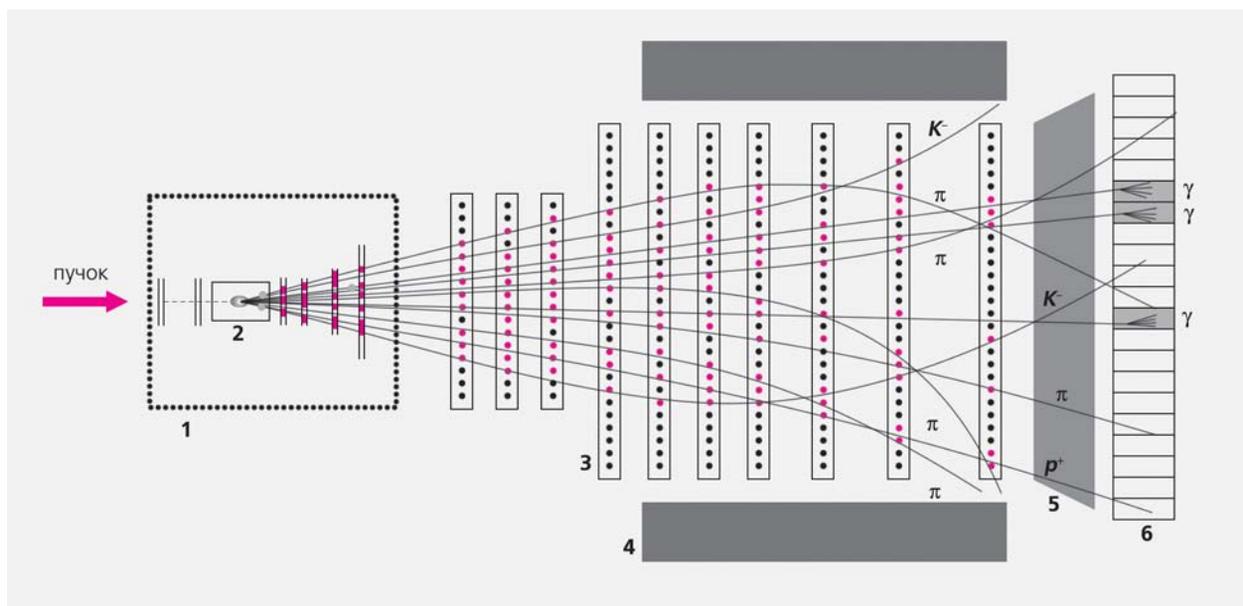


Рис.6. Экспериментальная установка СВД-2 (схема). 1 — микростриповый вершинный детектор, 2 — ядерная мишень, 3 — магнитный спектрометр с пропорциональными камерами, 4 — магнит, 5 — детектор черенковского излучения, 6 — детектор гамма-квантов.

В 2002 г. на модернизированной установке СВД-2 был проведен один сеанс работы и получено около 50 млн событий взаимодействия протонов с ядрами кремния, свинца и углерода. Эти события были проанализированы с помощью программ реконструкции, созданных в НИИЯФ МГУ. Для обработки предварительно отобранных 20 млн событий был привлечен высокопроизводительный компьютерный кластер Научно-исследовательского вычислительного центра МГУ. В результате был проанализирован спектр масс системы, состоящей из протона и нейтрального K^0 -мезона. Для повышения достоверности результатов было сделано две независимые выборки: отдельно рассматривались K^0 -мезоны, которые распадались на расстоянии до 35 мм, и K^0 -мезоны, которые распадались на расстоянии от 35 до 600 мм от мишени. Треки от распадов K^0 -мезонов первого типа регистрируются в вершинном детекторе, поэтому измерения углов их вылета точнее, чем для K^0 -мезонов второго типа, где

для измерения углов используется магнитный спектрометр.

После восстановления вершин распадов K^0 -мезонов были построены распределения по инвариантной массе K^0p -системы и обнаружен узкий пик в массе 1523 ± 3 МэВ для обеих выборок (рис.7). Статистическая значимость пика в обоих случаях около 6 стандартных отклонений, а суммарное число событий порядка 390 [11]. Этот результат подтверждает предыдущий положительный результат СВД-2, который был опубликован в журнале «Ядерная Физика» в 2005 г. [12], полученный на меньшей статистике, и на сегодняшний день остается самым значимым результатом в мире среди экспериментов, где наблюдался узкий барион с массой около 1530 МэВ.

Физики из группы СВД-2 внимательно проинспектировали полученный результат. Во-первых, было проверено, не является ли наблюдаемый пик каким-то артефактом, который получается из-за неправильно работающих программ реконструкции.

Все события-кандидаты были просмотрены с помощью программы, визуализирующей на экране монитора восстановленные треки. Учитывались также возможные «отражения» известных частиц в эту область масс — такие эффекты в принципе могут наблюдаться, если детектируемые частицы неправильно идентифицируются, например реальный π -мезон принимается за протон. В данном эксперименте такие отражения не наблюдались. Все эти проверки подтвердили, что в эксперименте действительно наблюдается резонанс, обладающий узкой шириной. Дальнейшее изучение его свойств показало, что резонанс рождается преимущественно с малым продольным импульсом в системе центра масс. Модель, в которой пентакварки образуются в этой кинематической области, была недавно предложена теоретиком из Физического института РАН С.П.Барановым [13].

Данные, полученные на СВД-2, могут объяснить отрицательные результаты некоторых экспериментов с протонными

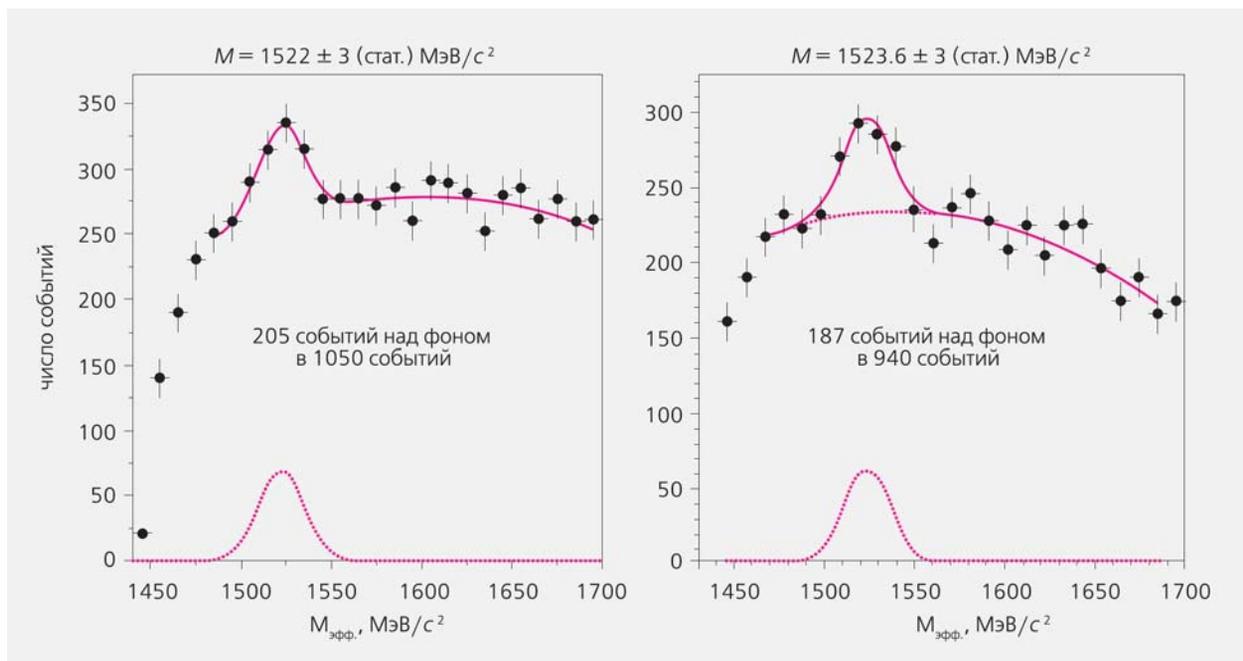


Рис.7. Спектры масс системы K^0p , зарегистрированные в эксперименте СВД-2. Слева — вершина распадов и импульсы K -мезонов регистрировались в вершинном детекторе и спектрометре. Справа — только в спектрометре. В обоих спектрах виден пик, соответствующий образованию Θ^+ -бариона.

пучками, например SPHINX или NucleonCP, которые работали в совершенно другой кинематической области. К сожалению, для более детального изучения свойств наблюдаемого резонанса 400 событий недостаточно, так как фон велик. Необходим новый эксперимент, со статистикой по крайней мере в десять раз большей. Эксперименты на СВД-2 продолжаются — в настоящее время установка находится в состоянии активной модернизации. Устанавливается новый, улучшенный вершинный детектор, новая, специально разработанная в ОИЯИ система трековых дрейфовых камер, построенная на основе технологии «straw tube», новая электроника гамма-детектора. Модернизируется триггерная система и система сбора данных, что позволит существенно увеличить эффективность установки и скорость набора статистики. В декабре 2006 г. на модернизируемой установке СВД-2М был проведен эксперимент «Термализация» по изучению предельных множественностей вторичных частиц.

Кто поставит точку?

Вопрос о существовании пентакварка или, возможно, ка-

кого-то другого объекта с аналогичными свойствами до сих пор остается открытым. Авторы некоторых обзоров уже решили для себя, что пентакварк не существует, попросту игнорируя положительные результаты, полученные международными сотрудничествами. Однако недавно, например, появилась теоретическая работа, в которой показывается, что последние результаты эксперимента CLAS на дейтроне не противоречат теории и не могут однозначно опровергать положительные результаты [14]. В другой теоретической работе с участием Дьяконова и Полякова предлагается искать пентакварк в новых данных эксперимента CLAS, учитывая квантовую интерференцию [15]. Стоит отметить также и возможные наблюдения других кандидатов в пентакварки — $\Theta_c^0(3100)$, Ξ^- , $\Xi^0(1860)$, $\Theta^{*+}(1530)$ и $N(1680)$, о которых сообщают соответственно сотрудничества H1 (DESY, Германия), NA49 (CERN, Швейцария), STAR (BNL, США) и GRAAL (ESRF, Франция). Поэтому окончательный ответ может быть получен только после анализа данных новых экспериментов с большой статистикой в достаточно широкой кинематической области. Особенно это касается тех экспери-

ментов, положительные результаты которых опровергнуть пока не удалось.

Экспериментаторы не сидят сложа руки — ведется набор статистики на коллайдере HERA (DESY, Германия), где работает установка ZEUS, оборудованная новым вершинным детектором. Дальнейшие эксперименты по поиску пентакварка намечены в Японии. Ну и, наконец, планируется эксперимент на установке СВД-2, в котором предполагается набрать статистику, десятикратно превышающую ту, которая есть на сегодняшний день. Новые детекторы, мишень и специальный триггер делают установку СВД-2 подходящей для поиска не только пентакварков, но и других редких адронных состояний, существование которых до сих пор остается под вопросом.

Предсказание существования пентакварков в 1997 г. и последующие положительные результаты дали хороший толчок и экспериментаторам, и теоретикам. Наука обогатилась новыми знаниями о физике адронов, независимо от того, каким будет окончательный вердикт физического сообщества о существовании пентакварков — этих необычных, экзотических частиц. ■

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проекты 05-02-17693, 06-02-16954, 06-02-81010-Бел, 06-02-99017-с) и Совета по грантам Президента РФ (грант НШ-8122.2006-2).

Литература

1. Jaffe R.L. // Phys. Rev. D. 1977. V.15. P.281.
2. Skyrme T.H.R. // Proc. Roy. Soc. Lond. A. 1961. V.262. P.237—245.
3. Diakonov D., Petrov V., Polyakov M. // Z. Phys. A. 1997. V.359. P.305.
4. LEPs Collaboration, Nakano T. et al. // Phys. Rev. Lett. 2003. V.91. P.012002.
5. DIANA Collaboration, Barmin V. et al. // Phys. Atom. Nucl. 2003. V.66. P.1715—1718.
6. Review: Danilov M. // e-Print Archive: hep-ex/0509012.
7. Jaffe R.L. and Wilczek F. // Phys. Rev. Lett. 2003. V.91. P.232003.
8. CLAS Collaboration, McKinnon B. et al. // Phys. Rev. Lett. 2006. V.96. P.212001.
9. DIANA Collaboration, Barmin V. et al. // e-Print Archive: hep-ex/0603017.
10. SVD Collaboration, Amaglobeli N.S. et al. // Phys. Atom. Nucl. 2001. V.64. P.891—901.
11. SVD Collaboration, Aleev A. et al. // e-Print Archive: hep-ex/0509033.
12. SVD Collaboration, Aleev A. et al. // Phys. Atom. Nucl. 2005. V.68. P.974—981.
13. Baranov S.P. // Bulletin of the Lebedev Physics Institute. 2006. V.12. P.1.
14. Guzey V. // e-Print Archive: hep-ph/0608129.
15. Amarian M., Diakonov D., Polyakov M. // e-Print Archive: hep-ph/0612150.

Техника**Тримаран — «рассекатель волн»**

К 2009 г. должен быть готов для первого кругосветного плавания (с посещениями портов) тримаран «Planet Solar» («Солнечная планета»). Этот «рассекатель волн» имеет 30 м в длину, 16 в ширину, а 180 м² солнечных батарей позволят ему использовать лишь солнечную энергию.

Автор этого проекта, швейцарский искатель приключений Р.Домьян, разделит право управления тримараном с Ж.д'Абовиллем, который знаменит тем, что неоднократно пересекал Тихий и Атлантический океаны на веслах. На борту тримарана вся электроника будет работать на топливных батареях. Предполагается, что к 2011—2012 гг. новые солнечные батареи позволят осуществить кругосветное плавание за 80 дней, и к тому же без остановок.

Sciences et Avenir. 2007. №719. P.24 (Франция).

Охрана природы**Вымер черный западный носорог**

На протяжении многих лет зоологи пытаются уточнить судьбу черных носорогов Камеруна. (Всемирным фондом дикой природы еще 1979 г. был объявлен Годом охраны носорогов.)

Камерун стал убежищем последних особей одного из четырех подвидов черного носорога (*Diceros bicornis*), который называют западным. Его следы находили почти регулярно, но никогда не удавалось наблюдать животное в естественной среде обитания. Чтобы исключить какие-либо сомнения и окончательно выяснить судьбу западного носорога, ветеринары И. и Ж.-Ф.Лагро (I., J.-F.Lagrot) в сотрудничестве с П.Буром

(P.Bour) — французом, поселившимся в Камеруне и основавшим ассоциацию «Симбиоз», провели длительное и тщательное обследование ареала этого животного. После шестимесячных пешеходных осмотров возможных мест его обитания и 48 патрульных поездок не осталось никаких сомнений: черный западный носорог исчез с лица Земли, став жертвой браконьеров. А следы животного, которые они смогли заметить, были сфабрикованы браконьерами, которые хотели скрыть его истребление, чтобы сохранить незаконный промысел.

Terre Sauvage. Decembre 2006 — Janvier 2007. №223. P.55 (Франция).

Метеорология**Частота циклонов и пески Сахары**

Анализируя траекторию ветров, «нагруженных» песками Сахары, по сделанным между 1982 и 2005 гг. спутниковым снимкам, группа А.Эвана (A.Evan; Университет Висконсин-Мэдисон, США) установила, что в период, когда многочисленные песчаные бури разыгрываются над Сахарой, меньше ураганов формируется над Атлантикой, и наоборот. По мнению исследователей, облака сахарского песка могут уменьшить или даже предотвратить формирование циклонов над Северной Атлантикой: слой сухого воздуха, насыщенный песком, должны ограничивать восходящие воздушные потоки, ослабляя таким образом зарождающиеся циклоны, которым для развития и накопления мощности необходимы тепло и влага, доставляемые этими потоками. Учитывая эволюцию песчаных ветров, метеорологи могут эффективнее прогнозировать появление циклонов над Северной Атлантикой.

Science et Vie. 2006. №1071. P.38 (Франция).

Охрана природы**Почем суп из акульных плавников?**

Торговля плавниками акул ежегодно требует промысла 73 млн этих пластиножаберных рыб. По данным специалистов из Гонконга, Японии и США, эта величина втрое превышает оценки, до сих пор приводимые ФАО (Организация ООН по продовольствию и сельскому хозяйству). Ученые собрали сведения по тоннажу плавников, продаваемых на главных рынках Азии, а с помощью компьютерной системы управления промыслами получили затем оценки массы и размера плавников, веса живых акул и количественно определили число отловленных акул (один из наиболее добываемых видов — голубая акула). Основная часть этой торговли приходится на Китай, где суп из акульных плавников стоит до 75 евро. Sciences et Avenir. 2006. №718. P.34 (Франция).

Биотехнология**Бумага из тростника**

Французские специалисты разработали дешевую и безвредную технологию получения бумажной массы из отходов сахарного производства. Дело в том, что после извлечения сока из сахарного тростника остается много жома, который состоит из целлюлозы и лигнина. Для отделения целлюлозы исследователи предложили использовать трутовик — киноварный гриб (*Puccinotium cinnabarinus*), который вырабатывает фермент лакказу, разрушающий лигнин. Чтобы увеличить «производительность» гриба, добавляли этанол. Новый технологический процесс требует в два раза меньших затрат энергии по сравнению с обычным.

Поскольку изготавливать целлюлозу с применением лак-

казы можно из разных видов отходов, в частности из древесины или соломы, эта идея может заинтересовать производителей бумаги не только в тропических странах.

Science et Vie. 2006. №1071. P.32 (Франция).

Палеонтология

Древность пчелы — 100 миллионов лет

Ископаемая пчела возрастом 100 млн лет заставляет отодвинуть предполагаемое время появления этого насекомого почти на 60 млн лет. Видовое название — *Melitosophex burmensis* — этой пчеле дано Дж.Пойнаром (G.Poinar; Университет штата Орегон, США), который обнаружил ее исключительно хорошо сохранившейся в янтарной «гробнице». Включая одновременно характерные особенности и ос, и пчел, это ископаемое насекомое может явиться тем звеном, которого не хватало между двумя семействами перепончатокрылых. Кстати, столь раннее появление пчел способствовало быстрому распространению цветковых растений.

Science et Vie. 2006. №1071. P.14 (Франция).

Орнитология

В Индии открыт новый вид птиц

Крупнейшим открытием орнитологов Индии за последние 60 лет стало обнаружение на северо-востоке страны ранее неизвестной птицы, названной *Bugun liocicbla* — по имени племени, живущего в индийском штате Арунахал Прадеш, граничащем с Бутаном, Китаем и Бирмой.

Впервые эту небольшого размера птицу с оперением желтого, черного, красного и белого цветов заметил в 1995 г.

астроном. В 2005 г. он наблюдал ее во второй раз. Интересно, что птица обитает в зоне, протянувшейся более чем на 1000 км от места, где ее впервые обнаружили. После многочисленных проверок, сопоставлений, изучения снимков не осталось никаких сомнений: это новый для науки вид.

Terre Sauvage. Decembre 2006 — Janvier 2007. №223. P.55 (Франция).

Охрана природы

Китобойный промысел

После 16-летнего перерыва Исландия возобновила китобойный промысел: к научной квоте, которую страна получает с 2003 г., добавлена коммерческая квота — 30 малых полосатиков (*Balaenoptera acutorostrala*) и девять финвалов (*B.physalus*).

Исландия по части добычи китов догоняет Норвегию — единственную страну, которая еще ведет их промысел в коммерческих целях, и Японию, которая настаивает на продолжении промысла исключительно в научных целях (что еще допускается Международной китобойной комиссией). Между тем сегодня необходимости добывать этих животных в научных целях вовсе нет.

Sciences et Avenir. 2006. №718. P.34 (Франция).

Океанология

Вулкан Хоум Риф вновь породил остров

В архипелаге Тонга (юго-западная часть Тихого океана) родился новый остров. С августа 2007 г. любители водного спорта отмечали там присутствие плавающей пемзы, а это надежный признак возобновления активности подводного вулкана Хоум Риф. Позднее спутниковые снимки подтвердили появление вершины вул-

кана над поверхностью бирюзовых вод. На этом вновь возникшем участке земной тверди длиной 800 и шириной 400 м расположились небольшие озера воды, температура которой достигала 65°C. Однако с октября по ноябрь площадь острова стала быстро сокращаться от 0.230 до 0.146 км² к 12 ноября 2007 г.

В XIX в., а затем в 1984 г. извержение Хоум Рифа каждый раз формировало подобный недолговечный остров.

Sciences et Avenir. 2007. №719. P.17 (Франция).

Техника

Хромающий робот

Робот, который может оценить нанесенные ему повреждения и адекватно изменить способ передвижения, создан недавно специалистами из США Дж.Бонгардом (J.Bongard; Университет Вермонта), В.Зыковым и Х.Липсоном (V.Зыков, H.Lipson; Корнеллский университет). Аппарат похож на четырехногую морскую звезду, во все его узлы и сочленения встроены датчики.

Наиболее эффективный вариант перемещения в пространстве робот выбирает на основе анализа собственного устройства. Для этого он создает серию компьютерных моделей самого себя («мысленно» соединяя свои части случайным образом) и оценивает каждую из них. Когда же исследователи удаляют часть конечности робота, тот «понимает», что с ним произошло, и вырабатывает новую походку — так же, как начинает прихрамывать собака, у которой перебита лапа.

Дальнейшее усовершенствование интеллектуальных машин позволит использовать их в экстремальных ситуациях и при освоении космоса.

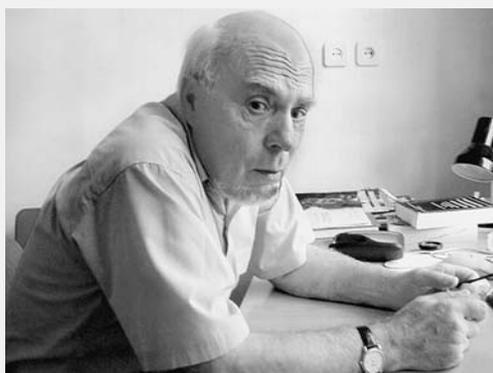
Science et Vie. 2006. №1072. P.15 (Франция).

Конфликт организма человека с его микрофлорой

К.А.Лебедев, И.Д. Понякина

В последние полвека средняя продолжительность жизни человека в развитых странах мира увеличилась на 20—25 лет. Причин тому, конечно, много, но важнейшие из них — применение антибиотиков и повсеместное проведение эпидемиологических и гигиенических мероприятий. С помощью антибиотиков врачи научились легко справляться с патогенными микроорганизмами, вызывающими болезни, которые в прежние времена с трудом или вовсе не поддавались лечению. А благодаря санитарно-эпидемиологическим мерам распространение таких недугов резко снизилось, по крайней мере в развитых странах. Так, еще в начале XX в. много жизней уносила пневмония, вызванная пневмококком *Diplococcus pneumoniae* (с 1974 г. переименован в *Streptococcus pneumoniae*), сегодня же причиной этого заболевания обычно становятся условно-патогенные микробы естественной микрофлоры организма.

Эффективно бороться с подобными инфекциями медицинская наука пока не научилась, поэтому и количество страдающих ими людей даже в развитых странах не только не сократилось, но значительно увеличилось — фактически охвачено чуть ли не все население. Так, у более 60% наших современников в течение жизни возникает периодонтит (воспале-



Константин Алексеевич Лебедев, доктор медицинских наук, профессор, заведующий лабораторией клинической иммунологии Московского государственного медико-стоматологического университета.



Инна Дмитриевна Понякина, кандидат биологических наук, заместитель заведующего той же лабораторией.

Область научных интересов — клиническая иммунология.

ние соединительной ткани, удерживающей зуб в костной альвеоле), у более 40% — хронический гастрит, связанный с бактерией *Helicobacter pylori*, у 20% — слизисто-кожный кандидоз и т.д. Возбудители этих и многих других подобных заболеваний десятилетиями живут в организме человека на взаимовыгодных условиях, однако в один «прекрасный» день становятся причиной воспалительного инфекционного процесса, который нередко принимает хроническую форму. Поскольку такие микроорганизмы даже в активированном виде слабо патогенны, то вызванные ими эндогенные заболевания, или аутоинфекции, ни в остром, ни в хроническом варианте обычно не приводят к гибели человека, но существенно снижают его «качество жизни». Кроме того, аутоинфекции могут спровоцировать тяжелые патологии, такие как атеросклероз, аллергические и аутоиммунные (например, ревматоидный артрит) заболевания.

В научной литературе стало появляться все больше данных, свидетельствующих, что главная причина развития аутоинфекций кроется в потере толерантности иммунной системы организма (от англ. tolerance — терпимость, привычка) к представителям его постоянной микрофлоры. Если о существовании толерантности известно было давно, то к пониманию механизмов формирования этой «терпимости» и ее срыва мы приблизились совсем недавно — после открытия К.Дженуэем так называемых образраспознающих рецепторов, приведшего иммунологию на новый этап развития*. Во-первых, выяснилось, что эти рецепторы специфически контролируют все иммунные процессы организма и, во-вторых, что иммунная система следит за постоянством не только клеточного со-

* Подробнее см.: Лебедев К.А., Поныкина И.Д. Новый этап развития иммунологии // Природа. 2006. № 4. С. 3—10.

става органов и тканей самого организма, но и его микрофлоры [1]. Таким образом, появилась возможность проанализировать причины возникновения эндогенных инфекций и наметить пути их рационального лечения и профилактики [1].

Бесконфликтное существование

В нашем организме обитает огромное количество микробов. Они располагаются на поверхности слизистых оболочек, кожи, в тканях и органах, основное же количество сосредоточено в желудочно-кишечном тракте — около 10^{14} микроорганизмов более 400 видов (для сравнения — наш организм состоит из примерно 10^{15} клеток) [2]. Попадают они туда в основном с пищей, но «прописаться» удается немногим. Иммунная система, вооруженная целым арсеналом антимикробных факторов (в том числе специфическим секреторным иммуноглобулином А), если и не убивает «непрошенных гостей», то лишает их способности к адгезии (от англ. adhesion — присоединение, слипание) и размножению в слизи на эпителии. Лишь небольшому количеству микроорганизмов удастся проникнуть в эпителиальный слой (при этом активируются все иммунокомпетентные клетки лимфоидной субэпителиальной ткани), большинство же из них проходит через кишечник и удаляется из организма.

Безусловно, такая реакция иммунной системы на проходящую (транзиторную) микрофлору важна, так как в ее составе могут оказаться не только безвредные, но и болезнетворные микробы. Именно поэтому минимальная заражающая доза даже высокопатогенных микроорганизмов достаточно велика. Не менее важно, что транзиторная микрофлора постоянно создает широкоспекторную антигенную нагрузку на иммунную

систему, поддерживая ее в активном рабочем состоянии, определяющем адекватный ответ на слабые и сильные иммуногены. На это четко указывают опыты на безмикробных животных и отсутствие увеличения аллергических заболеваний в сельской местности в отличие от городов с высоким уровнем гигиены. Именно на этих данных построена гигиеническая теория причин роста аллергических и эндогенных воспалительных заболеваний среди городского населения [2].

Большую часть постоянной микрофлоры человека составляют активно размножающиеся микроорганизмы, к которым у него сформировалась так называемая оральная толерантность. При попадании в организм таких микробов иммунная система на них не реагирует — не активируются ни эпителиальные клетки, ни клетки естественного и адаптивного иммунитета [2]. В основе оральной толерантности лежит подавление реакций активации иммунокомпетентных клеток и продукции ими цитокинов, что происходит за счет супрессии образраспознающих рецепторов — в основном сигнальных белков семейства TLR, которые «сидят» на поверхности и внутренних структурах клеток и первыми оповещают иммунную систему о вторжении патогена. В поддержании такой ареактивности ведущую роль играют три типа клеток: *T-регуляторные клетки* ($CD4^+CD25^+$ -лимфоциты), контролирующие как центральную (к собственным органам и тканям), так и периферическую (оральную) толерантность; *эпителиальные клетки*, напрямую и постоянно контактирующие с микрофлорой; *дендритные клетки*, активация которых определяет развитие реакций адаптивного иммунитета [3, 4].

Механизмы возникновения и поддержания оральной толерантности пока не выяснены, однако неопровержимо одно —

формируется она в первые месяцы жизни ребенка, поэтому и состав постоянной микрофлоры индивидуален для каждого человека. Кроме того, известно, что для формирования оральной толерантности требуется многократное введение малых доз антигена, и что интересно — возникает она к сумме всех молекулярных структур микроорганизма. Если бы было иначе и эта «терпимость» вырабатывалась отдельно к каждой его структуре, то иммунная система перестала бы замечать все без исключения микробы с общими для них молекулярными структурами (также и из числа транзитной микрофлоры).

Не сдерживают размножение колоний истинной микрофлоры человека и многочисленные неспецифические антимикробные факторы (дефензины, белки комплемента, лизоцим и др.), которые постоянно продуцирует эпителий кишечника. Все эти средства защиты нацелены на транзитную микрофлору, заселению и размножению которой также препятствует постоянная микрофлора. Дело в том, что ее микроорганизмы занимают все специфичные для них адгезионные участки слизи, которую выделяют бокаловидные клетки эпителиального слоя. Этим польза постоянной микрофлоры для организма не ограничивается. Она продуцирует значительную часть витаминов, а также активирует перистальтику кишечника, что необходимо для его нормального функционирования [2]. Эти микроорганизмы остаются для нас полезными даже после их естественной гибели (что происходит постоянно и в массовом количестве) — выполняют функции энтеросорбента, выводя токсические вещества. Однако так происходит в организме здорового человека, который живет в согласии со своей микрофлорой. Что же должно случиться, чтобы этот мир был нарушен и безвредные доселе микробы вступили в конфликт с иммунной

системой человека и стали причиной воспалительного заболевания?

За гранью «терпимости»

Как известно, в любом конфликте виноваты оба — в данном случае и организм, и его постоянная микрофлора, которая, надо сказать, крайне неоднородна. Вероятность участия разных микроорганизмов в возникновении тех или иных воспалительных заболеваний неодинакова и определяется, видимо, их свойствами и длительностью их коэволюции с макроорганизмом. К условно-патогенным микробам причисляют тех, которые наиболее часто вызывают развитие аутоинфекции. Однако изредка к этому могут быть причастны и, казалось бы, самые безобидные представители постоянной микрофлоры — например, лактобациллы, которые всегда считались необходимыми человеку симбионтами [5]. К настоящему времени не только выявлены десятки виновных в возникновении аутоинфекций микроорганизмов постоянной микрофлоры, но и определена вероятность их участия в зарождении какого-нибудь из этих заболеваний (например, пародонтита).

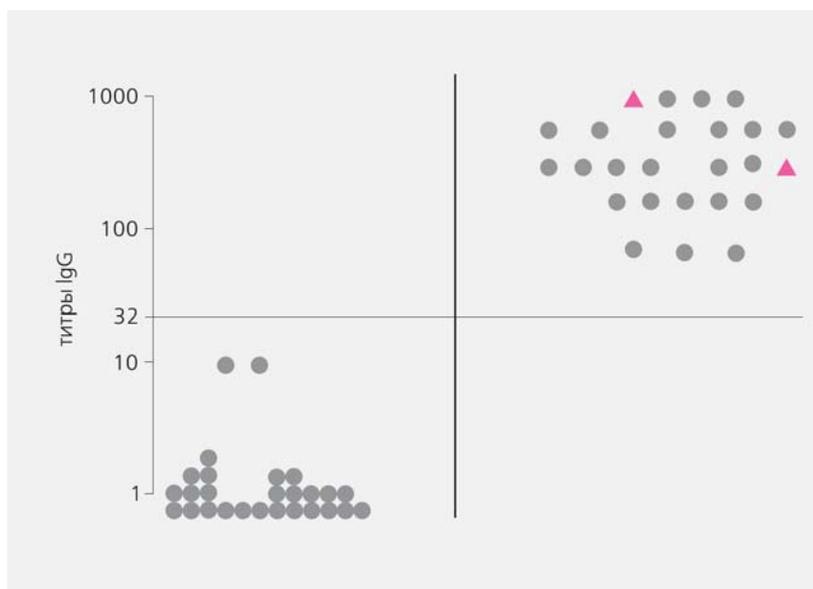
Очевидно, что в возникновении эндогенных инфекций велика роль различных стрессогенных воздействий на организм и его микрофлору. Уже довольно давно великий патолог И.В.Давыдовский, а вслед за ним и инфекционист А.Ф.Билибин отметили, что рост этих инфекций связан с широким использованием антибиотиков. Можно привести немало подтверждающих это примеров; самый распространенный из них, а потому хорошо всем известный — возникновение кандидоза после приема антибиотиков. Другой пример связан с хламидиями (в частности, *Chlamydia trachomatis*) — кокковидными бактериями, вызывающими крайне

опасные для женщин урогенитальные воспалительные заболевания. В конце прошлого века многие клиницисты начали проводить курсы антибиотикотерапии у всех без разбора носителей этого микроорганизма, т.е. у женщин, в мазках которых были обнаружены хламидии, а признаков заболевания не было. Мы обследовали таких женщин и установили, что до лечения антибиотиками в крови многих из них не выявлялись антитела к этим бактериям, а вот после курса терапии титры антител стали существенными, что указывало на начало воспалительного процесса. Примечательно, что от хламидий этих пациенток излечить так не удалось.

Хотя для многих ученых уже стало очевидным, что возникновение эндогенных инфекций связано с отменой оральной толерантности к вызвавшим это заболевание микроорганизмам постоянной микрофлоры организма [6–8], молекулярно-клеточные механизмы этого явления до сих пор не определены. На наш взгляд, наиболее простой причиной срыва толерантности может стать образование на поверхности микроорганизма новых, меняющих его фенотип антигенных структур [9]. Мы предположили, что такими структурами могут служить так называемые белки теплового шока (HSP), открытые четыре десятилетия назад. Впоследствии выяснилось, что эти белки начинают синтезироваться в большом количестве не только в ответ на повышение температуры, но и при других стрессовых для клетки и организма в целом ситуациях — при холоде, голоде, изменении давления, хирургическом вмешательстве и др., а главное, что очень важно, при появлении различных химических веществ, в том числе антибиотиков и противовоспалительных препаратов.

Все стресс-белки, как их теперь нередко называют, делят на пять основных групп в зави-

Титры антител (IgG) к антигенам *Chlamydia trachomatis* в сыворотке крови клинически здоровых пациенток, у которых были найдены хламидии, до (слева) и после лечения антибиотиками. Уровень антител определяли методом иммуноферментного анализа с использованием тест-систем «Иммунокомб» (фирма Orgenics). В данной тест-системе диагностически значимыми считаются титры 1:32 и выше. Треугольниками отмечены результаты анализа пациенток, у которых к моменту взятия крови для повторного исследования выявились клинические признаки воспалительного урогенитального заболевания.



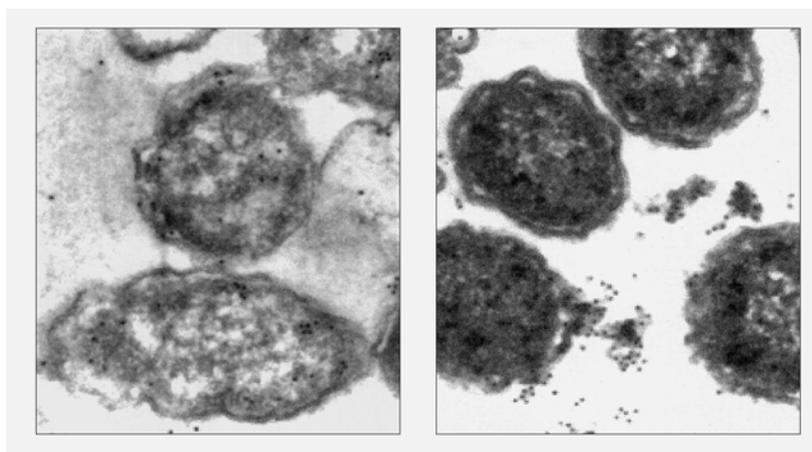
симости от их молекулярной массы. Наиболее хорошо изучены из них HSP60 и HSP70 (т.е. с молекулярной массой 60 и 70 кДа). Все они выполняют функцию шаперонов, т.е. следят за сборкой и созданием правильной третичной структуры белков в процессе их образования в клетке. Поэтому присутствуют HSP в цитоплазме любой клетки (и эукариот, и прокариот), но в крайне малых количествах. При стрессе количество HSP резко возрастает, достигая 20% от общей массы клеточных белков, что, по-видимому, помогает клетке пережить экстремальную ситуацию [10].

Долгое время считали, что HSP находятся внутри клетки; даже если их выявляли в сыворотке крови или культуральной жидкости, то полагали, что это связано с разрушением клеток. Лишь недавно удалось доказать наличие значительного количества HSP на поверхности клеток и выход их с поверхности живой клетки в среду. В многочисленных исследованиях показано, что после воздействия различных антибиотиков и других антибактериальных веществ на поверхности микроорганизмов количество HSP резко увеличивается [11]. Кроме того, установлено, что стресс-белки облада-

ют высокой иммуногенностью. Первыми на них реагируют образно-разраспознающие рецепторы TLR2, TLR4 и CD14, которые, активируя дендритные клетки, запускают адаптивный иммунитет с синтезом соответствующих антител и образованием специфических Т-лимфоцитов [11].

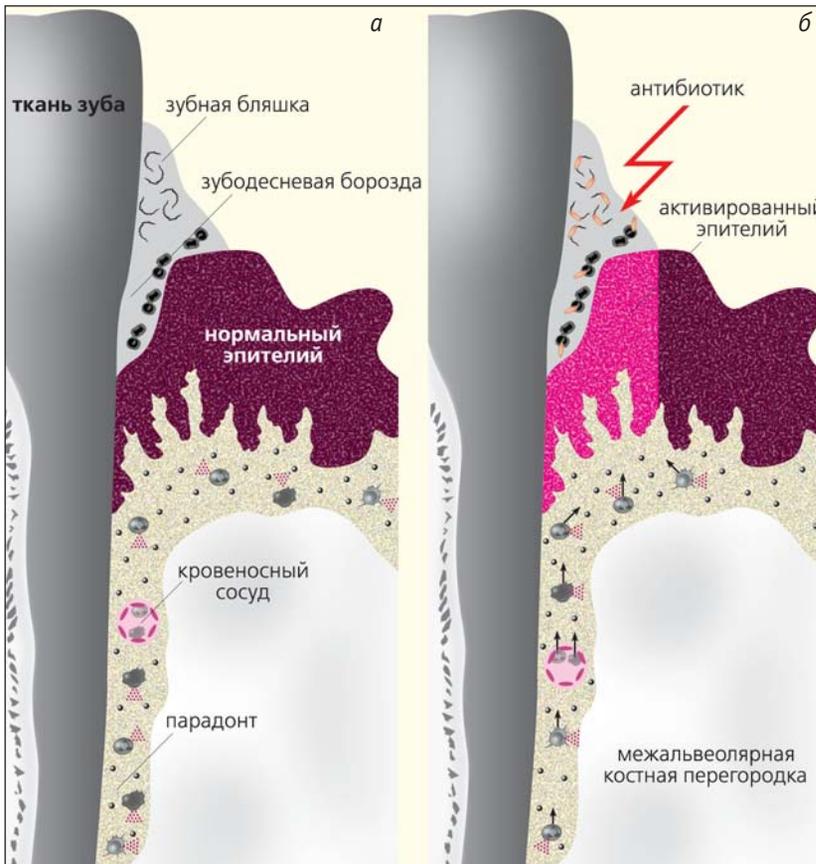
До сих пор многие исследователи недоумевают, почему толерантность иммунной системы не распространяется на эндогенные стресс-белки. На наш

взгляд, это вполне закономерно, ибо она столь же нетерпима и к многим эмбриональным белкам, остающимся во взрослом организме в малом количестве. Центральная толерантность вообще никогда не бывает полной, да этого организму и не требуется. Чтобы понять это, достаточно вспомнить один из основополагающих законов иммунологии, да и биологии в целом, — закон приоритетности дозы любого воздействия для



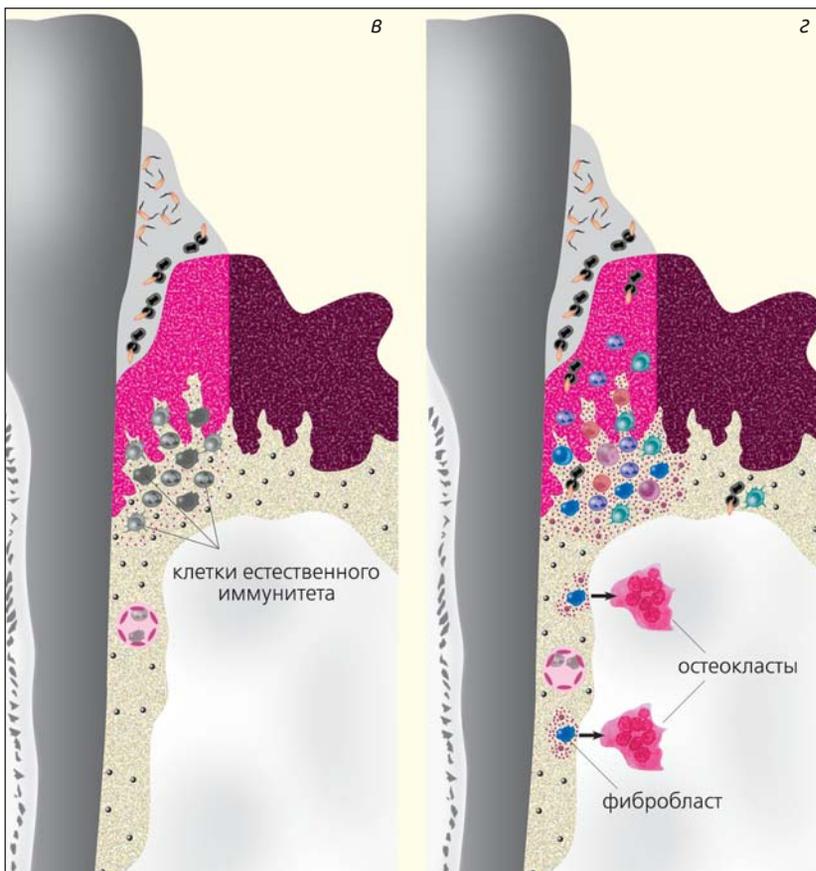
Электронные микрофотографии бактерии *Actinobacillus actinomycetemcomitans*, обитающей в полости рта и вызывающей периодонтит, до (слева) и после стрессогенного воздействия (выдерживания при температуре 43°C в течение 30 мин) [16]. Видно, что в подвергнутых стрессу бактериальных клетках синтез белков теплового шока (GroEL), которые выявляли с помощью иммуноферментного окрашивания, значительно усилился.

Схема развития пародонтита.



а — В ткани пародонта (зубо-десневой борозды) здорового человека, основой которой являются фибробласты, разбросаны клетки естественного иммунитета. Даже в неактивном состоянии они постоянно продуцируют небольшое количество провоспалительных цитокинов. Это дает возможность иммунной системе эффективно уничтожать постоянно внедряющиеся чужеродные микроорганизмы, если их количество не превышает определенного порога.

б — В результате воздействия антибиотиков (или других неблагоприятных факторов) на микроорганизмы микробной бляшки в них многократно повышается количество белков теплового шока. В результате изменяется фенотип микробной клетки и образраспознающие рецепторы эпителиальных клеток распознают их как чужеродные (т.е. толерантность к ним снимается). Эпителиальные клетки активируются и начинают интенсивно продуцировать хемокины.



в — Хемокины привлекают в данный регион большое число клеток естественного иммунитета из окружающей ткани, а главное — из просвета сосудов. За счет этого в данном участке создается критическая концентрация провоспалительных цитокинов. Так образуется первичный очаг эндогенного воспаления с соответствующим повреждением ткани.

г — Создаются благоприятные условия для проникновения такой микрофлоры с измененным фенотипом в очаг воспаления. При этом через образраспознающие рецепторы активируются не только клетки естественного иммунитета, но и фибробласты. Очаг воспаления усиливается. Активированные фибробласты продуцируют набор цитокинов, которые стимулируют ростовые факторы эпителиальных клеток. Это приводит, с одной стороны, к мощной пролиферации эпителия, а с другой — к активации трансформации макрофагов в остеокласты, которые разрушают межкостную альвеолярную перегородку (на рисунке не показано).

в так называемой зубной бляшке. Это плотное образование из белков, полисахаридов, липидов и некоторых неорганических веществ (кальция, фосфатов, магния, калия, натрия и др.) начинает накапливаться на зубной эмали вскоре после чистки зубов, предоставляя стол и кров многочисленным бактериям.

В результате длительного местного применения в ротовой полости антибиотиков или других антибактериальных препаратов на поверхности обитающих в зубной бляшке бактерий появляется множество белков теплового шока. Если удаление бляшки задерживается, запускаются реакции иммунного ответа. Образраспознающие рецепторы TLR2, TLR4 и CD14 принимают эти бактерии за чужаков и запускают каскад реакций, активирующих ядерную транскрипцию хемокинов и других белков эпителиальной клетки. В результате активации этих клеток увеличивается продукция слизи, что ведет к усилению размножения микробов постоянной микрофлоры, которые в свою очередь вырабатывают противомикробные факторы, поддерживающие образование HSP в видоизмененных бактериях. Так возникает порочный круг. С другой стороны, синтез хемокинов приводит к концентрации под эпителиальным слоем клеток естественного иммунитета и формированию первичного очага воспаления. На этом этапе происходят разрушение соединительной ткани и гибель фибробластов, вызывающие сморщивание ткани и образование в десне кармана, который заполняется активированными микробами. Затем подключается адаптивный иммунитет, к чему причастны уже дендритные клетки, и в очаг устремляются активированные Т-лимфоциты, и вновь возрастает синтез провоспалительных цитокинов, способствующий усилению воспаления.

Важно понимать, что все эти «военные» действия были бы оправданы, если бы они были направлены на истинного «врага», а не на активированные микроорганизмы постоянной микрофлоры, которые в отличие от настоящих патогенных микробов не содержат или содержат очень мало токсических веществ и безвредны для человека, а зачастую даже полезны. С недавних пор такая гиперреакция иммунной системы организма получила название деструктивной (в отличие от продуктивной, которая защищает нас от патогенных микробов) [13]. Деструктивная иммунная реакция может стать причиной не только хронических воспалительных заболеваний, но и многих других тяжелых недугов человека.

Пагубное влияние

В конце прошлого века исследователи обратили внимание на то, что у некоторых пациентов возникновение эндогенных инфекций (пародонтита, хламидиоза и др.) сопровождается развитием или обострением других воспалительных заболеваний (атеросклероза, ревматоидного артрита, отдельных форм сахарного диабета, различных аллергий, бронхиальной астмы). К настоящему времени, когда проанализировано течение большого количества аутоинфекций, их влияние на возникновение других патологий уже не вызывает сомнений. Более того, установлено, что развитие данных заболеваний связано не с какой-либо конкретной аутоинфекцией, а с наличием любой из них [14]. В чем же выражается это влияние?

Как мы уже упоминали, в клиническом проявлении любого заболевания важнейшую роль играет количество патогенетического фактора или воздействия. Мы знаем, что практически у всех здоровых людей

можно выявить средние, а у некоторых даже высокие уровни антител (IgE) к какому-либо аллергену, обнаружить антитела к антигену той или иной ткани организма и даже небольшое количество специфических к ней Т-лимфоцитов. В старческом и даже среднем возрасте обычно отмечают снижение эластичности сосудов за счет отложения на их стенках холестерина и кальция (без образования сосудистых бляшек, которые представляют главную опасность для организма). Видимо, эти и другие подобные нарушения приводят к развитию патологии лишь в том случае, если они резко выражены либо нарушаются гомеостатические механизмы их компенсации, что может наблюдаться при ряде иммунодефицитных состояний.

При наличии слабых и средних патологических изменений тех или иных параметров организма для перехода от латентного состояния к развитию клинической картины заболевания в большинстве случаев требуется дополнительный стимул.

В основе патогенеза атеросклероза, ревматоидного артрита и других перечисленных выше заболеваний лежит развитие деструктивного воспалительного процесса за счет мощного локального образования провоспалительных цитокинов. В последние 10 лет многие исследователи при всех этих заболеваниях находят в патологическом очаге микроорганизмы — возбудители эндогенных инфекций. Вспомним, что при эндогенных инфекциях на поверхности микроорганизма постоянной микрофлоры появляется множество HSP, что повышает его адгезивные способности, т.е. помогает ему прикрепиться к клеткам хозяина. В результате запускается воспалительный процесс за счет миграции в этот участок клеток естественного иммунитета и активации образраспознающих рецепторов TLR2 и TLR4, что приводит к выбросу из

этих клеток провоспалительных цитокинов. Такого не случится, если к данному участку прикрепилась та же микробная клетка, но без повышенного количества HSP, поскольку организм к ней толерантен [15]. Если к тому же в этом месте есть латентные сдвиги, специфичные для данного воспалительного процесса, то все в сумме становится достаточным стартовым стимулом для запуска патогенетических механизмов и развития клинических проявлений патологического процесса, будь это образование атеросклеротической бляшки или развитие ревматоидного артрита.

Прогнозировать возникновение аллергических заболеваний у клинически здоровых лиц при повышении у них содержания IgE к аллергенам или развитие атеросклероза при снижении эластичности сосудов пытались неоднократно. Действительно, и в первом, и во втором случае определенные корреляционные связи были выявлены, но для решения практических задач профилактической медицины такой уровень корреляции был явно недостаточен. В то же время сегодня установлено, что наличие в организме эндогенных инфекций с высокой надежностью указывает на повышенный риск развития упомянутых заболеваний. С другой стороны, при всех воспалительных процессах в сыроворотке крови существенно возрастает содержание HSP. Поэтому кажется очевидным, что определение в сыроворотке крови количества этих белков станет принципиально более надежным прогностическим критерием для профилактики всех этих заболеваний.

Профилактика и лечение

Итак, в основе эндогенных заболеваний лежит повышенное образование провоспалительных цитокинов клетками иммунной системы, которые уст-

ремляются в область субэпителиальной ткани, где находятся микроорганизмы нормальной микрофлоры, к которым утрачена толерантность. Это приводит к развитию деструктивного воспаления, разрушающего ткани организма. Поэтому логично, что при лечении обострений аутоинфекций необходимо подавлять воспаление с помощью противовоспалительных препаратов (гормональных и негормональных преимущественно местного действия) и уничтожать или менять активированные клетки нормальной микрофлоры. Клиницисты-практики уже давно успешно применяют подобные методы лечения обострений многих эндогенных воспалительных заболеваний, используя, например, кортикостероиды при болезни Крона и неспецифическом язвенном колите, негормональные противовоспалительные препараты при пародонтите и периодонтите и т.д.

До недавнего времени такие подходы к лечению с точки зрения теоретической иммунологии казались абсурдными. Действительно, воспалительные иммунные реакции организма направлены на подавление патогенного микроорганизма. Угнетение этих реакций дает возможность инфекции затаиться и активироваться после окончания лечения. Но в данном случае мы имеем дело не с патогенными микроорганизмами, а с микроорганизмами нормальной микрофлоры, которые в результате стрессовых воздействий изменили фенотип благодаря продукции большого количества HSP, что привело к потере толерантности к ним организма хозяина. Ясно, что для успеха лечения необходимо примирить организм с его постоянной микрофлорой: привести микроорганизмы в спокойное состояние, сняв стрессогенное воздействие на них организма хозяина, т.е. убрав HSP. Исследования действия кортикостероидов показали, что они подавляют про-

дукцию цитокинов клетками естественного иммунитета, но не снижают активности продукции ими противомикробных факторов, которые в данном случае поддерживают активность этих микроорганизмов. Поэтому единственным экспериментально и клинически обоснованным подходом к лечению может считаться, кроме того, применение малых повторяющихся доз полиантигенных иммуностимуляторов микробного происхождения или пробиотиков для постепенной нормализации постоянной микрофлоры.

Что же касается профилактики эндогенных инфекционных заболеваний, то, учитывая описанные причины их возникновения, необходимо в первую очередь задуматься о предельном сокращении использования широкого спектра антибактериальных препаратов, хотя бы местного действия. При приеме же противомикробных препаратов важно особое внимание уделить максимально быстрой смене популяций нормальной микрофлоры (например, просто чаще чистить зубы, но без особого усердия, чтобы не повредить эпителиальный покров). Кроме того, существенно увеличить устойчивость эпителия к воздействиям на него активированных микроорганизмов можно с помощью пробиотиков широкого спектра действия, в чем уже удалось убедиться на практике.

* * *

В нашем организме живет огромное количество разнообразных микроорганизмов постоянной микрофлоры. Они подчиняются законам организма хозяина, выполнение которых контролируется иммунной системой, и приносят ему большую пользу. Но в течение жизни могут возникать ситуации, когда макроорганизм и представители нормальной микрофлоры вступают в конфликт. Результатом его становится деструктивная воспалительная

реакция. Многие заболевания человека — следствие такого конфликта. Достижения современной иммунологии последнего десятилетия, в том числе открытие образраспознающих рецепторов и изучение белков теплового шока, не только позволили сформулировать поня-

тие болезней конфликта, но и помогли объяснить причину возникновения конфликта организма с его нормальной микрофлорой, которая состоит в потере толерантности. Мы очертили лишь общие контуры проблем болезней конфликта. Несомненно, в дальнейшем ко-

личество нерешенных проблем, как снежный ком, будет только расти, но и полученные знания уже перевернули наши представления о патогенезе многих заболеваний, выявили между ними неожиданные связи, которые раньше казались невероятными. ■

Литература

1. Лебедев КА., Понякина ИД. // Физиол. человека. 2006. Т.32. №2. С.224—235.
2. Bourlioux P., Koletzko B., Guarner F. et al. // Am. J. Clin. Nutr. 2003. V.78. №4. P.675—688.
3. Cutler C.W., Jotwani R. // J. Dent. Res. 2006. V.85. №8. P.678—686.
4. Smith D.W., Nagler-Anderson C. // J. Immunol. 2005. V.174. P.3851—3866.
5. Cannon J.P., Lee T.A., Bolanos J.T. et al. // Eur. J. Clin. Microbiol. Infect. Dis. 2005. V.24. №1. P.31—40.
6. Garside P., Mc Mowat A.I. // GUT. 1999. V.44. P.137—146.
7. Smith K.M., Eaton A.D., Finlayson L.M. et al. // Am. J. Respir. Crit. Care Med. 2000. V.162. №4. P.343—356.
8. Лебедев КА. // Физиол. человека. 2003. Т.29. №2. С.138—140.
9. Лебедев КА., Максимовский Ю.М. и др. // Стоматология для всех. 2006. №2. С.24—29.
10. Goulben F., Grenier D., Mayrand D. // Crit. Rev. Oral Biol. Med. 2003. V.14. №6. P.399—408.
11. Henderson B., Allan E., Coates A.R.M. // Infection and Immunity. 2006. V.74. №7. P.3693—3706.
12. Wu T., Tanguay R.M. // Cell Stress Chaperones. 2006. V.11. №1. P.1—9.
13. Teng Y.T.A. // J. Dent. Res. 2006. V.85. №3. P.198—208.
14. Stöllberger C., Finsterer J. // Clin Diagn. Lab. Immunol. 2002. V.9. №2. P.207—219.
15. Gibson F.C., Hong C., Chou H.-H. et al. // Circulation. 2004. V.109. P.2801—2810.
16. Goulben F., Hafezi A., Utito V.-J. et al. // Infection and Immunity. 1998. V.66. №11. P.5307—5313.

Американские генетики из Национального исследовательского института генома человека изучали геномы собак разных пород, чтобы понять, чем обусловлена разница в размере тела между мелкими (такими, как таксы) и крупными (как доги) животными. Оказалось, что это связано с разными аллелями гена *igf-1*, кодирующего инсулиноподобный фактор роста — белок IGF-1. В геноме больших собак содержится активная форма гена, а маленьких — неактивная, из-за чего белок IGF-1 у них не вырабатывается.

Science et Vie. 2006. №1071. P.21 (Франция).

По данным американских лесоводов, площади лесов возросли в 22 странах из 50 обследованных ими. Между тем

Азия в период 1990—2000 гг. потеряла 792 тыс. га лесов, однако и здесь их площадь за 2000—2005 гг. расширилась на 1 млн га.

Sciences et Avenir. 2007. №719. P.27 (Франция).

Большинство изголовий и подушек в Древнем Египте вырезали из слоновой кости, камня или дерева, поэтому они были крайне неудобны. Недавно в одном из захоронений в долине Нила обнаружено необычное изголовье, сделанное почти 4 тыс. лет назад из воска. Анализ, проведенный археологами Манчестерского университета (Великобритания), показал, что оно было оплетено растительными волокнами.

La Recherche. 2006. №398. P.18 (Франция).

Национальное агентство США по аэронавтике и космическим исследованиям (НАСА) объявило о проекте создания на Луне международной базы. Начиная с 2020 г. экипажи из четырех астронавтов должны будут сменять друг друга после недельного пребывания на Луне. На одном из ее полюсов они займутся строительством научной станции с целью наиболее полного использования солнечного излучения, необходимого для получения энергии. С 2024 г. этот лунный аванпост начнет принимать астронавтов, задания которых будут связаны с научными экспериментами и подготовкой полетов на Марс. Для осуществления этого проекта НАСА призвало к международному сотрудничеству.

Sciences et Avenir. 2007. №719. P.15 (Франция).

Настоящее и будущее Гольфстрима

А.Л.Бондаренко, В.В.Жмур

Среди всех океанских течений Гольфстрим, пожалуй, самое известное. Даже школьник сможет дать его общее определение: мощная система теплых поверхностных течений, возникающих у берегов Северной Америки, распространяющихся к северу и оказывающих значительное влияние на климат Северного полушария. Это свойство течения в последнее время нередко используется в прогностических моделях взаимодействия атмосферы и океана. Вот почему важно знать, как и почему работает и будет работать в будущем Гольфстрим. Несмотря на то, что течение, казалось бы, хорошо изучено, в его механизме таится немало загадок, решить которые позволяет новый взгляд на особенности этого природного явления. Но сначала обратимся к распространенным ныне представлениям.

Существующие представления

Гольфстрим — это струйное течение, начинающееся в проливе между Флоридой и Карибскими о-вами в Мексиканском заливе и проходящее вдоль внешней кромки материкового шельфа, там, где он переходит в материковый склон. Температура воды в отдельных местах течения достигает 30°C. Но от берега его отделяют так назы-



Альберт Леонидович Бондаренко, доктор географических наук, ведущий научный сотрудник Института водных проблем РАН. Область научных интересов — динамика вод морей и океанов, в частности длинноволновая природа среднемасштабных и крупномасштабных течений и вертикального обмена вод.



Владимир Владимирович Жмур, доктор физико-математических наук, профессор, заместитель директора Института океанологии им.П.П.Ширшова РАН. Область научных интересов — динамика вод морей и океанов, крупномасштабные течения, волны Россби, вихри. Неоднократно участвовал в океанских экспедициях.

ваемые склоновые воды, распресненные и прохладные. Холоднее они становятся севернее, ближе к Ньюфаундленду, где чувствуется влияние по-настоящему холодного Лабрадорского течения. Двигаясь к северу, Гольфстрим набирает силу, расход его увеличивается, и в стрессе своем достигает скоростей до 2.5 м/с, характерных для горных рек и очень редких в океанах. Относительно высокие скорости Гольфстрима наблюдаются вплоть до района большой Ньюфаундлендской банки.

Представления о течении, популярные и в наше время, складывались в прошлом веке. Гольфстрим сравнивали с меняющей свое положение (меандрирующей) рекой (рис.1) в океане [1]. Существовавшие в ту пору исследования в этой части океана позволяли относить течение к геострофическим (т.е. формирующимся балансом только двух сил: градиента давления на воду и силы Кориолиса) течениям [2]. На поверхности океана струя Гольфстрима имеет ширину 70—100 км, а глубина от поверхности составляет около 500 м.

© Бондаренко А.Л., Жмур В.В., 2007

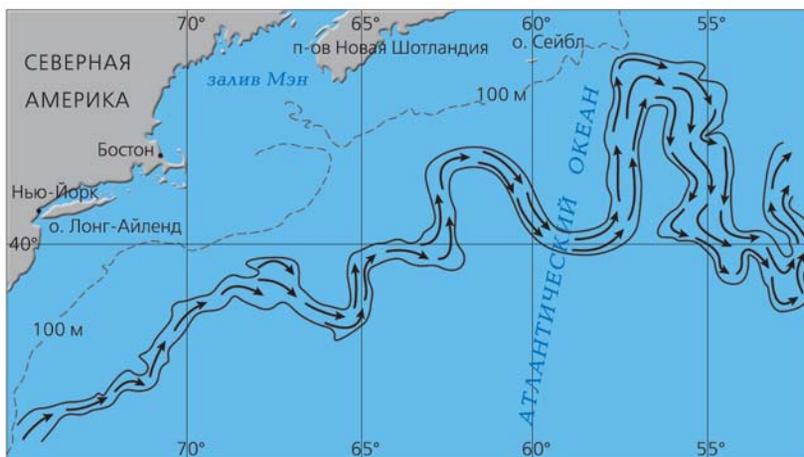


Рис.1. Меандры системы течений Гольфстрима [1].

Течение проходит вдоль гидрофронта — границы раздела холодной (и менее соленой) склоновой воды на западе и севере и теплой (и более соленой) воды Саргассова моря на востоке и юге, а сама струя Гольфстрима меандрирует в пределах расстояния порядка 500 км (рис.2, 3) — по области гидрофронта, приводя к образованию теплых (слева от струи) и холодных (справа от нее) вихрей

со скоростью до 1.5 м/с диаметром до 400 км. Эти сведения о динамике вод Гольфстрима были получены преимущественно путем анализа данных о температуре и солености воды, т.е. термохалинных параметров.

Однако в рамках существующих представлений о природе Гольфстрима нельзя объяснить, почему за пределами течения массы воды (его ложе) движутся в обратную сторону, почему те-

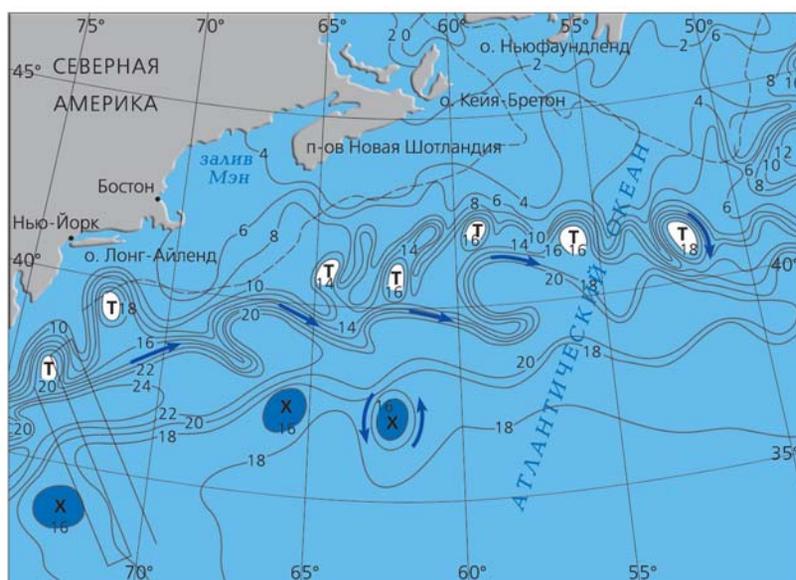


Рис.2. Распределение температуры воды (°C) на поверхности океана в районе Гольфстрима 29 апреля — 2 мая 1982 г. [2]. Т и Х — центры теплых (антициклонических) и холодных (циклонических) вихрей; пунктир — изобата 1000 м. Синие стрелки — направления предполагаемых течений (обозначения авторов статьи).

чение пульсирует, останавливается, а потом снова набирает скорость, и через 10—20 сут ситуация повторяется. И почему многочисленные попытки воспроизвести на модели эти свойства не увенчались успехом? Мы попытались ответить на некоторые из этих вопросов с помощью данных о прямых измерениях скорости течений.

Дрифтерная съемка

Не так давно в руках океанологов появилось новое устройство. Это дрифтер — поплавков с антенной, позволяющий следить за движением воды, а отсюда определять скорость и направление течения, в данном случае на горизонте 15 м. Информация о положениях дрифтера в океане передается через спутник в Центр сбора данных. В районе Гольфстрима и в некоторой близости от него в последние 10 лет было запущено более 400 дрифтеров, каждый из которых выдавал информацию в среднем полтора года. В результате этого собран огромный материал о течениях и температуре воды, на основании которых мы провели свой собственный анализ динамики Гольфстрима и попытались понять его природу.

Если нанести на карту Атлантики (рис.4) средние по ансамблю векторы течений, то на фоне относительно небольших скоростей течений океана, порядка 10 см/с, заметно выделяется область океана, в которой скорости гораздо больше. Будем считать эту область Гольфстримом. Скорости течений здесь уменьшаются с юга на север, от 1 до 0.5 м/с. В южной части Гольфстрим имеет ширину около 100 км, а в северной — более 300 км. Из более детальной информации, представленной на рис.5, 6, следует, что течения Гольфстрима довольно устойчивы по направлению, во всяком случае, в основной его части, южнее 38°с.ш.

Рассмотрим теперь поведение течений в Гольфстриме. Для этого проанализируем типичную для Гольфстрима трассу и ход модуля скорости течений (рис.7, внизу). Можно констатировать, что в пределах Гольфстрима, особенно южной его части, дрифтеры, а следовательно, и массы воды, перемещаются преимущественно однонаправленно и вдоль изобат, а точнее вдоль кромки шельфа. При этом поток воды движется не строго вдоль изобат, а совершает небольшие колебания вправо — влево по отношению к движению основного потока воды. Такие колебания малы в части Гольфстрима южнее 38°с.ш. и значительны севернее ее. При таком преимущественно однонаправленном движении потока воды скорость пульсирует, достигая в минимумах значений, близких нулю. Иногда поток воды движется в обратном направлении, хотя слабо. Какая причина и сила заставляет воды вести себя таким образом: останавливаться, а затем набирать скорость и снова останавливаться и т.д., т.е. пульсировать во времени и пространстве? Такое поведение течений явно противоречит представлениям о них, как термохалинных, геострофических.

И еще одна загадка. Если смотреть на распределение течений Гольфстрима, изображенных на рис.4—6, складывается впечатление, что из Мексиканского залива через Флоридский пролив в океан поступает мощный поток воды в виде струи, который и формирует Гольфстрим. Ранее именно так и считалось. Отсюда течение и получило название: Гольфстрим, что в переводе с английского означает — река залива (Мексиканского) или струя залива. Однако это впечатление обманчиво. Позже было установлено, что Гольфстрим в основном сформирован упомянутыми склоновыми холодными водами с севера и теплыми водами Саргассова моря с юга, но не Мексикан-

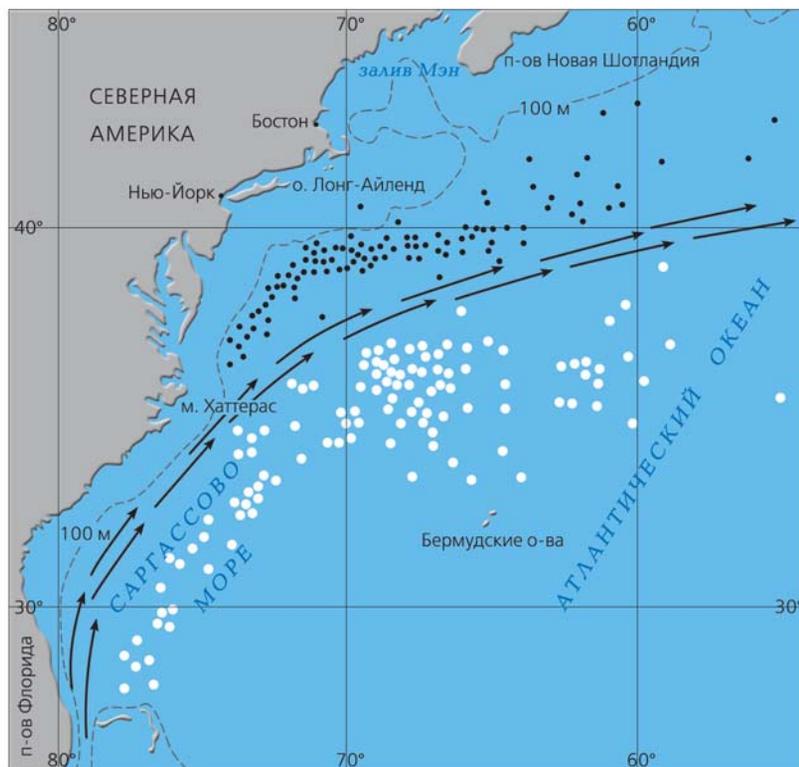


Рис.3. Положение центров циклонов и антициклонов (белые и черные кружки) Гольфстрима по наблюдениям 1967—1976 гг. [2]. Стрелки — среднее положение струи основного течения [2].

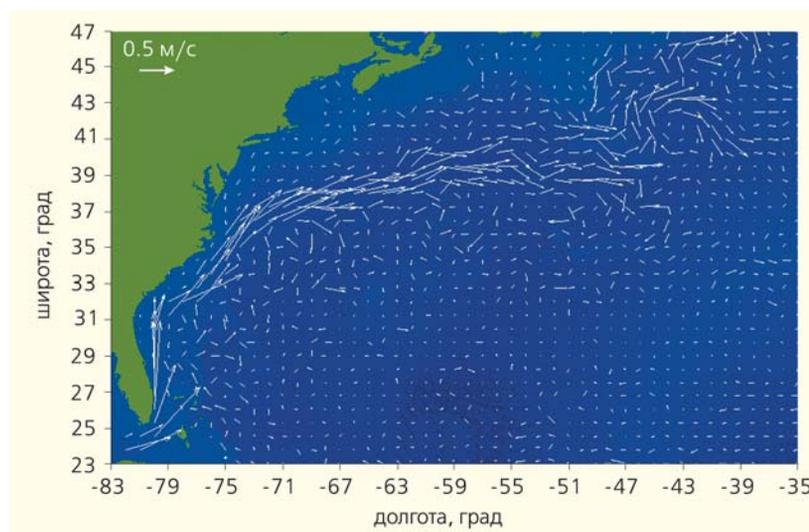


Рис.4. Средние по ансамблю дрифтерных наблюдений векторы течений. Выделяется область Гольфстрима со скоростями течений порядка 0.5—1 м/с.

ского залива, откуда вода практически не поступает. Оказалось также, что в средней части Гольфстрима расход воды гораздо больше, чем в южной,

во Флоридском проливе (и эти факты никак не согласуются с термохалинной и геострофической природой течения). Неслучайно о Гольфстриме все же

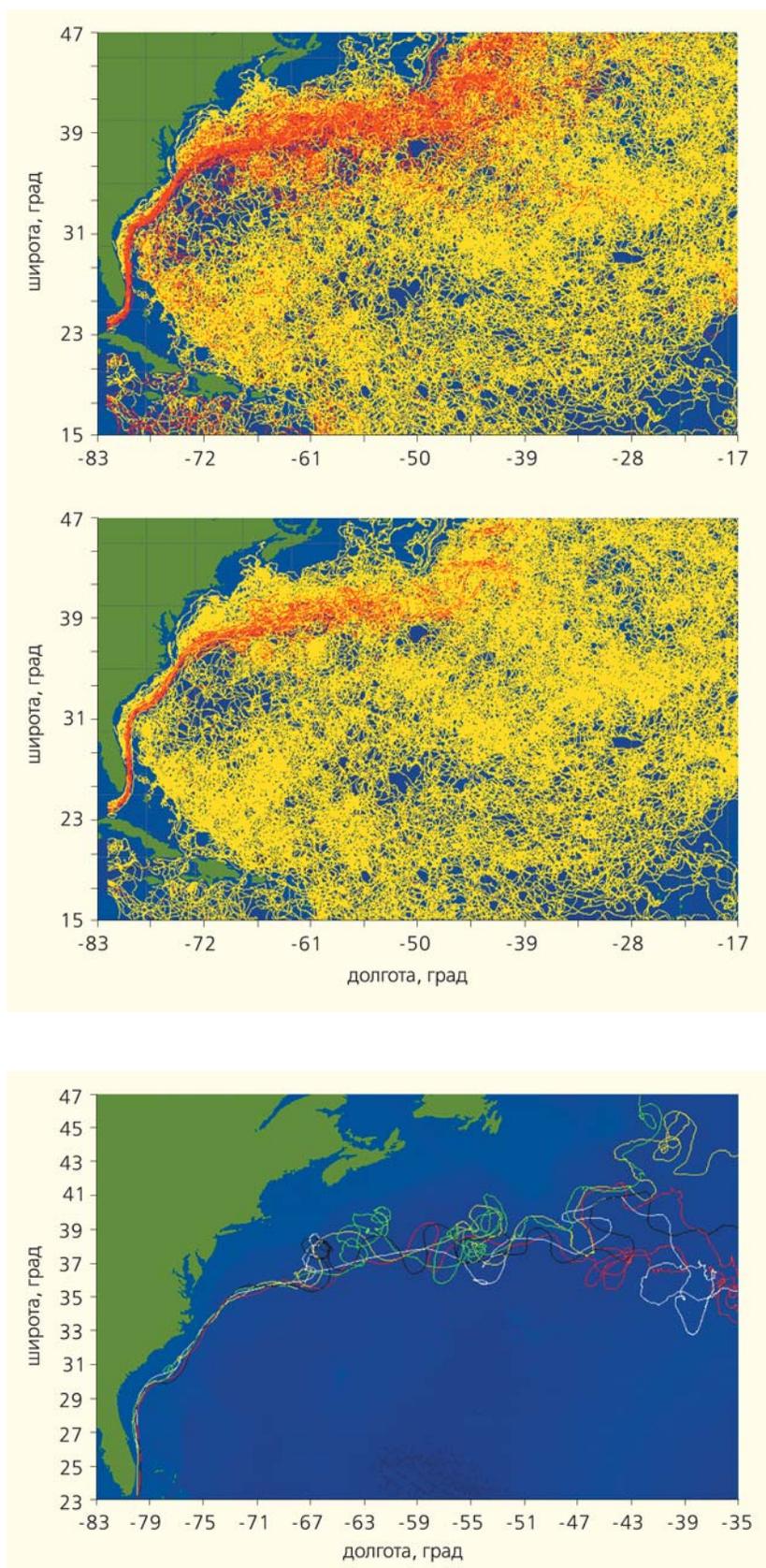


Рис.6. Трассы отдельных дрейфтеров, запущенных в воды южной части Гольфстрима в различное время.

Рис.5. Трассы дрейфтеров, запущенных в Гольфстриме и близ него. Красным цветом выделены участки, в которых скорость их перемещения, а следовательно, и скорость течения превышала 50 (вверху) и 100 (внизу) см/с, желтым цветом показаны меньшие значения.

стали говорить не как о реке, вытекающей из залива, а как о течении, несущем свои воды от п-ова Флорида [3].

Объяснения закономерностей

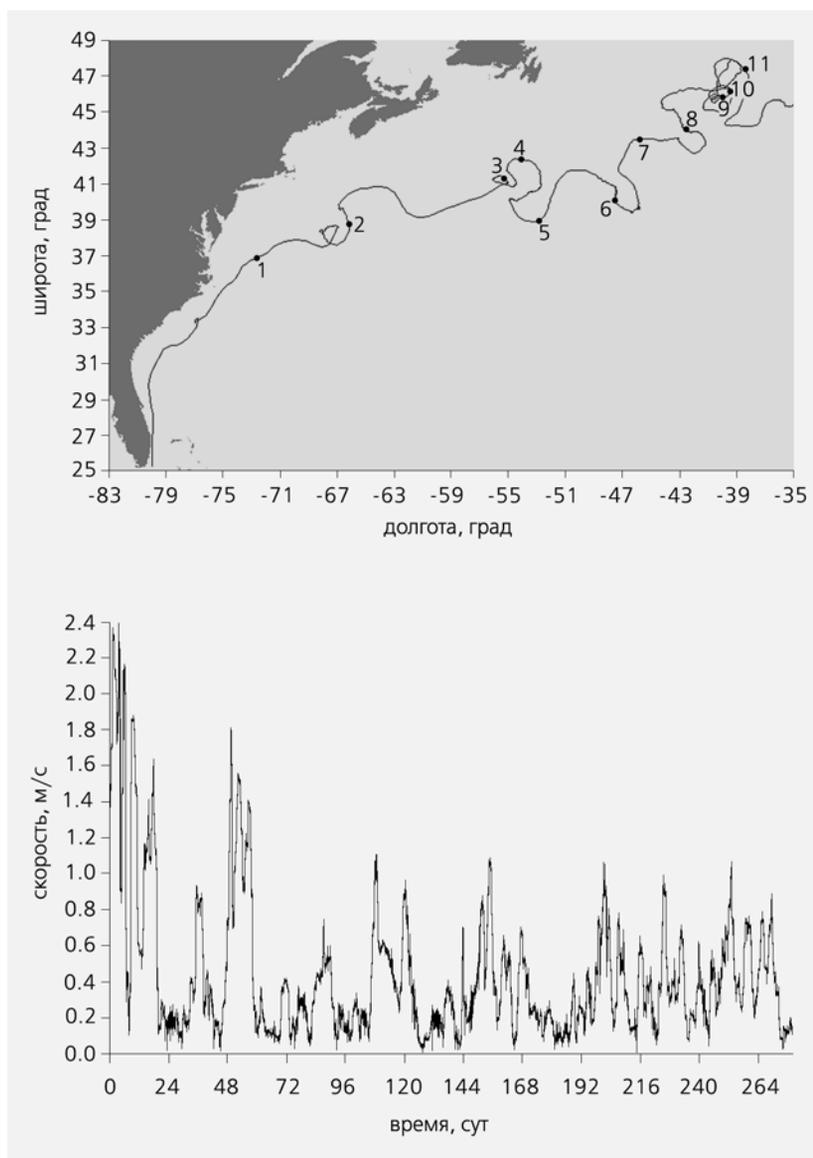
Мы уже упоминали, что крупномасштабные течения океанов, в том числе и Гольфстрим, принято считать градиентными, геострофическими. Динамика таких течений впервые была рассмотрена норвежскими учеными И.Сандстромом и Б.Хелланд-Хансеном в 1903 г. [3]. Они считали, что горизонтальный градиент давления на воду, возникающий за счет градиента уровня воды, должен быть уравновешен только силой Кориолиса f . Исходя из этого, были получены следующие соотношения:

$$uf = -g\partial\xi/\partial y, \quad vf = g\partial\xi/\partial x,$$

где u, v — скорость течения по осям y, x ; ξ — отклонение уровня моря от положения равновесия, g — ускорение свободного падения, $f = 2\omega\sin\varphi$ — параметр Кориолиса, $\omega = 2\pi/\tau$ — угловая частота и τ — период вращения Земли, φ — широта места, град.

Уровень воды является функцией ее плотности и, соответственно, ее температуры и солености и определяется по этим

Рис.7. Типичная для Гольфстрима трасса дрейфера (вверху) и модуль скорости его движения с 9 апреля 1999 г. по 12 января 2000 г. (внизу). Точкам на трассах с цифрами 1, 2, 3 и т.д. соответствует время движения дрейфера в сутках с момента его запуска: 1 — 24, 2 — 48, 3 — 72 сут и т.д.



параметрам. Поэтому-то градиентные течения получили еще и название термохалинных.

Эти течения направлены не по наклону уровня, как это происходит в негеострофических течениях, а вдоль линий равного уровня воды. В этом случае в Северном полушарии справа от направления течения уровень воды будет выше, а слева — ниже, в Южном полушарии — наоборот. Тогда для Северного полушария справа вода будет более теплая, менее соленая, чем слева, а для Южного — наоборот.

Во времена, когда была предложена гипотеза о геострофических течениях, предполагалось, что течения образованы квазиоднородными во времени и пространстве движениями огромных масс воды. Для них норвежцы и провели свои расчеты.

Однако исследования известного отечественного океанолога В.Б.Штокмана [4], выполненные еще в 1937 г., показали, что изменчивость реальных течений морей столь высока (как и в океанах), что поля течений и уровня не успевают приспособливаться друг к другу и, следовательно, течения не являются геострофическими.

Позднее к аналогичному выводу пришел С.А.Саркисян, один из ведущих специалистов в области моделирования морских

и океанских течений [5]. Он считал, что геострофический фон соответствует масштабам времени порядка 100 сут, пространственным масштабам порядка 1000 км при глубине порядка 1 км и при скоростях потока около 10 см/с. При меньших масштабах события, геострофическое течение не успевает устанавливаться и приспособливаться к полю давления и плотности воды. Но если течения не термохалинные, геострофические, то какие? Мы провели собственный анализ и установили, что течения Гольфстрима не могут быть геострофическими, поскольку поток

воды в нем движется не вдоль линий равной плотности, а зачастую поперек их.

Волны Россби и крупномасштабные течения

В начале 60-х годов в океанах были зарегистрированы мощнейшие гидродинамические образования, получившие название планетарных волн Россби. В зоне, близкой берегу, или в замкнутых морях подобные формы стали именовать континентальными шельфовыми волнами (в дальнейшем

в статье мы тоже будем их называть волнами Россби).

Эти волны имеют периоды от недели до пяти недель, скорости распространения от нескольких сантиметров до метра в секунду, длину от 100 до 1500 км, а скорости орбитальных движений частиц воды в волне, фактически течений, от десятка сантиметров в секунду до 2.5 м/с. Считают, что крупномасштабные течения сформированы волнами Россби за счет передачи их энергии течениям [6]. Известный океанолог А.С.Монин, признавая важную роль волн Россби в динамике вод океана, отмечал, что с позиции длинноволновой природы течений можно объяснить большие скорости струйных течений и устойчивый их характер [6].

Существует немало работ о волнах Россби. Так, американец М.Лайтхилл [7] предполагал, что планетарные волны Россби экваториальной зоны Индийского океана, достигнув побережья Африки, передают свою энергию водам прибрежной зоны, формируя, таким образом, Сомалийское течение. А его соотечественники Дж.Кнаусс и С.Филандер [8] полагали, что экваториальные планетарные волны Россби имеют отношение к динамике экваториальных течений Тихого и Атлантического океанов, названных течениями Кромвеля и Ломоносова. Эти океанологи считали, что волны Россби взаимодействуют с пограничными течениями — Восточно-Австралийским и Гольфстримом, чем и объясняются их большие скорости [9].

Для объяснения природы экваториального подповерхностного течения Кромвеля американцы В.Манк и Д.Мур рассматривали механизм однонаправленного волнового (осредненного) переноса вод волнами Россби, возникающего в результате нелинейного взаимодействия волн [10].

Недавно, в 2001—2004 гг., авторам настоящей статьи [11, 12]

удалось обосновать возможность формирования крупномасштабных течений волнами Россби. Была установлена корреляционная связь амплитуд колебаний их скорости течений со скоростью крупномасштабного течения, фактически кинетических энергий этих процессов, что дало основание рассматривать эти явления как одно явление: волны—течения.

Итак, мы пришли к выводу, что течения Гольфстрима могут быть длинноволновыми, сформированными волнами Россби.

Влияние волн Россби

В настоящее время выполнено довольно много исследований и большое количество измерений этих волн в океанах и морях, что позволяет нам дать достаточно полное их описание. Это свободные, прогрессивные волны, их относят к градиентно-вихревым волнам, динамика которых определяется свойством сохранения потенциального вихря. Их математическая модель предложена С.Россби еще в 1939 г. для описания волн в атмосфере.

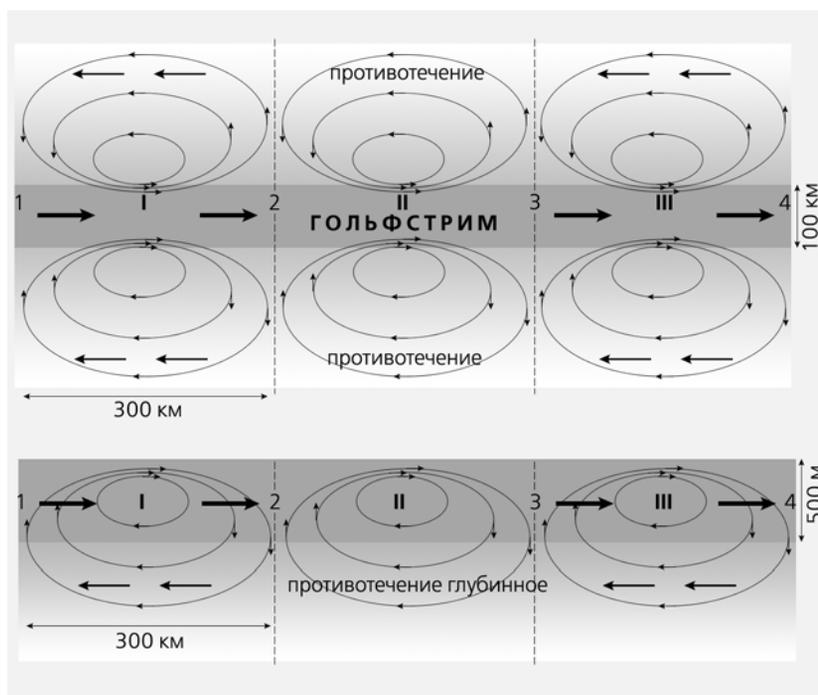
Наблюдаемые в определенной части океана волны Россби — составная часть поля взаимосвязанных волн всего Мирового океана. Их последовательность во времени и в пространстве представляет собой непрерывный ряд волн, сформированных в модуляции (группы). Энергия от источника передается волновому полю всего Мирового океана малыми дозами, в течение длительного времени, в режиме «накачки», и теми же волнами она перераспределяется по океану. Предположительно источником возбуждения волн является атмосферная активность, флуктуации атмосферного давления или/и ветра. В силу того, что потери энергии в волнах малы, она накапливается в них, и поэтому волны обладают большой энергией. Это как раз тот случай, когда малыми

усилиями за счет резонансного возбуждения приводятся в движение огромные массы воды океана.

Изменение амплитуд колебаний скорости течений в волнах и построение их в модуляции происходит не за счет отдельных поступлений энергии от источника, а за счет работы пока неизвестного механизма перестройки волн, названного нами модуляционным. В средних широтах открытой части Атлантического океана волны имеют приблизительно такие параметры: фазовую скорость распространения 5 см/с, длину волн 400 км, амплитуды колебаний скорости течений 10—15 см/с. Характерным свойством этих волн является свойство всегда и везде в открытой части океана распространяться преимущественно в западном направлении. Они пересекают Атлантический океан от восточных до западных его окраин у Гольфстрима приблизительно за два года.

Формирование Гольфстрима легко объяснить с позиции закономерностей трансформации волн в прибрежных зонах океанов. Вспомним, например, что волны цунами в открытом океане имеют небольшие амплитуды колебаний скорости течения, но при подходе к берегу или относительно мелководным участкам они сильно увеличиваются. То же самое происходит и с волнами Россби, приходящими из Атлантического океана. По мере приближения к матерiku их направление распространения изменяется, становится юго-западным и южным, и в целом вдоль кромки шельфа материка. Это специфическое свойство волн Россби — распространяться вдоль берега так, что берег находится справа по отношению к направлению распространения волны. При этом к области Гольфстрима волны подходят под разными углами и лишь впоследствии, южнее широты 38°, они выстраиваются в систему однонаправленных волн, рас-

Рис.8. Линии тока течений Гольфстрима и его окружения в виде эллипсов со стрелками. Вверху — вид сверху, внизу — по вертикальному сечению.



пространяющихся приблизительно вдоль кромки шельфа. Этим и определяется узкоструйный и однонаправленный характер течений южнее широты 38° и некоторое их раскачивание вправо—влево севернее этой широты.

В открытой части океана амплитуды колебаний скорости течений волн Россби небольшие (порядка 10 см/с), но при подходе к западной окраине океана они трансформируются за счет влияния берега материка и дна океана. Период и длина волн уменьшаются, а амплитуды колебаний скорости течений волн сильно увеличиваются (до 2.5 м/с) за счет увеличения их удельной кинетической энергии. Увеличение скоростей течений происходит за счет концентрации энергии волн и течений в меньших объемах воды, в зоне, близкой берегу. Так, в открытой части океана энергия волн распределена по всей глубине почти равномерно, но при подходе к прибрежной зоне она сосредотачивается в приповерхностном слое океана. Если учесть, что удельная кинетическая энергия волн определяется соотношением $V^2/4$, то при амплитудах коле-

баний скорости течений волн Россби в открытой части океана, равных 10 см/с, она составит $25 \text{ см}^2/\text{с}^2$, а при средних амплитудах Гольфстрима 50 см/с — $625 \text{ см}^2/\text{с}^2$. Энергия увеличивается в 25 раз, скорее всего за счет концентрации энергии волн в верхнем слое океана и резонансного возбуждения. Такое происходит не только в прибрежной зоне, относительно мелководной, для Гольфстрима, это южная его часть, но и в глубоководной северной, значительно удаленной от берега.

Мы уже отмечали, что волны Россби в районе Гольфстрима градиентно-вихревые. Движения частиц воды в них имеют вихреобразную форму. По представлениям океанологов В.Д.Ларичева и Г.М.Резника, основанным на теоретических исследованиях [13], линии тока волн Россби можно представить в виде солитонов — спаренных вихреобразных движений воды в горизонтальной плоскости. Мы же, учитывая натурную дрейферную съемку, полагаем, что вихреобразные движения воды существуют не в самом Гольфстриме, а с его боков. В струе течения должны существ-

вовать вращательные движения воды в вертикальной плоскости.

Действительно, в целом линии тока течений волн Россби в Гольфстриме и его окружении схематически можно представить в виде линий тока диполя (рис.8), которые указывают на мгновенное направление векторов течений, или, что одно и то же, направление силы, создающей течение. Скорость течения пропорциональна плотности линий тока. Эта плотность в Гольфстриме гораздо больше, чем за его пределами, а отсюда и скорости течений больше. В точках 1, 2, 3, 4, расположенных между волнами, скорости течений равны нулю, а в точках I, II, III — максимальны. Такое распределение скоростей течений в волнах фиксируется дрейфтером или стационарно установленным в потоке прибором как пульсирующее течение, аналогичное изображенному на рис.8. Оно свидетельствует о том, что движения воды происходят в вертикальной плоскости. А формируют такой поток волны Россби.

Таким образом, пульсирующий характер течений Гольфстрима указывает на их волно-

вое происхождение. Вертикальные скорости невелики: при горизонтальных скоростях течений Гольфстрима, приблизительно равных 1 м/с, они составляют всего 1 мм/с. Как и во всяких волнах, в волнах Россби масса воды в пространстве не переносится (или переносится в крайне малых количествах), она перемещается по замкнутому контуру внутри волны. Создается только некая иллюзия переноса масс, поскольку прибор не фиксирует движение частиц воды по орбите, которые и переносят массу воды, а только некую горизонтальную составляющую действия движущихся по различным орбитам частиц воды на дрейфтер или стационарно установленный прибор в потоке.

Движения воды в вертикальном направлении создают подъем глубинной воды на поверхность океана и опускание поверхностной на глубину, что и формирует температурные аномалии на поверхности океана, нередко принимаемые исследователями за вихри. Наряду с пульсирующим характером течений, наличие температурных аномалий — дополнительное обоснование достоверности предложенной нами схемы течений.

В пульсациях скорость течения уменьшается до нуля или до величины, близкой нулю. Гольфстрим как бы останавливается. Такие остановки, а иногда и непродолжительные смены направления течений Гольфстрима на обратные, происходят через промежутки времени, равные периоду волны, 10—20 сут. При этом промежутки времени, когда скорости течений приблизительно равны нулю или малы, могут составлять несколько суток. Площадь Гольфстрима, в которой скорости течений достигают малых величин, может составлять величину, соизмеримую с четвертью длины волны,

приблизительно 50 км. Напомним, эти остановки Гольфстрима исследователями воспринимались как исчезновение струи течения в результате изменения ее положения, т.е. меандрирования. Часто при повторных наблюдениях течений с судна в фиксированном месте исследователи не обнаруживали течений с большими скоростями, измеренными ранее и характерными для Гольфстрима. Тогда они считали, что струя Гольфстрима сместилась куда-то в сторону от него.

Более продолжительные и более масштабные остановки Гольфстрима могут происходить и по другой причине. Мы говорили ранее о модулировании волн и изменении, в связи с этим, скорости течений. При малых волнах в модуляциях скорость течения становится небольшой. При этом такие промежутки времени могут быть очень продолжительными, порядка нескольких месяцев. В этих случаях останавливается не малая часть Гольфстрима, соизмеримая с 50 км, а большая, соизмеримая с тысячами километров. При этом в термохалинном поле Гольфстрима исчезают аномалии и меандры, а зона схождения холодных склоновых вод и теплых вод Саргасова моря становится более ровной. В это время должна снижаться биологическая продуктивность океана за счет уменьшения вертикального обмена его вод.

Будущее Гольфстрима

Считают, что в результате глобального потепления могут частично растаять ледники Гренландии и Северного Ледовитого океана, что приведет к опреснению океанских вод и, соответственно, ослаблению и даже и к изменению направления Гольфстрима. Имеется пред-

положение, что Гольфстрим может «направиться» в сторону Африки. Ослаблению течений якобы будут способствовать и изменение режима ветра над океаном, в результате чего возможно полное прекращение подачи теплых вод Гольфстрима на север. Из-за этого резко похолодает климат северной части Европы и Азии. Приблизительно через 30 лет средняя многолетняя температура воздуха, например Англии, уменьшится на 4°C.

Мы не беремся предсказывать будущее климата Земли. Но убеждены, что даже если он как-то изменится, это не приведет к сколь-нибудь заметным изменениям режима крупномасштабных течений, в частности и Гольфстрима. Поскольку крупномасштабные течения сформированы волнами Россби, которые никак не связаны с режимом термохалинного поля вод океана и крайне слабо с режимом ветра над Мировым океаном, им мало что грозит. Энергетический уровень волнового поля Мирового океана находится в состоянии предельного насыщения энергией, поэтому если даже допустить, что энергетический уровень ветра или/и флуктуаций атмосферного давления в целом над всем Мировым океаном изменится (скорее всего, несущественно), то эти изменения не отразятся сколь-нибудь заметно на состоянии насыщения энергией волн Россби, следовательно, и режима крупномасштабных течений, в частности Гольфстрима.

К этому хотелось бы добавить следующее. Если присмотреться к течениям западных окраин океанов, в том числе и к Гольфстриму, то заметно, что они во всех океанах «прижимаются» к западным их окраинам, и из-за этого их свойства, заложенного природой, вряд ли они могут изменить свое направление. ■

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проект 06-05-64778.

Литература

1. *Стоммел Г.* Гольфстрим. М., 1963.
2. *Каменкович В.М., Кошляков М.М., Монин А.С.* Синоптические вихри в океане. Л., 1982.
3. *Sandström I.W., Helland-Hansen B.* Über die Berechnung von Meeresströmungen // Rept / Norw / Fish., Mar. Invest. 1903. V.2. №4.
4. *Штокман В.Б.* // Геофизика. 1937. Т.7. Вып.4. С.302—313.
5. *Саркисян А.С.* Основы теории и расчет океанических течений. Л., 1966.
6. *Монин А.С.* Океанология. Физика океана. Т.1. М., 1978.
7. *Lighthill M.J.* // Philos. Trans. R. Soc. Lond. A. 1969. V.265. P.45—92.
8. *Knauss J.A.* // J. Mar. Re. 1966. V.24. P.205—240.
9. *Niller P.P., Mysak L.A.* // Geophys. Fluid Dyn. 1971. V.2. P.273—288.
10. *Munk W.H., Moore D.* // J. Fluid Mech. V.33. 1968. P.241—259.
11. *Бондаренко А.Л.* Ветровые течения в морях // Природа. 2006. №5. С.39—47.
12. *Бондаренко А.Л., Жмур В.В., Филиппов Ю.Г., Щевьев В.А.* // Морской гидрофизический журнал. Севастополь. 2004. №5. С.24—34.
13. *Ларичев В.Д., Резник Г.М.* Нелинейные волны Россби на крупномасштабном течении // Океанология. 1976. Вып.2. С.200—206.

По данным А.-М.Клейн (А.-М.Klein; Гёттингенский университет, Германия), из 115 сельскохозяйственных культур, выращиваемых более чем в 200 странах, 35% опыляются насекомыми, птицами и летучими мышами. Главные опылители — бабочки; пчелы же занимают второе место, и популяции их уменьшаются (например, из доклада Национального исследовательского совета США следует, что за последние два десятилетия численность домашних пчел уменьшилась примерно на 30%).

Sciences et Avenir. 2006. №718. P.32 (Франция).

К концу XI в. в период Крестовых походов лепра быстро распространилась по Европе. До этого времени несколько случаев лепры были отмечены на севере и западе Европы. Сейчас группа чешских антропологов открыла ее следы и в Центральной Европе: фрагменты ДНК возбудителя лепры *Mycobacterium leprae* обнаружены на двух скелетах из захоронений,

произведенных еще до 1050 г. и находящихся на кладбище Затек на северо-западе Богемии (Чешская Республика).

La Recherche. 2006. №401. P.18 (Франция).

Собакам, пораженным наследственной болезнью сетчатки глаз (врожденной слепотой Лебера), возвращено зрение в клинике г.Нанта (Франция). Благодаря применению генной терапии восстановлена электрическая активность клеток сетчатки глаза.

Наследственной слепотой Лебера страдает во Франции от одной до двух тыс. детей, однако эффективного средства лечения этой болезни пока нет.

Science et Vie. 2006. №1071. P.17 (Франция).

Американские экологи из Университета штата Колорадо утверждают, что по сравнению с плотинами, построенными бобрами в верховьях рек, более полезны для окружающей среды те, что созданы ниже по те-

чению: эти сооружения отводят воды из речного русла и заставляют их заливать речную долину, повышая тем самым уровень подземных вод. Такая «иригация» позволяет животным и растениям легче пережить сухой сезон.

Science et Vie. 2006. №1067. P.27 (Франция).

Во время рейса французского океанографического судна «Аталант», принадлежащего институту ИФРЕМЕР, открыта магматическая камера размером 7 км в длину и 4 км в ширину. Она находится под срединно-океаническим хребтом, где формируется океаническая кора. Такая кратковременно существующая структура впервые обследована для подобного типа срединно-океанических хребтов, в которых раздвижение двух тектонических плит происходит со скоростью менее 4 см/год (медленный спрединг).

La Recherche. 2006. №402. P.12 (Франция).

Крестовые

Мир обойденных величин в почве

Г.Н.Федотов, Г.В.Добровольский

Нет сомнений, что почва — незаменимое достояние и источник богатства человечества. Именно она создает жизненные условия для всех растений, животных и микроорганизмов, обитающих на суше. Только при поверхностном взгляде почва кажется однообразным и малоинтересным объектом. В действительности же ее мир разнообразен и удивителен не менее, чем мир растений и животных, минералов и горных пород. Но здесь речь пойдет не об этом, а только о почвенной структуре, к тому же нанометровой размерности. Проще говоря, о структуре почвенных коллоидов.

Устаревшая модель?

Чтобы умело пользоваться почвой, этим богатством человечества, и не истощать ее, о ней нужно знать как можно больше. Как же обстоят дела в действительности? Сведений, самых разнообразных, накоплено великое множество, в том числе структурных. Но они ограничены микроуровнем, за его нижние пределы исследователи не переходили, не затрагивали «мир обойденных величин», как называл коллоиды лауреат Нобелевской премии немецкий физико-химик В.Ф.Оствальд (1853—1932).

После работ отечественного почвоведом и агрохимиком К.К.Гед-

© Федотов Г.Н., Добровольский Г.В., 2007



Геннадий Николаевич Федотов, доктор биологических наук, профессор кафедры химии Московского государственного университета леса. Область научных интересов — коллоидная химия почв.

Глеб Всеволодович Добровольский, академик РАН, директор Института экологического почвоведения МГУ, почетный член Международного союза наук о почве, почетный президент Российского общества почвоведов им.В.В.Докучаева. Основные научные интересы связаны с изучением структурно-функциональной роли почв в биосфере. Член редколлегии журнала «Природа», где опубликовал несколько статей.

ройца (1872—1932) важность коллоидной составляющей почв была признана. Активно проводились работы по ее изучению, разрабатывались способы выделения коллоидов, определялся их состав в разных почвах и почвенных горизонтах. По выявленным различиям стремились отыскать некие закономерности.

В исследованиях, как правило, исходили из устоявшегося

взгляда на почву как на объект, содержащий множество, набор, коллоидных мицелл, а не образованную ими структурированную систему. Разница на первый взгляд кажется малозначительной, но она принципиальна, так как в первом случае не учитывается весьма важная характеристика — наноструктурная организация почвенных коллоидов. А ведь известно, что структурой этого уровня определяются

свойства материалов, содержащих наночастицы.

В основе существующих представлений о строении и функционировании почв лежит трехфазная, или физическая, модель. В соответствии с ней почва является собой системой из трех фаз: твердой, жидкой и газообразной.

Твердую фазу образуют первичные минералы, наследуемые от горных пород, и вторичные, возникающие из первичных за счет их трансформации. В эту фазу входит также нерастворимое в воде органическое вещество. Размеры твердых частиц чрезвычайно разнообразны: от нескольких нанометров (коллоидные частицы вторичных минералов и гуминовых кислот) до сантиметров в поперечнике (камни). Жидкая фаза — это почвенный раствор, заполняющий поровое пространство между твердыми частицами. Газовую фазу составляет воздух в порах, который значительно отличается по составу от атмосферного.

Попавшие в почву отмершие остатки растений и животных преобразуются там под воздействием микроорганизмов. Так возникают гумусовые кислоты — весьма сложные полимерные органические образования. Их «ядро» составляют ароматические соединения (хиноны, кислород- и азотсодержащие гетероциклы), а на периферии находятся алифатические соединения, в их числе — углеводы и полипептиды. К гумусовым кислотам относятся растворимые в воде светлоокрашенные фульвокислоты (с довольно малой молекулярной массой: 5–15 кДа) и гуминовые кислоты. Их молекулярная масса может достигать сотен тысяч дальтон. Темная окраска почв обусловлена именно гуминовыми кислотами.

Считается, что коллоиды существуют в почвах в виде полидисперсной смеси: поверхность относительно крупных почвенных частиц покрывают плотные

гели, а в почвенном растворе находятся золи из органических и неорганических коллоидных частиц. Такой упрощенный подход используется при установлении гранулометрического состава почв, измерении их удельной поверхности, изучении ионного обмена, состояния и движения воды в почве и во многих других случаях. На основе определяемых таким образом почвенных свойств часто строятся разные гипотезы, как правило, без учета ограничений, налагаемых неполнотой знаний о структуре. Важность знания структуры очевидна, как нам кажется. Самый яркий пример — ДНК: только после открытия двуспиральной структуры стало ясно, как воспроизводится эта молекула и как свойства родителей передаются потомкам. Еще простой пример. Работу ионных каналов нельзя было понять, основываясь лишь на том, что клеточная мембрана состоит из липидов и белков; потребовалось знание ее структуры.

Структурированный раствор

В своих исследованиях мы попытались применить системный подход, который, как известно, основан на целостности систем, взаимной связанности их частей.

Существование в почвах только зелей и плотных гелей вызвало у нас сомнение. Ведь по теориям, описывающим процессы гелеобразования в гетерогенных коллоидных системах, в них возможны также ажурные гели и периодические коллоидные структуры (рис.1). В одних коллоидные частицы контактируют между собой, в других удерживаются на расстоянии друг от друга в энергетических минимумах, возникающих за счет баланса дальнедействующих сил.

Не было уверенности и в том, что гуминовые кислоты способ-

ны находиться только в виде глобулярных коллоидных частиц. Такое состояние (наиболее частое) обеспечивается в том случае, когда макромолекулы существуют в растворе в свернутой конформации. Но в определенных условиях молекулы гумуса, взаимодействуя между собой, могут образовывать непрерывные, пронизывающие весь раствор, молекулярные сетки, т.е. студни. Поскольку в почвах содержатся органические и неорганические коллоидные частицы, нельзя исключить, что они могут быть включены в такие сетки, и тогда студни становятся армированными.

Таким образом, наше восприятие гелей, покрывающих почвенные частицы, отличалось от традиционного, вытекающего из физической модели почв. По нашим представлениям, должны существовать не только плотные гели, но также ажурные и периодические структуры, студни и их армированный вариант. Перечисленные структуры, не рассматриваемые раньше в почвоведении, способны включать в состав большие количества дисперсионной среды, жидкости, попросту — воды. А это неизбежно изменит прежнее понимание почвенного раствора. Оказавшись в составе гелевых структур, он перестает быть свободным раствором, а становится структурированной коллоидной системой с совершенно другими свойствами.

Если исходить из поведения подобных систем, известных в химии, можно предсказать, как в различных условиях будут вести себя почвы. При их высушивании гелевые структуры, содержащие почвенный раствор, должны сжиматься, примыкая к поверхности твердых частиц, а при добавлении воды в сухие почвы — набухать. Однако набухание — событие отнюдь не мгновенное: сначала сжавшийся гель примыкает к стенкам почвенных пор, а добавленная вода остается свободной, и только затем он постепенно поглощает

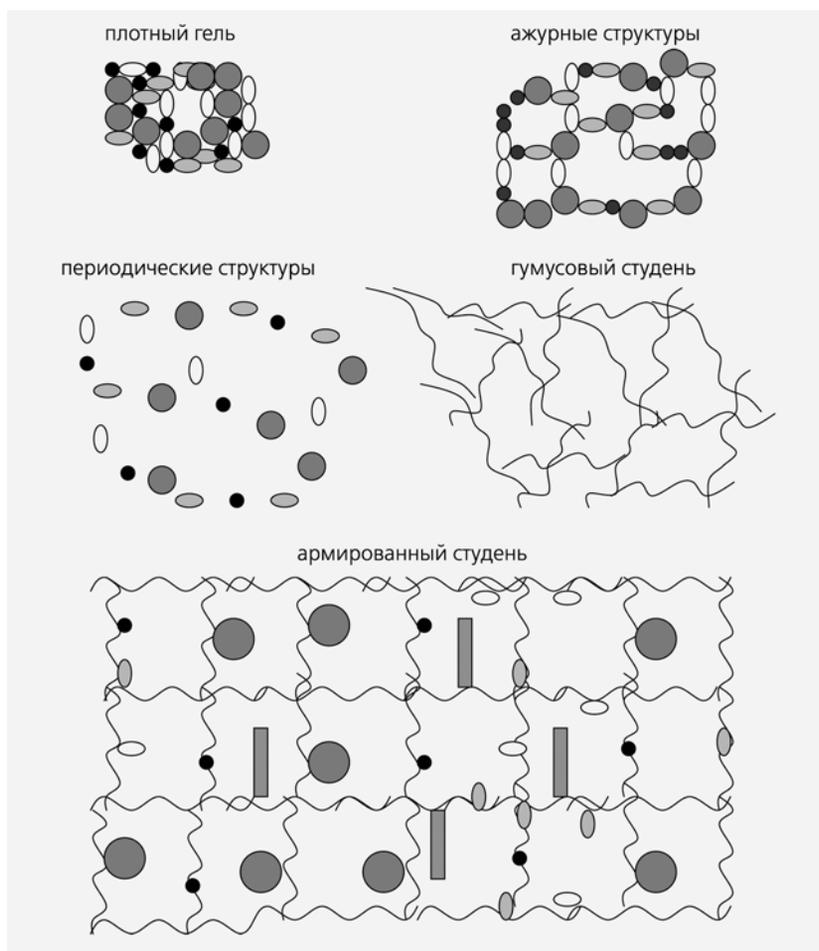


Рис.1. Схема строения гелевых структур, которые могут существовать в почвах. Разными геометрическими фигурами обозначены коллоидные частицы различных веществ: глинистых минералов, гидроксидов железа и алюминия, кремневой кислоты, каолинита и т.д.

воду, набухает и может при этом полностью закупорить поры. Фактически после обводнения сухой почвы протекают одновременно два процесса: стекание воды под действием гравитационных сил и поглощение ее гелем, т.е. закрепление в почве. Равновесие по содержанию воды в ней, видимо, отражает такая почвенная гидрофизическая характеристика, как наименьшая влагоемкость. Отметим, что состав раствора, попавшего в почвенную пору, его температура, состояние гелевой структуры должны оказывать влияние и на скорость заполнения пор гелем, и на степень предельного расширения гелевых структур,

а также на их свойства. А следовательно, все это должно сказаться и на свойствах самих почв. Чтобы проверить это, мы изучили около двух десятков почвенных характеристик, среди которых липкость, структурно-механические свойства, скорость диффузии солей, удержание их почвами, электропроводность, пьезоэффект, амплитудно-частотная зависимость электросопротивления, каталазная активность, диффузионно-адсорбционные потенциалы, теплопроводность. Результаты убедили нас в правильности нашего предположения: свободный почвенный раствор погло-

щается набухающим гелем. В зависимости от времени, прошедшего после обводнения сухих образцов, свойства почти всех изучаемых почв постепенно изменялись, пока не достигали константной величины.

Липкость выщелоченного чернозема, например, убывала в течение пяти суток (рис.2). Менялась, в числе прочих, и такая важная характеристика, как ферментативная активность, от которой зависит обеспеченность растений питательными элементами. Они становятся доступными после преобразования почвенных компонентов экзогенными ферментами, которые, как известно, в почвах находятся в иммобилизованном состоянии.

Если ферменты, как мы предположили, входят в состав структурированных коллоидов в почвенном растворе, то происходящие с ними изменения должны влиять на активность ферментов и скорость ферментативных реакций, а в конечном счете — на биологическую активность почв. Ее в почвоведении измеряют косвенно, по количеству каталазы. Этот фермент выделяют микроорганизмы, чтобы предотвратить угнетающее действие побочного продукта собственной жизнедеятельности — перекиси водорода. Так вот, активность каталазы разных почв (верхних горизонтов чернозема, тепличного субстрата, торфяной и дерново-подзолистой) непрерывно нарастала в течение недели после обводнения образцов (см. рис.2). То же самое происходило и в разных горизонтах серой лесной оподзоленной почвы Владимирского Ополя (см. рис.2), из чего мы делаем вывод о распространении коллоидных структур во всей почвенной толще.

Структурирование почвенного раствора подтверждается также и снижением электропроводности почв, т.е. повышением электросопротивления. В самом деле, если почвенный раствор

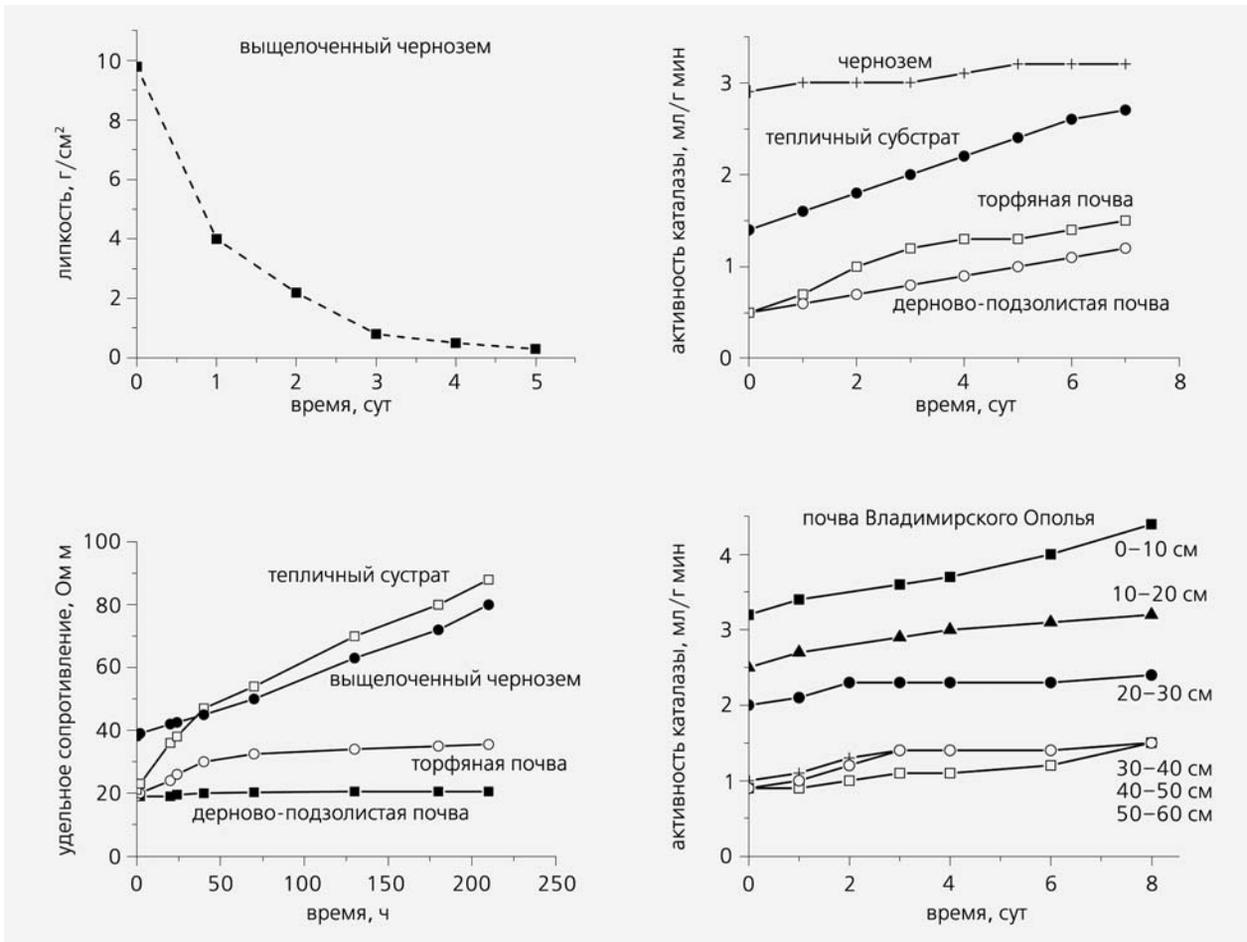


Рис.2. Изменения некоторых свойств разных почв от времени, прошедшего после добавления воды.

входит в структуру геля, то подвижность ионов окажется уменьшенной, а электросопротивление увеличенным в сравнении с тем, которое бывает, когда соли находятся в составе свободного, неструктурированного, почвенного раствора.

В опытах удельное электросопротивление менялось по-разному (см. рис.2): в черноземе и тепличном субстрате после добавления воды оно увеличивалось в течение всего экспериментального времени, но в торфяной почве рост продолжался только двое суток. В дерново-подзолистой почве, содержащей, как известно, минимальное количество коллоидов, удельное электросопротивление оставалось на одном и том же уровне.

Увидели и измерили

Воспользовавшись гипотезой «набухающего геля», можно объяснить многое из того, что происходит в почвах. Например, понять, почему неподвижна вода в капиллярах менее 10 мкм поперечником; за счет чего скачкообразно увеличивается коэффициент ее фильтрации через почвы, если превышено некое предельное давление, и почему она не фильтруется при малых давлениях. Все это — результат существования у гелевых структур предельного напряжения сдвига, их разрушения, когда оно превышено, и увеличения эффективного диаметра капилляров. Тогда иначе должны интерпретироваться данные по гранулометрическо-

му составу почв, определяемому методом седиментации, который активно используется для характеристики почв и в мелиоративных расчетах. Ранее, в соответствии с законом Стокса, предполагалось, что частицы минимальных размеров оседают с наименьшей скоростью. Но если они покрыты гелевыми оболочками, то с наименьшей скоростью будут оседать частицы, толщина оболочки которых максимальна (рис.3). Так как ее плотность близка к плотности воды, при осаждении гелевая «капсула» срабатывает как парашют, искажая размеры частиц, определяемые методом седиментации.

Однако на основе полученных результатов мы не могли сказать, какой тип гелевых

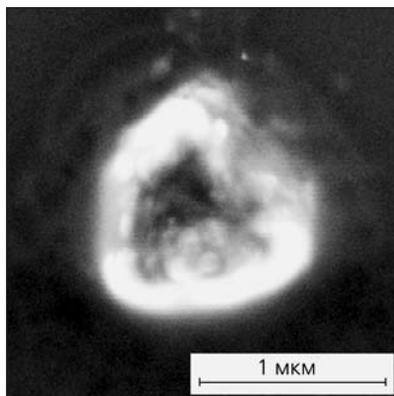


Рис.3. Микрофотография частицы из фракции тонкого ила (<0.5 мкм) дерново-подзолистой почвы, выделенной методом седиментации. Такая толстая гелевая оболочка удерживает столь крупные частицы от быстрого оседания.

структур, содержащих в составе жидкость, в действительности существует в почвах. Чтобы выяснить это, мы прибегли к электронно-микроскопическим исследованиям. В экспериментах мы исходили из того, что при давлении на почву частично разрушается исходная коллоидная структура почвенного раствора, в результате чего его подвижность возрастает, и он выделяется из образца. В таком случае выпрессовываемая жидкость может содержать обломки коллоидных образований.

В зависимости от типа существующих в почвенном растворе гелевых структур они могут проявиться на подложке в нескольких вариантах. Если это золь, коллоидные частицы должны размещаться относительно равномерно. Плотный гель даст сгу-

стки контактирующих друг с другом коллоидных частиц. Ажурный гель, образованный за счет ближней агрегации, будет выглядеть разветвленной структурой тоже из контактирующих частиц. Будь это периодические коллоидные структуры, их обломки должны осаждаться на подложку так, что коллоидные частицы, весьма вероятно, закрепятся на ней, сохранив исходные расстояния. Что же выяснилось на самом деле?

На электронно-микроскопическом изображении (увеличение в 10 тыс. раз) мы увидели белые пятна частиц (размером несколько сот нанометров), которые хаотично размещались на подложке. При более сильном увеличении (100–200 тыс.) они оказались агрегатами из коллоидных частиц размером

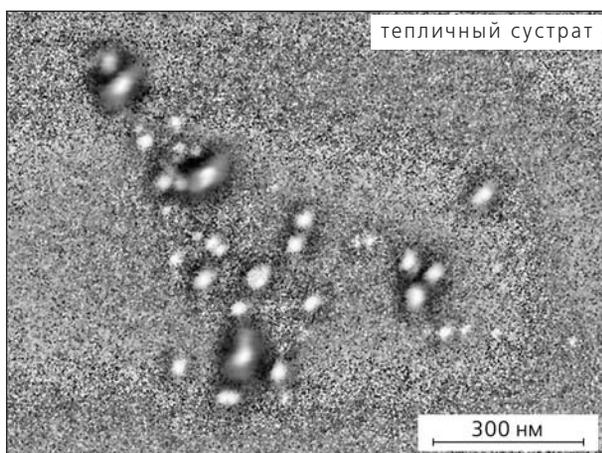
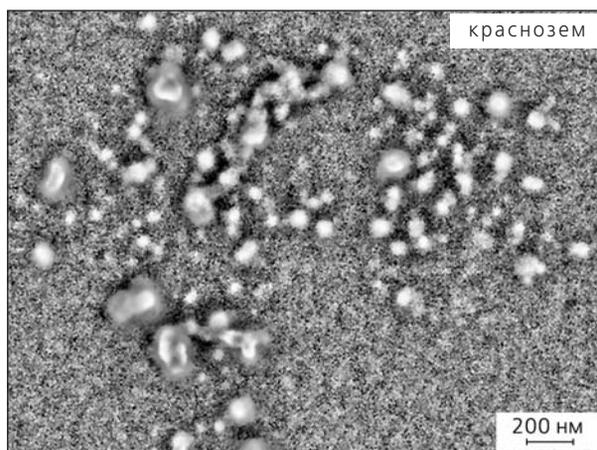
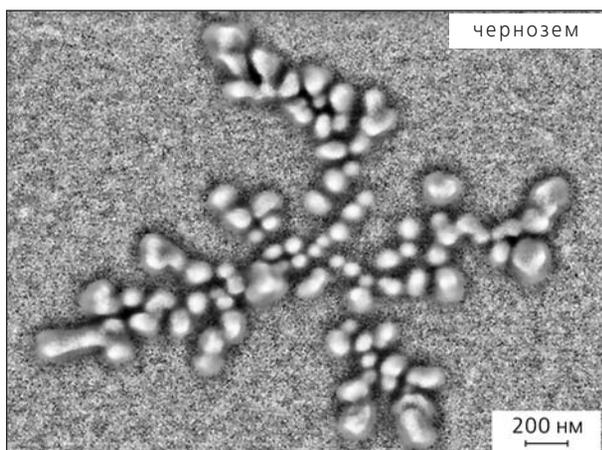


Рис.4. Микрофотографии почвенных растворов, выделенных прессованием из различных почв. Хорошо видно, что коллоидные частицы располагаются на подложке на расстоянии друг от друга.

от 10–15 до 30–50 нм и находились в 10–150 нм друг от друга (рис.4). Выделенные из разных почв, гелевые структуры заметно отличались размерами. Например, в дерново-подзолистой почве выделяемые обрывки гелей содержат, кроме коллоидных частиц, еще и неорганические — размером в несколько микрометров.

Подобные картины могли дать только органоминеральные гели, которые находятся в почвах либо в виде периодических коллоидных структур, либо в виде армированного гумусового студня.

Какой же из этих типов коллоидного структурирования реализуется в почвах? Судя по результатам изучения гелей в просвечивающем электронном микроскопе, мы имели дело с ар-

мированным студнем: неорганические коллоидные частицы, видимые как черные точки, располагались на расстоянии друг от друга в матрице из полупрозрачного для электронов органического вещества (рис.5). Эта органическая матрица довольно эластична, что подтвердилось случайно. При подготовке образца, который в виде суспензии наносили на дырчатые подложки, одна капля попала на отверстие и закрепилась на его краях. Высохнув, она сжалась, как и должно частице армированного студня, при этом органическая матрица растянулась, стала тоньше, но не разрушилась, т. е. вела себя как типичный полимер.

Тем не менее мы решили проверить свои выводы еще одним способом, не подвергая образцы

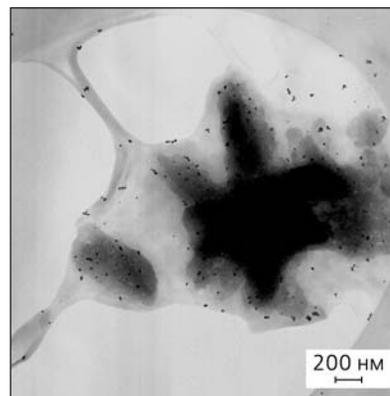


Рис.5. Микрофотография частицы геля из дерново-подзолистой почвы. Неорганическая часть (черная фигура в центре) находится в матрице из полупрозрачного для электронов органического вещества.

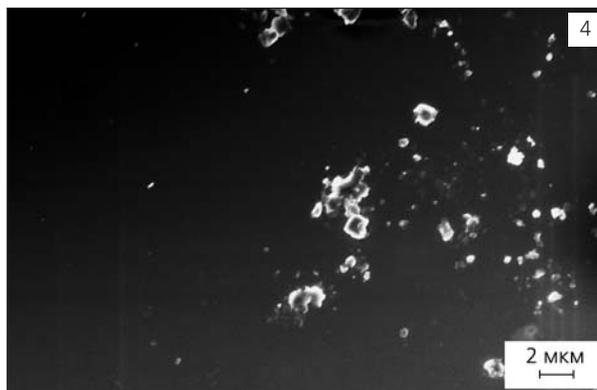
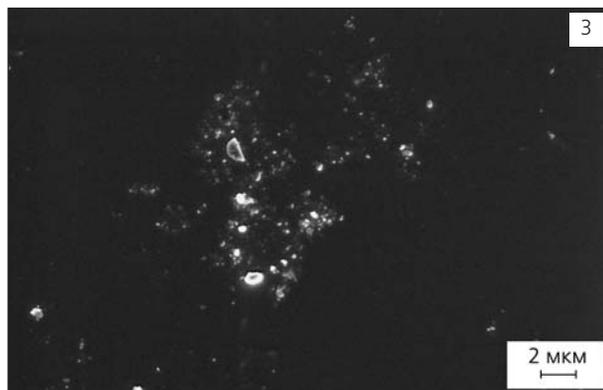
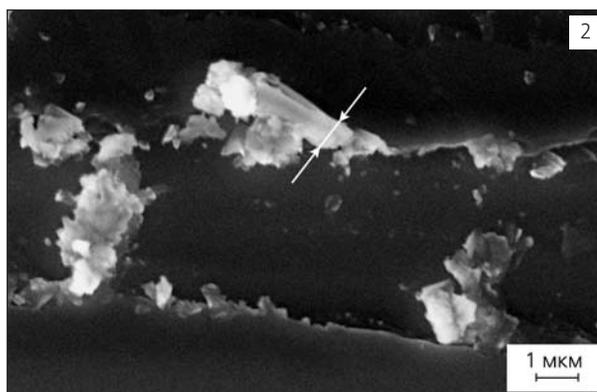
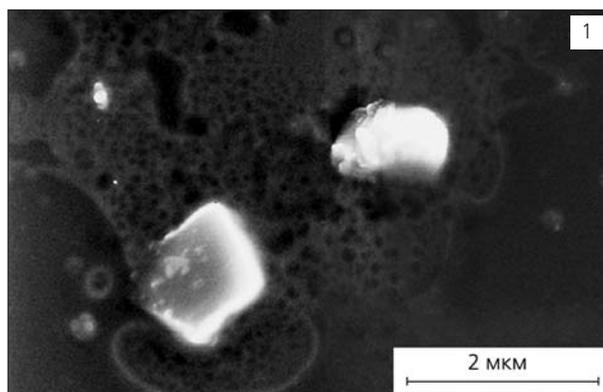


Рис.6. Микрофотографии гелевых пленок, выделяющихся с поверхности почвенных агрегатов дерново-подзолистой почвы (1, 4) и чернозема (2, 3). Видно, что гель связывает частицы микрометровых размеров (1); сама же пленка становится видимой только в месте разрыва, трещины — тогда органическая матрица отходит от подложки, края трещины приподнимаются, и удастся измерить толщину пленки (2; показана встречными стрелками); на пленке легко просматриваются пространства как армированные неорганическими коллоидными частицами, так и свободные от них (3, 4).

давлению, которое могло искажать исходные гелевые структуры. В ходе изучения почвенных агрегатов мы обнаружили, что от них самопроизвольно отделяются гелевые пленки и поднимаются на поверхность воды. На такие пленки мы и посмотрели в электронный микроскоп. Было хорошо видно, что гелевая пленка связывает между собой частицы размерами от единиц до нескольких десятков микрометров. Сама же пленка (в высушенном состоянии ее толщина примерно 1 мкм) действительно представляет собой органическую матрицу, в которой одни области армированы коллоидными частицами, а другие — нет (рис.6). Так еще раз подтвердились сделанные ранее выводы, а кроме того, появилась дополнительная информация.

С помощью рассеяния нейтронов

Напомним: гели мы выделяли из почв в довольно мягких условиях — выпрессовывали из влажных образцов или отделяли от поверхности агрегатов при их увлажнении. Вполне допустимо, что такими способами выделяется не весь гель, а лишь наиболее подвижная и непрочная его часть. Возникает естественный вопрос: можно ли экстраполировать сделанные выводы на весь почвенный гель, на любые почвы и почвенные горизонты?

Мы попытались выяснить все это, используя метод малоуглового рассеяния нейтронов. Его преимущество в том, что он не требует подготовки проб, связанной с механическим воздействием на образцы, и позволяет видеть статистическую картину.

Почвенные растворы, выделенные прессованием из чернозема, внешне очень походили на фрактальные кластеры. Поэтому мы изучили зависимость малоуглового рассеяния нейтронов образцами разных почв от импульса и определили фрактальную размерность D_f коллоидных

структур. Поскольку фракталы могут быть как массовыми, в которых коллоидные частицы не контактируют друг с другом, так и поверхностными, с контактирующими между собой частицами, мы определили показатель Пóрода. Для массовых фракталов, как известно, этот показатель $2 \leq D_f \leq 3$ совпадает с фрактальной размерностью, а для поверхностных — $D_f > 3$.

Полученные результаты (табл.) свидетельствуют, что для всех изученных почв и почвенных горизонтов наблюдается рассеяние нейтронов, характерное для объектов, имеющих фрактальное строение. Для всех влажных образцов (за исключением горизонта A_2 дерново-подзолистой почвы) фрактальная размерность оказалась меньше трех. Из этого следует, что почвенный гель представляет собой массовый фрактал. У большинства воздушно-сухих почв фрактальная размерность была та-

кой же, что подтверждает упомянутую организацию коллоидных частиц. Поскольку в сухих образцах малоугловым рассеянием нейтронов тоже выявлены массовые фракталы, т.е. не контактирующие друг с другом коллоидные частицы, это может свидетельствовать только об их размещении в гумусовой сетке. В противном случае при удалении воды они должны войти в непосредственный контакт. Из экспериментальных результатов нейтронного рассеяния воздушно-сухими почвами, в которых показатель Пóрода несколько превышает тройку, следует, что при высушивании почв коллоидные частицы коагулировали.

Итак, в почве существует не просто набор коллоидных частиц, а их система, организованная в упорядоченную молекулярную сетку — армированный гумусовый студень, упрочненный за счет органических моле-

Таблица
Фрактальные свойства почв

Почвы и горизонты	Показатель Пóрода	
	Воздушно-сухие почвы	Почвенные пласты
Дерново-подзолистая:		
A_1	3.22±0.03	2.69±0.03
A_2	3.09±0.03	3.12±0.03
B	2.84±0.02	2.74±0.02
Серая лесная	2.96±0.02	2.80±0.02
Бурая лесная:		
A_0	3.07±0.02	2.64±0.02
A_1	3.04±0.02	2.79±0.02
B	3.16±0.02	2.88±0.02
Чернозем:		
оподзоленный	2.85±0.02	2.68±0.02
выщелоченный	2.90±0.02	2.77±0.02
Чернозем типичный:		
A_0	2.90±0.09	2.65±0.09
A_1	2.94±0.02	2.71±0.10
B_1	2.96±0.02	2.65±0.09
BC	3.37±0.02	2.95±0.02
Темно-каштановая	2.71±0.02	2.40±0.02
Светло-каштановая	2.97±0.02	2.47±0.02
Краснозем:		
A_0	2.82±0.08	2.53±0.02
B_1	2.75±0.03	2.65±0.02
B_2	2.81±0.06	2.62±0.02
BC	2.82±0.06	2.62±0.02
Торфяная почва	3.03±0.02	2.83±0.10

кул. При взаимодействии с водой он ведет себя подобно многим полимерам — набухает, вбирая воду, а при высушивании происходит его усадка. Различные воздействия изменяют состояние армированного полимерного гумусового студня, вследствие чего меняются и свойства самой почвы.

* * *

Мы доказали существование наноструктурных коллоидных образований и тем расширили сложившиеся научные представления о почвах как физико-химических системах. Наша точка зрения позволяет предсказать наличие в почвах ранее неизвестных свойств и помогает понять научные факты, которые не находили объяснения, например, уже упомянутые неподвижность воды в капиллярах, скачкообразное увеличение коэффициента ее фильтрации при превышении предельного давления.

Можно ли применить эти знания на практике? Безусловно. Обеспечение продовольствием населения России зависит от производительности сельского хозяйства, особенно земледелия, а оно страдает в основном из-за деградации почв в результате потери органического вещества за счет его минерализации (преобразования гумуса до углекислоты). Естественно, что почвенные свойства при этом значительно ухудшаются и плодородие снижается. В первую очередь меняется структура — уменьшается содержание агрономически ценных агрегатов размером 2—5 мм. Как следствие, почвы уплотняются, нарушается водно-воздушный режим корневых систем растений. Кроме того, потеря гумуса приводит к уменьшению водоудерживающей способности почв. В результате после увлажнения бесструктурные почвы сначала испытывают дефицит воздуха, а затем, как ни казалось бы странным, — влаги.

Таким образом, структура почвы представляет собой важнейший фактор, от которого зависит ее плодородие. Хорошая обеспеченность растений элементами питания возможна только на почвах, не лишенных структуры. Если же они бесструктурны, не помогут и удобрения, урожайность не вырастет.

Весьма эффективным приемом улучшения почвенных свойств могут оказаться искусственные гели из дешевых природных материалов, не разлагаемых почвенной биотой. Коллоидные системы — это типичный гибридный материал, в котором органическая компонента стабилизирует наносостояние неорганических веществ, а неорганические коллоидные частицы замедляют минерализацию гумуса. Осталось только разработать подходящие способы получения столь необходимых коллоидов, частиц из мира, который долгое время считался миром обойденных величин. ■

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проекты 03-04-48216а, 04-04-48586а.

В конце 2006 г. острова Французских южно-антарктических территорий, расположенных на юге Индийского океана на расстоянии более 2 тыс. км от материков, получили статус резервата. На 7 тыс. км² островной суши и 15.7 тыс. км² водной поверхности под охраной оказались 44 вида гнездящихся птиц и три вида ластоногих.

Science et Vie. 2006. №1071. P.34 (Франция).

Археологи Р.Купер и С.Кропелин (R.Kuper, S.Kropelin; Кёльнский университет, Германия) датировали периоды заселения 150 археологических «точек» в Египте, Судане, Ливии и Чаде. С установлением режи-

ма муссонов 10 500 лет назад в Сахаре, до того сухой и необитаемой, появились озера и реки, а вслед за ними возникли первые поселения, основанные кочевниками. Спустя 3 тыс. лет пустыня от недостатка дождей начала понемногу продвигаться к северу и югу, что со 2-го тысячелетия до н.э. заставило людей покидать освоенные места, оставаясь в редких увлажненных зонах, таких как долина Нила.

Science et Vie. 2006. №1068. P.36 (Франция).

Во время Второй пунической войны (218 г. до н.э.) боевые слоны Ганнибала преодолели Альпы, однако все животные,

за исключением одного, там и погибли. Результаты недавнего исследования, проведенного с помощью GPS за перемещениями 60 слонов в Кении, показали, что слоны неохотно поднимаются по крутым склонам и систематически избегают уклонов круче 33°. Эти толстокожие животные, весящие в среднем 5 т, реально рискуют получить травму или даже солнечный удар, если поднимутся достаточно высоко. Более того, на подъеме слонам требуется много калорий: на каждые 100 м приходится уделять полчаса на поиск кормов, чтобы просто не потерять в весе.

La Recherche. 2006. №401. P.98 (Франция).

Исследование

Граниты Иртыша глазами натуралистов трех столетий

Е.Ф.Бурштейн,
кандидат геолого-минералогических наук
Москва

Теснина Иртыша

Еще в середине XX в. ниже впадения в Верхний Иртыш его крупного правого притока Бухтармы воды обеих рек вначале текли не смешиваясь — прозрачная, отстоявшаяся в озере Зайсан иртышская, и мутноватая, бегущая с гор бухтарминская. Вскоре, однако, облик долины и реки резко менялся... Начиная со второй половины XVIII в. отрезок Иртыша между устьями Бухтармы и Ульбы был знаком многим исследователям Алтая, сплавлявшимся по нему на плотах или лодках. Поездка, сопряженная с некоторым риском, сама по себе доставляла незабываемые впечатления. Г.Е.Щуровский вспоминал: «Берега Иртыша состоят тут из огромных скал, поднятых почти вертикально и образующих узкое русло. На пространстве более 100 верст река мчится с бешенством. Но за 8 верст до Усть-Каменогорска прибрежные скалы расходятся, и река... мгновенно расширяется...» [1. С.22]. Однако натуралистов в основном привлекало открывавшееся здесь зрелище, которое долго не укладывалось в принятые представления о соотношениях гранитов и метаморфических сланцев. Их статьи и книги дают уникальную возможность проследить эволюцию взглядов на происхождение,

относительный возраст и механизм формирования тел гранитов на основе одних и тех же данных, отчасти воспринимавшихся визуально и дистанционно — не все рисковали приставать к берегу и осматривать обрывы вплотную. Это дополнялось изучением выходов гранитов возле Бухтарминской крепости и в некоторых других местах.

В первые полвека (с 1725 г.) освоения Рудного (Юго-Западного) Алтая все внимание уделялось месторождениям, хотя гранитные скалы возвышались вблизи первого — Кольванского — медного рудника и построенного на нем завода. Само название «гранит» в России было мало кому известно: в XVII—XVIII вв. подобные породы здесь чаще именовали «диким камнем».

Теснина Иртыша располагалась на территории, на которую претендовало Джунгарское ханство. У ее нижнего окончания еще в 1719 г. была заложена Усть-Каменогорская крепость. После разгрома ханства Китаем (1756—1758) на правобережье Иртыша за Бухтармой был основан медный рудник, обозначивший российское присутствие в этом районе, к концу века подкрепленное сооружением близ устья Бухтармы крепости. Берега ущелья становились доступными для исследования.

Нептунизм: граниты — из океана

Концепция нептунизма, согласно которой граниты и почти все остальные горные породы возникли путем осаждения (механического или химического) из морских вод, и противостоящая ей плутоническая, утверждавшая образование гранитов и других кристаллических силикатных пород из расплава, сформировались к концу XVIII в., но сами идеи возникли, развивались и боролись между собой гораздо раньше. Борьба была неравной: на стороне первых были авторитет церкви, освятившей сказание о Всемирном потопе, и успехи химии XVIII в., показавшей возможность кристаллизации из раствора различных веществ, не говоря уже о знакомых каждому процессах осаждения из жидкости механических примесей в кофейнике, ведре или природном водоеме. Плутонисты ссылались на вулканы, но описанные к тому времени извержения оставляли после себя в основном пузыристые лавы, шлаки, обломки и мелкий пепел, а то, что происходило на глубине, нельзя было наблюдать в природе и не удавалось воспроизвести в эксперименте.

Часть нептунистов (К.Линней, Ж.Бюффон) считала граниты механическими, другие (Т.О.Бергман) — химическими

морскими осадками. В середине XVIII в. нептунисты (Дж.Ардуино, И.Г.Леман) отнесли кристаллические и другие массивные породы, а также сланцы без окаменелых органических остатков к первозданным толщам, существующим «от сотворения мира»; на них налегали вторичные — слоистые (флэцовые) толщи с обилием окаменелостей, связанные, по Леману, с Всемирным потопом. С добавлением третичных пород (продуктов размыва и переотложения предыдущих) и новейших вулканитов возникла основа примитивных стратиграфических схем.

Паллас: фундамент и стержень гор — граниты из расплава

Трудно сказать, кто первый из образованных людей, спускаясь по Иртышу, заметил, что на одном участке правого берега граниты — самые ранние из первозданных пород — не подстилают древние сланцевые толщи, а покрывают их. В 1771 г., когда на Алтай прибыл в ходе путешествия по России академик П.С.Паллас, это, вероятно, еще не было известно. Но о существовании ущелья и возможности спуститься по нему, обозрев всего за 12–14 ч на протяжении более 100 верст обнажающиеся в скалах недра, он несомненно знал. Серьезная болезнь, настигшая его на пути между Омском и Семипалатинском, заставила Палласа ограничиться осмотром геологических объектов в предгорьях, в том числе гранитов близ Кольвани, у подножья Тигерцекого хребта, а также в районе серебро-свинцовых месторождений Змеиногорска. Он не мог ни сплавляться по реке, ни подниматься высоко в горы (некоторые маршруты делал студент Н.П.Соколов, будущий академик). Позднее он переписывался с исследователями Алтая, публиковал их материалы и учитывал в своих обобщениях.

По материалам наблюдений на Урале, в Южной Сибири и литературным данным Палласом была создана и доложена в 1777 г. академическому собранию в Петербурге общая схема строения и развития гор (земной коры) [2]. К этому времени К.Линней (1770) уже определил для термина «гранит» содержание, близкое к современному; в России его ввел в обращение Паллас (1776). В осевой части горных сооружений, по Палласу, выходят первозданные граниты, к которым прилегают крутозалегающие гнейсы, кристаллические и другие древние сланцы, лишенные признаков органической жизни; на них налегают известняковые толщи с редкими окаменелостями; выше по разрезу — различные слоистые толщи с обилием окаменелостей. Залегание первозданных слоистых формаций крутое, последующих — все более пологое. Над гранитным основанием в результате горения залежей колчеданов в сланцах могли зарождаться явления вулканизма. Упомянутые формации отчасти перекрыты новейшими наносами. Гранитные вершины гор, по Палласу, морем не покрывались.

Концепция Палласа не вписывается в упрощенные классификации: он был нептунист, но считал первозданный гранит возникшим при застывании огненно-жидкого расплава, о чем многие историки геологии, излагая его построения, не упоминают. Он писал: «...эту горную породу можно считать важнейшей составной частью недр нашего земного шара... Представляется, впрочем, что первоначально гранит должен был находиться в состоянии расплава и является порождением огня» [2. С.26]*. Вторая черта его концепции — признание важной роли в формировании земной коры внутренних факторов — вулканизма, вызываемого возгоранием залежей колчедана

* Перевод немецких текстов здесь и далее мой. — ЕБ.

в древних сланцах, землетрясений, крупных провалов и поднятий земной коры, которыми отчасти были обусловлены и внешние — в первую очередь, катастрофические наводнения.

Паллас, Патрен и Шангин

Э.Патрен из Лиона, иностранный член-корреспондент Академии наук, физик, доктор права и натуралист, особенно увлекавшийся ботаникой и минералогией, при содействии Палласа совершил в 1781 г. путешествие по Алтаю. В Змеиногорске к нему присоединился с отрядом штаб-лекарь П.И. Шангин, известный в округе ботаник и минералог-любитель, почти ежегодно ходивший в горы (формально — для сбора лекарственных растений, что делалось попутно). Они осмотрели граниты близ Кольвани и поднялись на заснеженный Рассыпной белок в Тигерцеком хребте, где в массивных гранитах годом раньше горный офицер Ф. Риддер выявил жилы с участками розового кварца, крупными кристаллами шерла (турмалина), аквамарина и других редких минералов. В письме к Палласу Патрен отметил, что гранит в предгорьях образует пологопадающие слои [3].

Паллас в примечаниях к письму уточнил, что к древнейшим он относит только массивные кристаллические граниты, а «слоистые» разновидности (с матрацевидной отдельностью) — к отложениям продуктов разрушения первых на их поверхности или там, куда они сносились. «Точно так же мог образоваться гранит в жилах, прорывающих сланцы, а иногда и подстилаемый ими» [выделено мной. — ЕБ.]**. Именно в первых содержатся главные скопления слюды, крупных кристаллов кварца, пронизанных полевым

** Паллас ссылается на наблюдения О.Соссюра в Альпах, но возможно, что он знал и о соотношениях в ущелье Иртыша из писем Патрена.

шпатом [по-видимому, пегматов. — *Е.Б.*], а также «все районы нахождения крупных столбов шерла состоят из этого древнейшего застывшего литья»*. Паллас допускал, что слоистые разновидности позднее испытывали новую кристаллизацию, приобретая облик и структуру гранитов, в результате процессов, которые в будущем назовут метаморфизмом и гранитизацией. Заметно изменение его позиции, формулируемое фразой: «...я не хотел бы быть принужденным решать, осуществлялась ли кристаллизация гранита в холодном или горячем, кашеобразном или жидком хаосе. Соли зачастую очень упорядоченно кристаллизуются в густом иле, и их кристаллы сами создают себе место» [4. С.368].

Сомнения Палласа усиливались и тем, что его последователи (И.М.Ренованц, Патрен) местами наблюдали соотношения, противоречащие схеме, например, соседство гранитов со слоистыми известняками при отсутствии между ними сланцев. Получив материалы большого путешествия 1786 г. Шангина (ставшего горным офицером) в высокогорье Алтая, где массивы гранитов были вскрыты глубже, он послал ему ряд вопросов. Впоследствии он опубликовал ответы на них сразу за «Дневными записками» Шангина [5]. Часть из них касалась гранитов. Шангин писал, что в Горном Алтае он не видел массивных, не расчлененных на слои гранитов; не видел и отвесно падающие слои. В снежных горах гранитные слои намного мощнее, чем у Кольвани. Не встречал он и гранит выше гор, сложенных порфирами, мраморами или сланцами, а всегда — под ними. Это не укладывалось

* Паллас использовал здесь термин *Guß* (литье; отливка), а не *Schmelz* (расплав), как в работе 1777 г., намечая этим, по-видимому, диапазон возможных способов кристаллизации гранита — от застывания огненно-жидкого расплава до «холодного» процесса, подобного кристаллизации гипса в литейной форме и др.

в первоначальные представления Палласа.

«Гранитно-соляное тесто» Патрена

Во втором письме Палласу Патрен писал также о планах осмотреть в 1782 г. районы от Усть-Каменогорска до Томска. Затем его путь лежал в Забайкалье. Переписка с Палласом продолжалась. Она не прошла для него бесследно, как и приобретенный полевой опыт. В 1787 г. Патрен вернулся в Петербург, а оттуда — в родной Лион.

В 1788 г. Патрен изложил в обзоре месторождений Алтая и Даурии свою гипотезу происхождения гор**. «На эти соображения — указано в реферате статьи — его навело ущелье Иртыша, прорывающего на протяжении 30 лье юго-западную ветвь Алтая и вскрывающего породы первозданные, главным образом, жильные [здесь — имеющие рвущее залегание. — *Е.Б.*], так что хорошо видно их строение» [6]. Патрен попытался совместить представления о химическом осаждении первозданного гранита из вод первичного океана, недавно поддержанные И.Г.Вернером (1786), с реальными соотношениями геологических тел, которые не смог увидеть Паллас. Гранитное основание образовалось, как и у Вернера, путем соединения и кристаллизации из раствора более однородных солей. Из неоднородной смеси возникло чередование гранита с траппом, роговой обманкой (амфиболитом?) или порфиром.

Далее, пишет Патрен, «вещества, которые... имели меньшую наклонность к кристаллизации, отложились позже и образовали различные слои роговикового сланца... но состояние покоя продолжалось недолго: из глубины этой еще мягкой толщи поднялись горы...». Это объясня-

** Здесь использованы реферат В.А.Обручева и перевод им фрагментов французского текста Патрена.

лось реакциями между соленосными и металлическими веществами, пропитанными водой, в нижней части отложений: «...гранитно-соляное тесто поднялось, вздулось... Эти гранитные вздутия подняли глинистые слои, покрывавшие их в виде роговиковых сланцев и прорвали их... Когда внутреннее движение подняло гранитные массы к облакам, слои роговиковых сланцев... продолжали покрывать склоны первых, ставшие почти отвесными... Слои сланцев, еще мягкие, сползали, изгибались, опрокидывались... Какова могла быть причина этих явлений... как не первоначально горизонтальное положение слоев, а затем их поднятие, обусловленное *внутренней силой*...?» [7. С.92—93]. Построения Патрена, т.е. дислокации сланцев под давлением незатвердевшего гранита, рвущее залегание тел гранитов, механизм поднятия гор, наконец, тестообразность внедряющейся массы в еще большей степени, чем у Палласа (1777), предвосхитили положения гипотезы поднятия, где активным агентом служил гранитный расплав. Они не были замечены ни его современниками, ни историками геологии, за исключением В.А.Обручева, изложившего их, и В.В.Белоусова, давшего им высокую оценку: «...В этих словах... дано то самое объяснение происхождения складчатости, которое было принято гипотезой поднятия в 1-й половине XIX в. и повторено, конечно, в значительно усовершенствованном виде, в современных гравитационных гипотезах складкообразования» [8. С.230].

(Во Франции Патрен втянулся в политическую жизнь: был избран как республиканец от Лиона в Конвент, но голосовал против казни короля. Во время якобинского террора скрывался. Позднее был хранителем библиотеки Горного училища, которому передал коллекцию минералов, и написал несколько научных трудов.)

Мы не знаем, как реагировал Паллас на впечатления Патрена о прорывании гранитами сланцев (он мог узнать о них ранее из писем), но его взгляды допускали и отложение продуктов разрушения первозданных гранитов поверх крутопадающих древних сланцев, прислоненных к склонам гранитных гор, и их способность заполнять сверху трещины, образуя жилы [4]. Паллас, внимательный и опытный наблюдатель, при непосредственном изучении обнажений мог бы заметить те детали соотношений, которые подвигли Патрена истолковать их как прорывание сланцев гранитами снизу.

Мертвая Земля Вернера

А.Г.Вернер с 1775 г. преподавал во Фрейбергской горной академии горное дело и минералогию (к минералам относили и горные породы), а в 1780 г. выделил из горного дела геогнозию — науку о горных породах, их происхождении и соотношениях. Горные породы были объединены по составу и происхождению в формации, которые подразделялись по относительному возрасту на первозданные, переходные, флэцовые и намывные. Его схема строения горных сооружений была во многом заимствована у Палласа, но все породы, по Вернеру, произошли из водной среды за исключением небольшой части продуктов новейшего вулканизма (базальты и миндалекаменные лавы для него тоже были осадочными). В отличие от Палласа Вернер не признавал движений земной коры, допуская только обрушение пород в подземные пустоты. Это дало основание Белоусову утверждать: «В учении вернерианцев Земля была мертвым, лишенным внутренней энергии телом» [8. С.103].

Основное внимание Вернер уделял преподаванию. Он был незаурядным лектором и обладал, по воспоминаниям его уче-

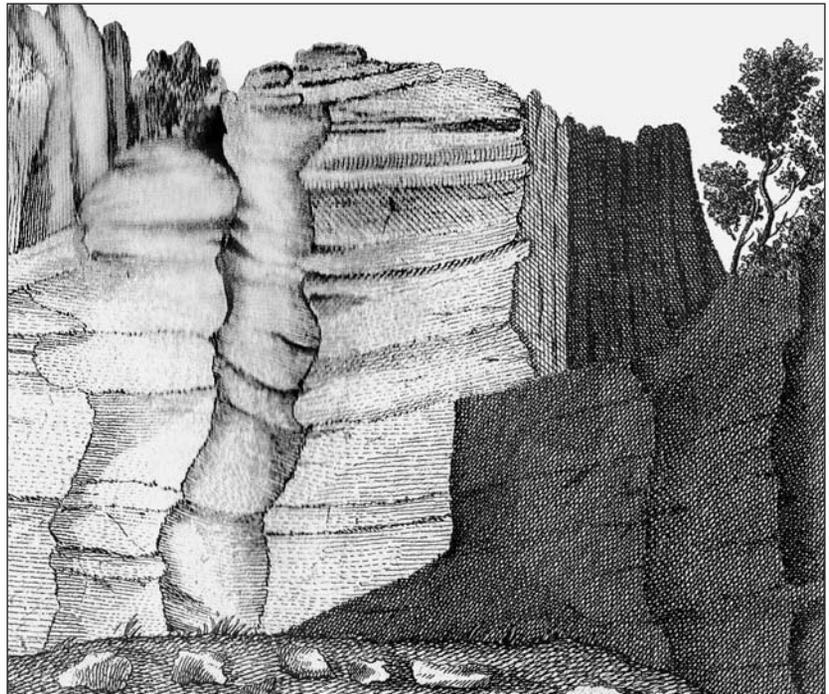
ников, необыкновенной силой воздействия. Ученики же и издали на основе конспектов лекций первые курсы геогнозии. Подготовленные им за 42 года преподавания около 800 убежденных непутистов распространяли подобно миссионерам его учение в разных странах, включая Россию.

Между тем в 1788—1795 гг. в Эдинбурге публиковалась «Теория Земли» Дж.Хаттона (Hutton)*, где на материале его многолетних исследований в Шотландии обосновывалось происхождение гранита и близких к нему пород из расплавленных на значительных глубинах осадочных пород; базальтов на морском дне — из расплавов, поднимавшихся с глубин; а также роль подземного «огня» в расширении пород и поднятиях материков и горных хребтов. Она не была воспринята в континентальной Европе и тем более в России, где все шире распространялась концепция Вернера.

* В русской литературе до последнего времени его именовали Геттоном, реже Гюттоном.

Герман надвигает граниты

Первое конкретное описание увиденного в теснине Иртыша опубликовал в 1801 г. Б.Ф.Герман: «...показалось странное явление: гранит лежал на глинистом сланце или казался лежащим на последнем, поскольку первый, который залегает на нем в виде больших клиньев и матрацевидных тел, как будто нависает сверху; почти не может быть сомнения в том, что гранит не залегает в собственном смысле слова на сланце, но был на него *надвинут*» [9. С.108]. Герман, академик и горный инженер, неоднократно наблюдавший смещения контактов пород и рудных жил по разрывам, интерпретировал соотношения просто: поскольку граниты первозданные и *не могут налегать на сланцы*, следовательно, они на них *были надвинуты позднее*. Сам того не подозревая, он опередил современников почти на полтора века. Герман опубликовал и две зарисовки соотношений, но выбрал для них *крутые* контакты тел



Соотношения гранитов (светлое) и глинистых сланцев (темное) на правом берегу Иртыша [9].

гранита со сланцами, также наблюдаемые на обрывах, хотя он, конечно же, видел и участки *пологого перекрытия* сланцев гранитами.

Гранитные лавы Гумбольдта

Хотя научное сообщество отвергло многие положения Хаттона, опередившие свое время, но идеи плутонизма (именовавшегося также вулканизмом) в 1-й четверти XIX в. возродились в форме гипотезы поднятия (кратеров поднятия), которую развивали ученые Вернера Л.Бух и А.Гумбольдт. По их представлениям, поднятия земной коры, образование гор, складча-

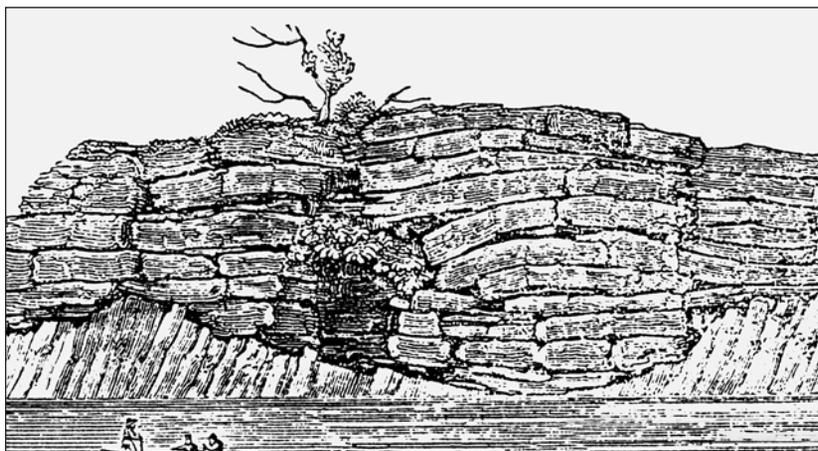
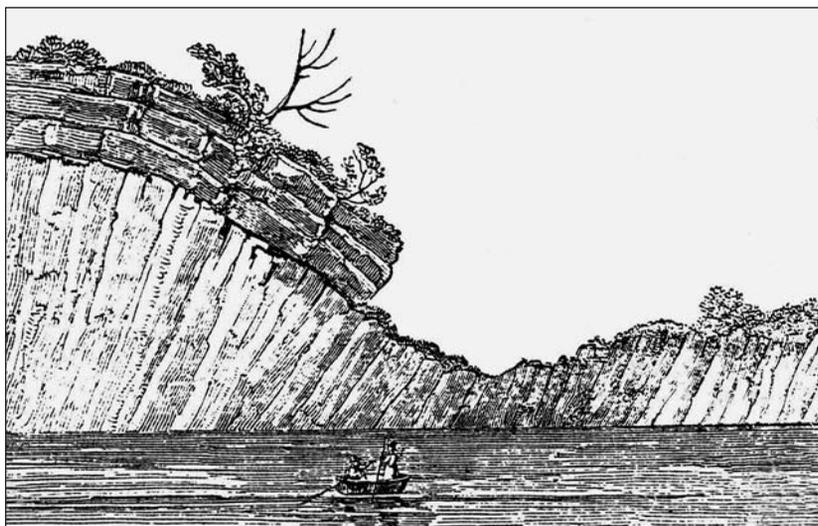
тость и разрывы происходят при внедрении в слоистые толщи раздвигающих их расплавов. В зоне поднятия возникает купол, при обрушении которого остается кратерообразная впадина. В дискуссии о происхождении гранитов теперь задавали тон плутонисты; но в России все еще преобладал непутоизм.

Во 2-й четверти XIX в. возобновились путешествия натуралистов. В 1826 г. К.А.Мейер, участник ботанической экспедиции К.Ф.Ледебура, спустился по Иртышу и проехал по Казахскому нагорью. Его геологические данные обработал М.Энгельгардт, но «...приводя наблюдения Мейера о залегании гранита на глинистом сланце по рч.Аблакитке [левый приток Иртыша. — Е.Б.]...

о перемежаемости слоями гранита, грюнштейна и глинистого сланца по Иртышу... он не старается объяснить эти странные соотношения пород» [6. II. С.52].

Гумбольдт со спутниками Г.Розе и Х.Эренбергом в 1829 г. осмотрел выходы гранитов у Кольвани и по Верхнему Иртышу. «Огненные» вулканические и плутонические породы он различал по предполагаемому состоянию расплава — жидкому или вязкому, тестообразному: первые растекались по поверхности рельефа, вторые выдавливались на поверхность, оставаясь над подводными каналами. Пологую пластовую отдельность гранитов Гумбольдт считал признаком их эруптивного происхождения. Позднее (в 1843 г.) он писал: «Нигде, ни в том, ни в другом полушарии не видел я гранитов, которые бы представляли более ясный характер эруптивных, или излившихся пород, как граниты, окружающие Алтай... они не соединяются ни с гнейсом, ни со слюдяным сланцем и поднимаются из земли... самыми странными формами»*. В заключение он отправился со спутниками по Иртышу на плоту с юртой.

Увиденную ими картину описал Розе: «...среди глинистых сланцев появился в больших количествах гранит с отдельностью в виде горизонтальных слоев... Глинистый сланец нередко пересекали белые жилы... Гранит жил выделялся присутствием белой слюды, в то время как массивный гранит, как и раньше, содержал черную. Здесь также глинистый сланец содержал вблизи гранита обилие листочков слюды, ориентированных параллельно слоистости [сланцеватости. — Е.Б.]. Граница налегания массивного гранита на глинистый сланец нередко была горизонтальной и иногда нависала над ним, что особенно хорошо видно на участке, представленном на рисунках. Далее,



«Нависание» гранитов над сланцами (сверху) и полное их перекрытие гранитами (снизу) на правом берегу Иртыша [10].

* Перевод с французского, цит. по [1. С.34].

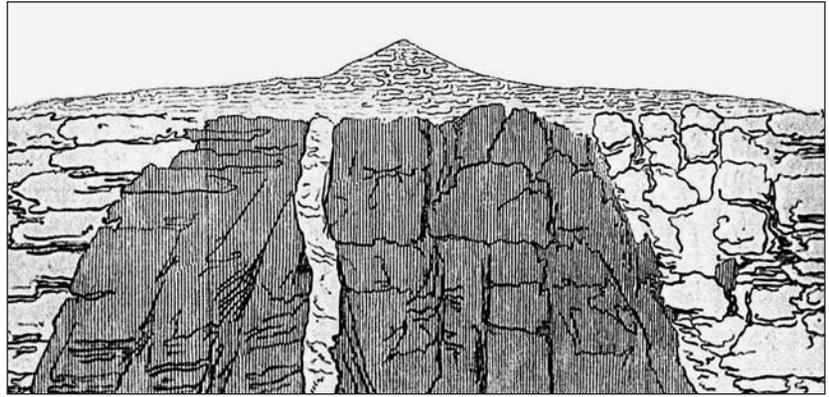
однако, глинистый сланец был полностью перекрыт гранитом». «Плывя по Иртышу, мы имели возможность наблюдать это интересное явление в течение длительного времени; повсюду граница между глинистыми сланцами и гранитами... была резкой и наблюдалась отчетливо. Поверхность контакта... была волнообразной, то поднимаясь примерно до 50 футов над уровнем воды, то опускаясь до нескольких футов над водой; при несколько более высоком уровне зеркала вод наблюдать ее было бы невозможно» [10. С.610—612].

«Все эти соотношения между гранитом и глинистым сланцем описывал еще Герман... однако он описал их в соответствии с состоянием геогнозии того времени, отчего они и не привлекли к себе внимания геогностов» [10. С.612].

Путешествие Гумбольдта по России повысило интерес к идеям плутонизма, которые в Западной Европе уже вытесняли нептунизм. Однако даже поддержка взглядов Хаттона в знаменитых «Основах геологии» Ч.Лайеля (1830—1833) не привела к быстрому признанию его положений, и вернеровский нептунизм был вытеснен плутонизмом (вулканизмом) в форме гипотезы поднятия. В России же, в частности на Алтае, последняя стала преобладать только в 1830-х годах, затем стала господствующей до середины века.

Гельмерсен, Чихачев, Щуровский

Среди путешественников по Алтаю 30—40-х годов XIX в. выделяются Г.П.Гельмерсен (1834), П.А.Чихачев (1842) и Г.Е.Щуровский (1844). Из них Гельмерсен и Щуровский также сплавлялись по Иртышу и наблюдали перекрытие сланцев гранитом. Авторитет Гумбольдта не позволил всем трем усомниться в справедливости его выводов. Чиха-



Соотношения плитчатых (слева и справа) и жильных гранитов (в центре) со сланцами в обрыве р.Бухтармы. Вдали — коническая Мохнатая сопка [13].

чев, охвативший в 1842 г. уникальным по интенсивности маршрутом горные, предгорные области и впадины Алтая и Западного Саяна между Иртышом и Енисеем, описал среди изверженных пород граниты, сиениты, диориты, порфиры, диабазы, мелафиры, считая их моложе пересекаемых ими осадочных пород. В последних местах была установлена девонская фауна — это исключало более древний возраст формирования массивов, что он отнес и к гранитам Верхнего Иртыша. На составленной Чихачевым карте масштаба 1:1 млн на правом берегу Иртыша показано узкое линейное тело гранитов, рвущее нерасчлененные переходные (докаменноугольные) формации [11].

Щуровский также выделил по Верхнему Иртышу близкие по возрасту жильный и слоистый граниты. «Первый, без всякого сомнения, выступал жидкой, полутекучей массой, второй — тестообразной или полутекучей. Самое убедительное доказательство полутекучего состояния гранитов встретили мы верстах в 16 от Бухтармы...». Общий вывод соответствует представлениям Гумбольдта и Розе: «...на всем протяжении от Верхней пристани до Нижней сланцевые горы подняты, разорваны и даже покрыты гранитом» [12. С.171—172].

Сводная работа Гельмерсена была опубликована лишь в 1848 г., когда уже вышли книги Чихачева и Щуровского, отчасти перекрывших его маршруты. Он описал разрез по береговому обрыву р.Бухтармы близ крепости с детальной зарисовкой его части и видом стоящей вдали конической сопки. «Если рассматривать это во взаимосвязи... с гранитной Мохнатой сопкой,... то возникает ясное убеждение, что здешний гранит является подлинно изверженной горной породой, прорывающей глинистый и слюдястый сланец и даже изливающейся на него сверху» [13]. Мохнатая сопка, по форме — крышеобразный купол, сложена гранитом, плиты которого имеют соответствующее склонам пологое залегание, сменяющееся на равнине горизонтальным. Сланцы на контакте с гранитом превращены в кристаллическую слюдястую породу. В целом граниты на Алтае, по Гельмерсену, моложе сланцев, но древнее других плутонических пород.

«Цветы запоздалые» Джеймсу Хаттону

По мере накопления геологической информации, формирования в середине XIX в. понятия о магме как силикатном расплаве-растворе с участием

воды и других летучих компонентов (Ж.Дюроше, 1845; К.Науман, 1850), появления результатов экспериментов, совершенствования химического анализа пород и с началом внедрения в петрографию микроскопических методов научное сообщество «доросло» до Дж.Хаттона. Были, наконец, разграничены, хотя и не вполне четко, плутонические формации, образовавшиеся на глубине, и вулканические.

В связи с упадком горнозаводского дела в 1868 г. на Алтай был приглашен Б.Котта, профессор Фрейбергской горной академии. Он осмотрел месторождения и многие его районы. Котта спустился по Иртышу: ущелье напомнило ему Рейн, прорезающий горы между Бингеном и Бонном, но, по контрасту с заселенной и цветущей долиной Рейна, путешественники «миновали невидимый Бухтарминск и вплоть до причаливания в вечерней темноте не увидели ни единой деревни, ни леса, ни источника...» [14. С.39].

(Однако обе теснины обладали преданиями. На одной из скал над Рейном златокудрия колдунья Лорелея, воспетая Г.Гейне, отвлекала своим пением рыбаков, и их лодки разбивались о пороги. Одну из скал над Иртышом, как объяснили

еще Гумбольдту, называли Вершинин бык в память о казачьем офицере, который, преследуемый кочевниками, бросился с нее в реку.)

В монографии 1871 г. Котта, плутонист следующего поколения, отвергал представления о гранитных лавах, перекрывающих сланцы. Но объектом критики он выбрал не Гумбольдта, автора гипотезы, а Гельмерсена, не решившегося тому возражать: «...если в этих случаях действительно имело место перекрывание гранитом, то мне представляется, что это может объясняться не изливанием лавового потока, а воздыманием гранита в косом направлении к глинистому сланцу... То, что гранит этой местности моложе глинистого сланца, с несомненностью вытекает из отчетливо жилообразных пересечений у Бухтарминска, которые г-н Гельмерсен вплотную наблюдал и изобразил» [14. С.41—42]. На схематическом разрезе показаны варианты падения плоскости контакта: под сланцы или в противоположную сторону, но неизменно под крутыми углами. Между тем и на зарисовках в книге Котты хорошо видна линия контакта, близкая к горизонтальной. Хотя на срезе крутопадающей плоскости контакта плоскостью берегового об-

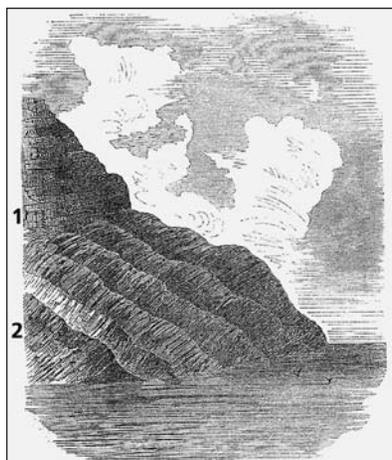
рыва это возможно, но склоны теснины отнюдь не были плоскими, а контакт светлых гранитов с темными сланцами был весьма отчетливым. Котта умалчивает и о пологой отдельности гранитов, служившей важным аргументом для предшественников.

Глинистые и глинисто-сланцевые сланцы долины Иртыша, прорванные гранитом, Котта отнес к силуру или даже более древним толщам. Граниты Алтая в целом он считал безусловно последовонскими, допуская возможность их образования после известняков нижнего карбона, но ранее угленосных формаций*.

В 1888 г. в английском журнале А.Беловесский из Усть-Каменогорска обратил внимание на то, что местоположение важного для изучения гранитов Алтая обнажения на Иртыше не было точно указано Гумбольдтом и Розе. Они, как и путешественники 30—40-х годов, ограничились его осмотром с палубы плывущего судна. После нескольких попыток Беловесский все-таки нашел и осмотрел его, не ограничиваясь нижней частью, видимой с воды. Гранитное тело — жила мощностью 30—40 м — лежит не на сланцах, а непосредственно в них, сопровождаясь побочными жилами тонкозернистого гранита толщиной до 0,5 м, залегающими по сланцеватости. Видимый с реки почти горизонтальный нижний край тела, контактирующий с почти вертикально залегающими сланцами, привел к выводу об излинии гранитов поверх сланцев. Вблизи гранитов сланцы утрачивают сланцеватость, превращаясь в очень плотную породу с обилием мусковита [15].

В статье В.Гергенредера после изложения точек зрения Гумбольдта и Котты было предложено новое объяснение соотношений в ущелье: «...расплавленная гранитная масса, подни-

* Сейчас угленосные толщи Кузбасса относят к среднему-верхнему карбону, перми и юре.



Скалистое ущелье Иртыша. Слева — вид по течению, справа — против течения. Хорошо видно падение сланцеватости к северо-востоку. 1 — гранит, 2 — глинистый сланец [14].

маясь из недр Земли, проникла в некоторых местах в трещины между отдельными пластами окружающего сланца и образовала лакколиты». Затем денудация снесла сланцы с кровли гранитных тел, оставив картину перекрытия гранитами подстилающих сланцев [16. С.106]. Хотя автор претендует на близкое знакомство с ущельем Иртыша, из текста явствует, что он вряд ли внимательно всматривался в правый берег и определенно не видел зарисовок в книгах упомянутых авторов*.

Обручев: складчато-глыбовый Алтай

У Обручева, в 1914 г. пересекшего Горный Алтай с северо-востока к юго-западу, сформировались новое видение его тектоники и вывод о складчато-глыбовом строении палеозоид Центральной Азии (наметившийся у него после изучения в 1911 г. Калбинского хребта). Горная система Алтая, по Обручеву (1915), возникла в кайнозое путем перемещений по разломам глыб палеозойского складчатого сооружения. Приподнятые блоки (горсты) образовали хребты с плоскими водоразделами, опущенные — котловины (грабены). Главную роль в структуре региона играли крутопадающие сбросы и взбросы. Услышав в горах о начавшейся войне, Обручев и его спутники преодолели кратчайшим путем хребет Холзун и, спустившись по Бухтарме к Иртышу, едва успели попасть на отходящий пароход. Так что в августе 1914 г. Обручев должен был видеть в теснине известные ему по литературе соотношения гранитов и сланцев. Но сложившиеся представления надолго определили его негативное отношение к пологим надвигам: он их или отрицал, или считал второстепенными деталями строения региона.

* Точку зрения Гумбольдта—Розе он изложил по «Землеведению Азии» К.Риттера.

Нехорошев: Прииртышье — край «рудного грабена»

Многие исследования в области региональной геологии и металлогении Алтая в 20—60-е годы XX в. связаны с именем В.П.Нехорошева. В 1930 г. он отметил, что Рудный Алтай ограничен с северо-востока и юго-запада позднепалеозойскими разломами, сопровождаемыми зонами смятия, а в 1932 г. охарактеризовал Рудный Алтай, сложенный средним и верхним палеозоем, как грабен, опущенный на несколько километров по отношению к Калбе и Горному Алтаю, где, как он считал, развиты более древние отложения. Тем самым Нехорошев присоединился к взглядам Обручева о роли крутопадающих сбросов и взбросов в структуре региона, которые ранее не принимал. Выяснилось, что плоскости рассланцевания обычно не совпадают с первичной слоистостью пород. Прииртышская зона смятия охватывала и верхнюю часть ущелья Иртыша. Выделение рудного грабена позднее не подтвердилось, поскольку толщи Калбы оказались не древнее, а моложе рассланцованного среднего девона в ущелье, но границы областей, различающихся по геологическому строению и рудоносности, были намечены правильно. Позднее (1954) Нехорошев охарактеризовал Прииртышскую зону смятия близ устья Бухтармы как «сложноскладчатый участок, в пределах которого заметно развита опрокинутая к юго-западу складчатость...», т.е. допустил некоторое перемещение масс к юго-западу [17, 18].

Интрузивные комплексы и надвиги Елисеева

В 1930-е годы многолетними исследованиями Н.А.Елисеева на Алтае и в Калбе были выделены два главных интрузивных комплекса: ранний змеиногор-

ский — от оливиновых габбро-норитов до гранитов (последнижекаменноугольный), и поздний — слюдяных гранитов (последпермский), вскоре названный калбинским. Елисеев в 1931 г. впервые наметил в северо-восточной тектонической зоне Рудного Алтая (от района Змеиногорска до Тигерцекого хребта) пологие послескладчатые надвиги, по которым внедрялись интрузии ранних гранитоидов. Несмотря на серьезную критику Обручевым и Нехорошевым, он повторил это в монографии 1938 г. На петрографической карте показал по правому берегу Иртыша вдоль теснины, как и у Чихачева, узкий массив гранитов, посчитав их аналогичными гранитам Калба-Нарымского батолита. Но, указав среди источников книги Чихачева и Щуровского, Елисеев умолчал о выразительных соотношениях поздних гранитов со сланцами в самом ущелье, о которых несомненно знал, хотя бы из литературы [19]. Допущение пологих надвигов в мезозое (если слюдяные граниты последпермские) выглядело бы еще более еретическим, и мнение корифеев сибирской геологии, по-видимому, «давило» на Елисеева так же, как прежде концепции Вернера, а затем Гумбольдта на их учеников и современников.

Между тем к этому времени уже были опубликованы труды Г.Клооса, где были объяснены закономерности образования в гранитных массивах с куполовидной верхушкой систем пологих трещин. Последние возникают в условиях умеренных глубин при застывании расплава и охлаждении гранитов и раскрываются по мере снятия нагрузки при денудации вышележащих толщ, создавая картину расслоения гранитов. В жило-идейкообразных телах гранитоидов, напротив, расслоение, параллельное их боковым поверхностям, обычно не встречается, а преобладают поперечные или кососекущие трещины. Поэтому в дилемме: являются ли

описанные соотношения результатом внедрения гранитной магмы вдоль поверхности надвига с образованием дайкообразного тела или надвигания на сланцы пластины гранита, срезанной с расположенного восточнее массива, показанного у Елисеева, — более вероятен был второй вариант.

* * *

В 1970 г. после долгого перерыва я получил возможность еще раз взглянуть на места, прилегающие к Бухтарме. Проехав по знакомой горной дороге — теперь уже шоссе, идущему от Усть-Каменогорска параллельно ущелью Иртыша, — и спускаясь к долине Бухтармы, увидел вместо реки широкий залив, поперек которого курсировал самоходный паром. Возле бывшего устья — острова. Самый крупный из них (судя по карте), соответствует Мохнатой сопке и приле-

гающей гранитной гряде. Еще правее — само водохранилище, поглотившее Иртыш выше ущелья и даже оз.Зайсан, расположенное далеко вверх по течению. Оно поглотило, по-видимому, и часть правого склона теснины, привлекавшую натуралистов (нижний выход из нее еще раньше был закрыт плотной Усть-Каменогорской ГЭС). Но проблемы региональной геологии, не говоря о теоретических, давно уже не решаются на одном обнажении, даже столь протяженном и эффектным, а требуют анализа большого фактического материала комплексом методов.

Геологическое картирование, глубокие скважины и геофизические исследования доставляли все новые данные о реальности существования на востоке Казахстана и на Алтае крупных надвигов, в том числе пологих. Но на изданной

в 1978 г. геологической карте масштаба 1:1 млн они по-прежнему отсутствовали. Линия Прииртышского глубинного разлома, разделяющая структурные зоны Рудного Алтая и Калбы, показана к северо-востоку от ущелья Иртыша, и «выплеск» за ее пределы (к реке) полосы рудно-алтайских стратифицированных и интрузивных формаций никак не объяснен.

Однако на тектонической карте Восточного Казахстана 1981 г. граница формаций Алтая и Калбы на верхнем участке теснины переместилась на левый берег реки, а ниже пересекала наискось Иртыш и была обозначена красной линией с зубчиками, что означало «надвиги и просекладчатые шарьяжи»*.

И сейчас это уже никого не удивляет. ■

* Шарьяж — горизонтальный или пологий надвиг с большой амплитудой перемещения масс.

Литература

1. Щуровский Г.Е. // Bull. Soc. d. Nat. de Moscou. V. XLII. P. 2. № 3. 1869. С. 15—69.
2. Pallas P.S. Betrachtungen über die Beschaffenheit der Gebürge und die Veränderungen der Erdkugel, besonders in Beziehung auf das Russisches Reich. St.-P., 1777.
3. [Patrin E.] Auszug eines französischen Briefes von Herrn Patrin // Neue nord. Beiträge... Bd.II. St.-P.; Leipzig, 1781. S.365—373.
4. Pallas P.S. [Примечания к письму Патрена] // Neue nord. Beiträge... Bd.2. St.-P.; Leipzig, 1781. S.366—368.
5. [Schangin P.] Nachtrag zu H[errn] Schangins Reise im höchsten Altaischen Gebürge // Neue nord. Beiträge. Bd.6. St.-P.; Leipzig, 1793. S.113—117.
6. Обручев В.А. История геологического исследования Сибири. Период I (XVII—XVIII вв.). Л., 1931; Период II (1801—1850). Л., 1933.
7. Patrin E. Aperçu des mines de Sibérie // Observations sur la physique, sur l'histoire naturelle... T.XXXIII. Paris, 1788. P.81—96.
8. Белоусов В.В. Очерки истории геологии: У истоков науки о Земле. М., 1993.
9. Hermann B.F. Mineralogische Reisen in Sibirien vom Jahre 1783 bis 1796. Bd.III. St.-P., 1801.
10. Rose G. Mineralogisch-geognostische Reise nach dem Ural, dem Altai und dem Kaspische Meere. Bd.I. Berlin, 1837.
11. Tchibatcheff P. Voyage scientifique dans l'Altai oriental et les parties adjacents de la frontière de Chine. V.1—2. Paris, 1845.
12. Щуровский Г.Е. Геологическое путешествие по Алтаю. М., 1846.
13. Helmersen G. Reise nach dem Altai im Jahre 1834 ausgeführt // Beitr. zur kenntn. des Russ. Reiches. Bd.14. St.-P., 1848.
14. Cotta V. Der Altai, sein geologischer Bau und seine Erzlagerstätten. Leipzig, 1871.
15. Bialoveski A. // Nature. V.39. №993. L., 1888. С.30—31.
16. Гергенредер И.Ф. // Золото и платина. 1909. №5. С.103—111.
17. Нехорошев В.П. Тектоника и металлогения юго-западного Алтая // Изв. всес. геол.-разв. объедин. 1932. Т.51. Вып.15. С.249—268.
18. Бурштейн Е.Ф. // Бюлл. МОИП. Отд. геол. 1956. №1. С.103—117.
19. Елисеев Н.А. Петрография Рудного Алтая и Калбы. М.; Л., 1938.

К истокам древних московских улиц

Т.Д.Панова,

доктор исторических наук

государственный историко-культурный музей-заповедник «Московский Кремль»

Вот уже много лет через Троицкие ворота Кремля люди попадают на территорию средневековой крепости Москвы — кто на работу, кто в музей, кто просто прогуляться по ее территории. И вряд ли кто-нибудь из них задумывается о том, что грунтовая дорога, взбегавшая на этом месте по глубокой балке на высокий Боровицкий холм, положила в XII в. начало системе городских улиц столицы России.

С торговыми или военными целями люди всегда старались селиться там, где были удобные проезды. Вот и первую крепость на Боровицком холме построили на такой сухопутной дороге, недалеко от крупной водной артерии среднерусской равнины — Москвы-реки. Остатки укреплений — мощные валы высотой 7 м и шириной в основании до 14 м — археологи обнаружили в 1959—1960 гг. в котловане под здание Кремлевского дворца съездов. Гигантское сооружение из бетона и стекла практически накрыло собою участок, на котором в 1156 г. возвели древнейшую московскую крепость.

Проходя через Кутафью башню и поднимаясь по крутому Троицкому мосту на Боровицкий холм (на 25 м вверх!), мы вновь и вновь проходим маршрутом людей XII в., спешивших попасть из южных или западных городов во Владимир и Суздаль. Дорога эта пролегла вдоль хорошо нам известных ориентиров. Она шла мимо вхо-

да в нынешний Кремлевский дворец съездов, вниз по ступенькам к Патриаршему дворцу и далее через арку под храмом Двенадцати Апостолов выводила на Соборную площадь, а затем по южной оконечности (бровке) Ивановской площади сбегала вниз к Константино-Еленинским воротам на Васильевский спуск и к Москве-реке.

Археологические данные свидетельствуют, что во второй половине XII в. рядом с первой московской крепостью (в северной части Соборной площади) начали активно селиться люди. И уже в конце XII столетия жители стали мостить грунтовую дорогу в пределах своего города деревом. Так на Боровицком холме появилась первая улица Москвы. Кстати, в то время сам город был еще очень мал и весь умещался на верхней террасе холма, но проблемы благоустройства уже вставали перед его первыми жителями.

Остатки настилов этой древнейшей безымянной улицы Москвы археологи смогли увидеть в середине 1960-х годов, когда проводили наблюдения в районе Патриаршего дворца: в те годы пришлось заменять совсем негодные фундаменты этого здания XVII в. Улица открылась в восточной проездной арке под церковью Двенадцати Апостолов именно такой, какой она служила людям более восьми веков назад (один настил на глубине 4,98 м, а затем и второй, самый древний — на отметке 5,2 м). По правой стороне улицы, если двигаться от Троицких ворот, размещались жилые дома

и хозяйственные постройки москвичей (разумеется, археологи увидели лишь то, что от них осталось).

Улица была широкой — более 4 м в ширину, а раскопанный участок в длину составил 15 м. В ее конструкцию входили круглые бревна-лаги, на которые вплотную были уложены толстые (10 см) и широкие (10—15 см) плахи. Когда первый настил поизносился и зарос грязью, на него уложили следующий. По наблюдениям археологов в древнем Новгороде, поновление уличного мощения происходило, как правило, раз в 20—25 лет.

Изучая конструкции древнейшей московской улицы, ученые обратили внимание на то, что между досок мостовой попадались плоские кости домашних животных. Позже выяснилось, что часть настила улицы лежит на вымостке из костей — это были ребра, зубы и расколотые пополам челюсти коров и лошадей. При дальнейших работах в северной части Соборной площади (конец 1960-х и 1970—1980-е годы) стало ясно, что отмостка из костей домашних животных в конце 12-го столетия занимала значительную площадь — не менее 1000 м²! Это мощение тянулось от алтарной части церкви Двенадцати Апостолов и уходило под здание звонницы. Пласт костей достигал толщины 20—25 см, а на одном из участков даже полуметра! Костная площадка появилась в связи с необходимостью замостить влажный участок территории раннего города — в исход-

ном рельефе здесь читается западина, в которой, видимо, скапливалась вода.

Интересно, что древнейшая улица Москвы не меняла свою трассу более трех столетий и прекратила свое существование только в конце XV в., когда в кирпичной крепости города устроили больше ворот, изменилась планировка застройки и система улиц.

Одной из новых мощенных деревом улиц в XVI в. стала Никольская, остатки которой археологи зафиксировали в 1994—1995 гг. возле дворца конца XVIII в. (построен архитектором М. Казаковым, ныне резиденция Президента РФ). Ранние ее настилы, относящиеся к первой половине — середине XVI в., довольно просты по конструкции — доски на лагах. А в конце XVI — середине XVII в. мощение улицы стало более сложным. Верхний настил обнаружили на глубине 1.0 м, и хотя сохранность дерева не везде хорошая, удалось зафиксировать его конструкцию. На продольных лагах (в площадь траншеи попали две линии лаг-подкладок) лежали вплотную друг к другу поперечные бревна, поверх которых были набиты доски, уложенные продольно (как и лаги). Лаги сохранились плохо; в полусгнившем виде их диаметр не превышал 12—15 см. Сделаны они из еловых стволов с остатками сучков. Доски верхнего настила имели ширину 13—14 см при толщине 6 см. Их прибавляли к бревнам наката железными костылями длиной 12—15 см, загнутыми частично на поверхности доски. Длина досок, набитых продольно на поперечные бревна, не превышала 1.5—1.6 м. Так в 1994 г. в Кремле впервые удалось обнаружить деревянную мостовую, конструкция которой частично представлена на одном из древнейших планов московской крепости первых лет XVII в. На нем показано замощение из продольно положенных досок. Благодаря археологическим данным сегодня

можно утверждать, что этот план Кремля достаточно точно отражает характер улиц центра Москвы в 17-м столетии.

Отмечены в Кремле и примеры уличных настилов из бревен или накат (накатник). Судя по археологическим данным, такие мощения использовали в основном в конце XV — XVI в., хотя в некоторых русских городах этот тип настилов известен и в более раннее время — во Пскове, например, в XIII—XIV вв. Как и везде, в Москве на мощение шли в основном хвойные породы дерева.

Крайне редко для городского благоустройства использовали гати. На территории Кремля гать была зафиксирована лишь однажды — во дворе здания Арсенала. Ее появление относится ко второй половине XIV в. и, возможно, связано с необходимостью замостить сырой участок, образовавшийся после сооружения в этой части холма дерево-земляных укреплений 1339 г. — они могли нарушить естественный сток влаги с участка верхней террасы Боровицкого холма. Гать представляла собой мощение из тонких веток и сучьев толщиной 15—20 см.

В пределах укрепленного центра Москвы археологи отметили берестяные выстилки, скорее всего дворцовые. Два случая их устройства относятся ко второй половине XIII в. и один — к рубежу XV—XVI вв. Для периода с середины XII и до первой трети XVI в. выделяются несколько систем настилов улиц и дворовых вымосток. Среди них — традиционное, хорошо известное по археологическим материалам Великого Новгорода, мощение из полубревен на трех линиях лаг. Его использовали редко (известны только четыре находки); все они относятся к концу XIII — рубежу XV—XVI вв.

В Средневековье для благоустройства городской территории использовали и другие природные материалы. Стоит упомянуть древнее мощение из

булыжника, остатки которого также обнаружены при археологических наблюдениях в Кремле. Зафиксировано оно было на мысовой площадке Боровицкого холма, во дворе Оружейной палаты, во время работ 1965 и 1979 гг. Мощение из крупного булыжника залегало на глубине 5.7 м в слое середины XII в. Булыжные вымостки вообще крайне редки в древнерусских городах. Они служат дополнительным аргументом в определении принадлежности усадьбы социально значимому населению, предположительно это может быть двор князя или его представителя. Интересно, что в системе дерево-земляных укреплений конца XII в. булыжник был использован и для устройства отмоксти вдоль насыпи вала (обнаружена на глубине 5.35 м). Ее делали для удобства передвижений воинов вдоль укрепления в сырое время года и скорее всего для такой отмоксти использовали булыжник дворового мощения более ранней усадьбы, которое зафиксировано сильно нарушенным.

Современная нам система улиц и площадей в Кремле начала формироваться в начале XVI в. с постройкой новой крепости при великом князе Иване III. Естественно, тогда Кремль был застроен много плотнее, а кривых переулков между дворами знати и церковными владениями существовало гораздо больше. Они проходили не только по верхней террасе Боровицкого холма, но и спускались по его склонам вниз, на Подол. Так называют во многих древнерусских центрах прибрежную часть холма, в данном случае — берег Москвы-реки у основания Боровицкого холма.

Три основные улицы ведут сегодня, как и в древности, к Соборной площади Кремля — от Никольских, Ризоположенских (Троицких) и Фроловских (Спасских) ворот. Главной из них всегда считалась Большая улица, по которой проезжали и шли люди от Фроловских про-

ездных ворот крепости. Большая, или Великая, улица впервые названа так в описании пожара в Кремле, случившегося в 1468 г. Остальные улицы, как правило, и вовсе не имели никаких названий. Только в XVII в. получила свое имя Никольская. Хотя следует сказать, что в описи Кремля 1626 г. и она, и улица к Ризоположенским воротам все еще безымянны и названы просто большими улицами, идущими к воротам. Ширина этих улиц не превышала трех саженей, или шести с небольшим метров. Известен в это время в Кремле и Чудов переулочек, который проходил за владениями мужского Чудова и женского Вознесенского монастырей. Одна из чудовских церквей — во

имя Козьмы и Демьяна — находилась на другой стороне этого переулочка. Место пересечения Чудова переулочка с Никольской улицей называли Никольским «крестцом» или перекрестком. Как показали археологические наблюдения 1995 г., к этому перекрестку от Троицких ворот подходила в XVII в. еще одна улица, мощенная деревом. Ее название до наших дней не сохранилось.

Остатки мощения еще одного переулочка, отмеченного в Описи Кремля за 1626 г., были обнаружены при археологических наблюдениях в южной части Ивановской площади. «В царя Константиновском переулочке поперек 2 сажени и тому быти по-прежнему» — записали чи-

новники, радевшие о пожарной безопасности в крепости после опустошительного бедствия 1626 г. Переулочек получил название по ближайшей церкви во имя царя Константина и матери его Елены, стоявшей на Подоле Кремля с XV в. и вплоть до 1930-х годов. Настилы этого переулочка были сделаны из круглых бревен (местами — из березовых).

Сегодня археологические данные позволяют проследить (в общих чертах, конечно) развитие уличной сети на территории средневековой крепости Москвы на протяжении более чем восьми столетий и ощутить связь с первой безымянной улицей Москвы, скрытой в толще земли вековыми наслоениями. ■

Археология

«Робинзоны» острова Тромлен

Французские археологи во главе с М.Гюэру (M.Gueroult), ведя раскопки на о.Тромлен, расположенном между Мадагаскаром и о.Реюньон, обнаружили следы становища рабов-мальгашей (жителей о.Мадагаскар), которых оставили здесь почти на 15 лет после кораблекрушения судна «Ютиль» в июле 1761 г.

Экипаж построил небольшую шлюпку из обломков судна и оставил на островке-«песчинке» площадью в 1 км², постоянно обдуваемом сильными ветрами, не менее 60 рабов, пообещав вернуться за ними. Это ожидание растянулось на 15 лет, на протяжении которых уцелевшие при кораблекрушении люди нашли способ разводиться огнем, использовать в пищу морских черепах, птиц и моллюсков. Они жили сначала под тентами, сделанными из пар-

сов «Ютиль». Для постройки жилища в ход пошли скудные строительные материалы острова — несколько крупных блоков кораллов и песчанник пляжа, своего рода природный бетон; его использовали для сооружения перегородок, навесов и, возможно, для надгробий, отмечая места захоронений умерших.

Военный корабль, прибывший на остров через 15 лет, нашел выжившими семь мужчин, шесть женщин и одного ребенка.

Sciences et Avenir. 2007. №719. P.23 (Франция).

Этология

Мурена и окунь — в одной охотничьей команде

Гигантские мурены и красноморские окуни — одинокие хищники, однако способны составить охотничью команду.

Работы швейцарских этологов показывают, что эти ры-

бы предпочитают собственные стратегии добычи пищи: мурены охотятся в расселинах коралловых рифов, на неровностях дна, а окуни — в открытом море. Однако, оказавшись вместе, они готовы содействовать друг другу, вести атаки «на два фронта». По наблюдениям этологов, инициатива исходит от окуня. Когда добыча ускользает от него в кораллы, он «обхаживает» мурену: покачивая головой перед входом в расселину, где укрылась добыча, он направляет туда мурену. Изгнанную из убежища добычу тотчас поедает тот или другой хищник, при этом какого-либо столкновения между ними не происходит. Совместные действия каждому дают впятеро большие шансы достигнуть успеха.

По мнению научного руководителя исследований Р.Бшери (R.Bshary), такое кооперирование, вероятнее всего, — результат научения, поскольку тип поведения сильно варьирует от одной особи к другой.

Согласованная охота среди особей одного вида обычна у млекопитающих и птиц, но сейчас впервые получено доказательство такого феномена у рыб. Более того, это единственный случай кооперирования между различными видами в морской среде обитания.

Все случаи привлечения животных различных видов к совместной охоте до настоящего времени связаны с человеком.

Sciences et Avenir. 2007. №720. P.27 (Франция).

Экология

Цена глобального потепления

Приняв в расчет различные ущербы, наносимые потеплением климата (потеря биоразнообразия, миграции населения, засухи, наводнения, циклоны и т.д.), Н.Штерн (N.Stern), бывший уполномоченный Всемирного банка, произвел оценку стоимости глобального потепления: в предстоящие 10 лет она поднимется по меньшей мере до 5500 млрд евро, что превышает стоимость двух мировых войн, вместе взятых.

Согласно другому исследованию, проведенному рабочей группой «Anglug Consulting» в сотрудничестве с Программой ООН по окружающей среде при участии финансистов, банкиров и страхователей, убытки от опасных изменений климата составят к 2040 г. 780 млрд евро/год.

Science et Vie. 2007. №1072. P.27 (Франция).

Охрана природы

Реинтродукция кабанов-карликов

Десять кабанов-карликов (*Sus salvanius*) — самых мелких представителей рода кабанов (в холке их рост достигает 20—30 см, а масса колеблется от

6 до 12 кг) вскоре предполагается реинтродуцировать в отроги Гималаев в штате Ассам (Индия).

На воле этих редких животных осталось не более 100, однако в Центре исследований репродукции Гувахати их насчитывается 70. Животные, отобранные для возвращения в естественную среду обитания, сейчас содержатся в специальном загоне; здесь корм для них закапывают в землю с целью приучить их искать пищу так, как они это делают на воле.

Sciences et Avenir. 2007. №720. P.28 (Франция).

Палеонтология

Выгодно быть моллюском-«левшой»

Г.Дити (G.Dieti; Йельский университет, США), изучая спиралеобразные раковины плейстоценовых моллюсков, обнаружил: больше шансов на выживание имели те моллюски, в раковинах которых отверстие (щель) находилось с левой стороны, а не с правой. Дело в том, что основной враг моллюсков — краб — значительно чаще оставляет без внимания раковины с отверстием слева. Объясняется это тем, что краб обычно использует правую клешню, и если он напал на раковину-«левшу», это осложняет ему проникновение в щель.

Science et Vie. 2006. №1064. P.32 (Франция).

Охрана природы

Попытки получить потомство от Одинокого Джорджа

Сотню гигантских черепах с о.Эспаньолы — одного из Галапагосских о-вов — сейчас отлавливают, маркируют микроципами и переправляют на вулканический остров Пинта.

Здесь исчез подвид гигантской черепахи *Geochelone elephantopus abingdoni*, остался лишь один самец, обнаруженный в 1971 г. и названный Одиноким Джорджем¹. Много лет назад он был перевезен на о.Санта-Крус, где зоологи Исследовательской станции им.Ч.Дарвина пытались подыскать для него пару с о.Исабель, чтобы получить потомство. Сейчас для Одинокого Джорджа готовят невест с о.Эспаньолы — острова, где обитает подвид слоновой черепахи, генетически идентичной одинокому самцу. Может, этот эксперимент окажется успешным.

Sciences et Avenir. 2007. №719. P.29 (Франция).

Энергетика

«Лондонский ряд»

В эстуарии Темзы (Великобритания) скоро будет построен крупнейший в мире парк ветроэнергетических установок: около 300 «ветряных мельниц» высотой от 85 до 100 м, установленных на площади 232 км², будут вырабатывать 1 ГВт электричества — это сравнимо с мощностью классической ТЭЦ, работающей на газе или угле и снабжающей 750 тыс. зданий (примерно четверть всех домов Лондона с пригородами). Таким образом, «Лондонский ряд» (так называется проект) позволит ежегодно сокращать выброс диоксида углерода почти на 2 млн т. Сооружение комплекса обойдется в почти в 3 млрд долл. Работы начнутся в 2009 г. и продлятся четыре года.

Второй ветропарк будет создан в прибрежной зоне графства Кент: на 25 км² разместятся 100 ветряных турбин. Финансирование составит около 1 млрд долл.

www.londonarray.com; Sciences et Avenir. 2007. №720. P.28 (Франция).

¹ Где родня твоя, Одинокий Джордж? // Природа. 2000. №10. С.28—30.

Секретная физика и научная этика

Из истории водородной бомбы

Г.Е.Горелик,
кандидат физико-математических наук
Центр философии и истории науки
Бостонский университет (США)

В ноябре 1955 г. в СССР был успешно испытан полномасштабный термоядерный заряд, ставший основой ядерного оружия страны. Андрей Дмитриевич Сахаров в своих «Воспоминаниях», написанных в 80-е годы — в условиях тогдашней советской секретности, — назвал основной принцип этой конструкции Третьей идеей. В тех же «Воспоминаниях» он рассказал, что Первая и Вторая идеи, выдвинутые соответственно им самим и В.Л.Гинзбургом в 1948–1949 гг., воплотились в первой термоядерной бомбе, испытанной в августе 1953 г. Сообщил Сахаров также об исходном проекте, которым занималась группа Я.Б.Зельдовича в Институте химфизики, а также о том, что в помощь ей летом 1948 г. в Физическом институте АН СССР была создана группа под руководством учителя Сахарова и Гинзбурга — И.Е.Тамма. С учетом хронологии исходный проект можно назвать Нулевой идеей. Исторические названия исходного и первого успешного термоядерных проектов — «Труба» и «Слойка» — были раскритикованы лишь после смерти Андрея Дмитриевича Сахарова.

Об авторстве Первой и Второй идей Сахаров писал с полной уверенностью, и это авторство никто не ставит под сомне-

ние. Иначе обстоит дело с Третьей идеей. Рассказ Сахарова о ней озадачивает некой избыточной неопределенностью, и Л.П.Феокистов, советский термоядерный ветеран, участник разработки этой идеи, открыто усомнился в ее отечественном происхождении [1].

К 50-летию испытания Третьей идеи это сомнение усилил до уверенности другой ветеран, Г.А.Гончаров, в своей статье «Необычайный по красоте физический принцип конструирования термоядерных зарядов» [2]. Конструированию этих самых зарядов Гончаров посвятил большую часть своей жизни (причем 16 лет — в группе Сахарова), удостоившись за свои термоядерные заслуги звания Героя Социалистического Труда. А с середины 90-х годов он активно занимается историей ядерного оружия, участвуя в рассекречивании архивных материалов и в их публикации.

Как известно, историки решают две связанные задачи: добывают новые факты и на их основе воссоздают целостные версии хода событий. В истории ядерного оружия первая задача чрезвычайно затруднена секретностью — надежно установленных фактов не так много. Это облегчает вторую задачу (меньшее число точек легче соединить плавной линией), но одновременно повышает ответственность за результат.

Пишущий эти строки, работая над биографией Сахарова [3], многое извлек из трудов Гончарова. Однако упомянутая его статья, наряду с новыми фактами, содержит исторические реконструкции, с которыми я никак не могу согласиться, — в частности и в особенности с его предположением, что Сахаров в своих «Воспоминаниях» лукавил — сознательно вводил читателей в заблуждение. На мой же взгляд, приведенные Гончаровым факты в соединении с другими, которые он не привлекает, вполне допускают интерпретацию, связывающую концы с концами, не ставя под вопрос честность Сахарова*.

Две версии событий

Чтобы яснее различать две версии событий, выделю четыре узловых утверждения Гончарова, касающиеся рождения Третьей идеи:

1) разведдоклад Клауса Фукса, поступивший в СССР весной 1948 г., содержал идею использовать излучение от атомного взрыва для обжаривания термоядерного заряда; эта идея, названная в США «радиационной имплозией», лежит в основе также и советской Третьей идеи;

* Данная статья написана по итогам дискуссии на Атомном семинаре в Институте истории естествознания и техники РАН 1 июня 2006 г.



Саров, он же КБ-11, Объект, Арзамас-16 и т.д. Слева — кирпичный дом, в котором работали теоретики.



А.Д.Сахаров в годы, когда писал свои воспоминания.

2) в рождении Третьей идеи важную роль сыграло американское термоядерное испытание 1 марта 1954 г. («Браво»);

3) и Зельдович, и Сахаров были знакомы с разведдокладом Фукса, однако, по выражению Гончарова, «научная этика не позволяла им обсуждать приоритетные вопросы»;

4) открытие Третьей идеи «сделано советскими учеными самостоятельно».

По версии Гончарова, поворот в советском термоядерном проекте произошёл под воздействием американского испытания 1 марта 1954 г., мощность которого в десятки раз превысила предел тогдашней советской конструкции. Узнав, якобы, об этом разрыве, руководители советской ядерной программы, включая Сахарова, заново изучили разведдоклад Фукса 1948 г. и, наконец, осознали, что он содержит новаторскую идею об использовании излучения для «атомного обжаривания» термоядерного заряда. Затем коллективными усилиями эту идею воплотили в конкретную конструкцию Третьей идеи.

Моя версия поворота совершенно иная. В ней американское испытание 1 марта 1954 г. не сыграло никакой роли. А подлинным рубежом стал двойной тупик: признание бесперспективности «Трубы» и невозможность существенно усовершенствовать «Слойку». Этот рубеж обозначился в докладной записке Зельдовича и Сахарова от 14 января 1954 г. «Об использовании изделия для целей обжаривания сверхизделия РДС-6с». В переводе со спец-языка это означало поиск реализации уже известной общей идеи, высказанной Сахаровым еще в январе 1949 г. Путь к такой реализации весной 1954 г. обнаружил сам Сахаров, никогда не видевший разведматериалов Фукса. Зельдович же в этом пути узнал подход, виденный им в разведдокладе еще в 1948 г., но не понятый им тогда, и энергично подключился к развитию идеи, которую Сахаров тридцать лет спустя назовет Третьей.

Имея в виду обрисованные две версии, обратимся к обсуждению выделенных четырех утверждений.

Кlaus Fuchs — «дед» водородной бомбы

С первым утверждением — что разведдоклад Фукса 1948 г. содержал ключевую идею радиационной имплозии — Гончаров выступил еще десять лет назад, в частности и в американском журнале [4]. Этот важный архивно-документальный факт должен был бы стать сенсацией для истории американской водородной бомбы не меньше, чем для советской, но не стал. На двух американских конференциях по истории водородной бомбы, в которых мне довелось участвовать вместе с Гончаровым (Ливермор, 1997 и Станфорд, 2001), это утверждение встретило сдержанно отрицательную реакцию американских ветеранов и историков. В публикациях же до сих пор никаких американских подтверждений или опровержений так и не появилось.

Похоже, что данный исторический факт в США все еще засекречен*. Имеются лишь доку-

* См., например, исследование истории термоядерного оружия, основанное на секретных архивах Лос-Аламосской лаборатории [5].

ментальные свидетельства о заявке на патент, поданной К. Фуксом и Дж. фон Нейманом 28 мая 1946 г. и содержавшей идею радиационной имплозии. В рассекреченной версии термоядерной хронологии, составленной в США в 1953 г., краткое описание патента (всего несколько строк) удалено, т.е. на момент рассекречивания (70-е годы) содержание патента считалось все еще секретным*.

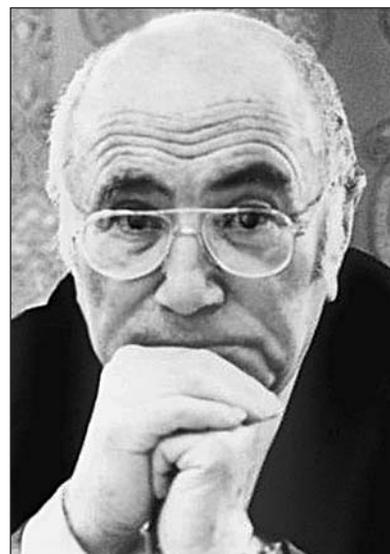
Между тем подробное описание попало в СССР еще весной 1948 г. в разведдокладе Фукса. Изучив этот доклад полвека спустя, Гончаров раскрыл исторический факт принципиальной важности. А после того, как он в статье 2005 г. опубликовал фрагмент разведдоклада Фукса о десятикратном увеличении

плотности под действием излучения, любые сомнения относительно его первого утверждения (из выделенных выше), на мой взгляд, отпадают.

В результате существенно меняется расхожее представление о Клаусе Фуксе: шпион, ворующий чужие секреты, оказался выдающимся изобретателем и прародителем водородной бомбы — можно сказать, «дедом» трех первых водородных бомб, поскольку он работал («по совместительству») для ядерных проектов Британии, США и СССР. Хотя автором секретного патента 1946 года помимо физика Фукса значится и математик фон Нейман, есть основания считать Фукса главным автором физической идеи. Когда в июне 1950 г. агент ФБР в беседе с уже осужденным Фуксом упомянул предложение фон Неймана использовать имплозию для поджига термоядерного заряда, тот «со смехом заявил, что это было его — Фукса — предложение»**. В связи с этим становится более понятной

* Быть может, сказалась и политическая неловкость ситуации в период холодной войны. После окончания холодной войны и после публикаций Гончарова, казалось бы, ситуация радикально изменилась, однако патент Фукса—фон Неймана так и не был рассекречен. Видно, у американцев не оказалось своего Гончарова, который соединил бы профессиональные знания с целеустремленным интересом к воссозданию реальной истории термоядерного оружия.

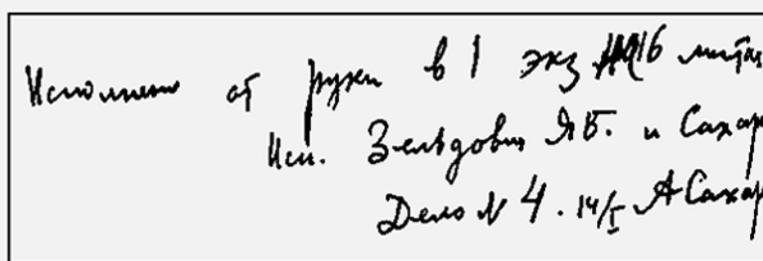
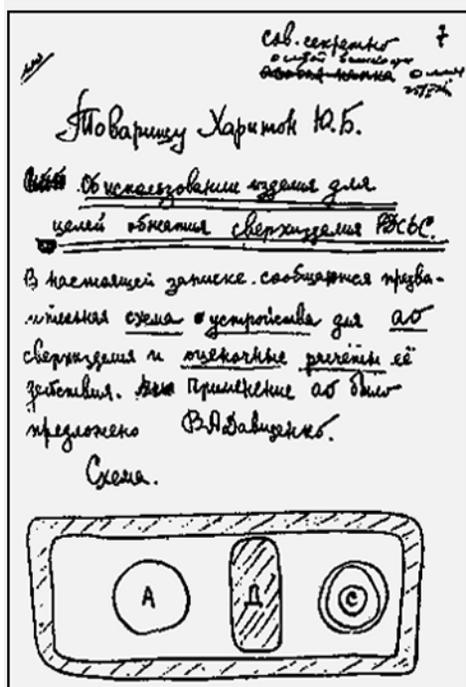
** «[Fuchs] stated laughingly that this was his, Fuchs', suggestion...» [6. P.374].



Я.Б.Зельдович.

оценка другого прародителя термоядерного оружия — Ганса Бете, назвавшего Фукса человеком «блестящего ума и одним из наиболее выдающихся специалистов в области атомной энергии» [7].

Итак, первое утверждение Гончарова, несмотря на отсутствие американских откликов, можно считать документально



Фрагменты докладной записки Зельдовича и Сахарова от 14 января 1954 г. «Об использовании изделия для целей обжигания сверхизделия РДС-6с». Ее суть — осознание двойного тупика: бесперспективности «Трубы» и невозможности существенно улучшить параметры «Слойки». На обороте последней страницы Сахаровым зафиксировано: «Исполнено от руки в 1 экз. на 16 листах. Исп[олнитель] Зельдович Я.Б. и Сахаров А.Д.».

обоснованным. Еще убедительнее Гончаров обосновал важную организационную роль разведдоклада Фукса 1948 г. «в целом» — именно благодаря ему к советскому термоядерному проекту была привлечена новая — ФИАНовская — группа теоретиков, включавшая будущих «отцов» первой термоядерной бомбы.

Но совсем другой вопрос: сыграла ли сама идея радиационной имплозии из разведдоклада Фукса важную роль в истории советской водородной бомбы? На этот вопрос Гончаров и я даем противоположные ответы.

Что, когда, кому было известно?

По версии Гончарова, положительно отвечающего на указанный вопрос, эту важную роль обеспечило американское термоядерное испытание, проведенное 1 марта 1954 г. («Браво»). Сейчас хорошо известно, что мощность того испытания составила 15 мегатонн, что примерно в 40 раз больше мощности советской «Слойки», испытанной в августе 1953 г. В столь внушительном разрыве Гончаров видит подсказку, побудившую советских физиков искать новую конструкцию термоядерного оружия. Однако осознавали ли советские физики — уже весной 1954 г. — само существование сенсационного разрыва? Никаких документальных оснований для этого Гончаров не приводит.

Факт испытания «Браво» широко «засветился» из-за пострадавших японских рыбаков, попав в ведущие мировые новости, но о советской оценке мощности американского взрыва неизвестно ни по архивным документам того времени, ни по личным воспоминаниям советских термоядерных ветеранов. Не осталось таких свидетельств и в памяти самого Гончарова (хотя он участвовал в тогдашних

событиях), как и в памяти других пяти очевидцев-ветеранов, которых я подробно интервьюировал (В.Б.Адамский, Н.А.Дмитриев, В.И.Ритус, Ю.А.Романов, Л.П.Феокистов). О мощности «Браво» нет ни слова и в сахаровских «Воспоминаниях».

И, наконец, не осознавал этого разрыва первый заместитель Главного конструктора (Ю.Б.Харитона) — К.И.Щелкин. По свидетельству его сына, К.И.Щелкин считал, что «в создание водородной бомбы [“Слойки”] было вложено столько оригинальных... идей, что они не могли одновременно прийти в голову ученым США. Однако после взрыва нашей бомбы [в августе 1953 г.] США столь быстро [полгода спустя] взорвали аналогичную [испытание “Браво” 1 марта 1954 г.], что даже если учесть, что они по анализу проб воздуха после нашего взрыва смогли разгадать секреты конструкции, невозможно было в эти сроки разработать и изготовить образец для испытаний. <...> Отец был абсолютно уверен, что конструкция нашей водородной бомбы ими [американцами] украдена. Эта уверенность, по его словам, опиралась прежде всего на гениальность Сахарова» [8].

Отсюда следует, что и руководители Объекта не имели представления о разрыве в мощностях «Слойки» и «Браво».

Это неведение не так уж удивительно, если учесть, что «Браво» — не первое американское испытание такого порядка мощности. Первое — «Майк», мощностью 10 мегатонн, — состоялось еще в ноябре 1952 г. Американским ветеранам, с которыми мне довелось беседовать, казалось совершенно невероятным, что масштаб этого испытания остался неизвестен в СССР. В данном случае, однако, архивные документы, выявленные Гончаровым, убедительно показали, что масштаб «Майка» действительно остался секретом — по причине ли успехов американской контрразведки или неудач советской

разведки*. А открытые данные, которые были в распоряжении советского руководства (статьи из американских журналов), позволяли считать, что тогда — в 1952 г. — в США испытали устройство типа «Слойки»**.

По свидетельству В.И.Ритуса, факт столь масштабного отставания от американцев было бы невозможно забыть или проигнорировать. Во время работы над «Слойкой» у советских физиков вовсе не было ощущения, что они далеко позади. Да, атомную бомбу американцы сделали раньше, но что касается водородной, идет соревнование, и еще неизвестно, кто опередит. Когда дошли сведения об американском испытании 1 ноября 1952 г., это лишь подзадорило советских физиков, поскольку масштаб мощности американского взрыва оставался неизвестен.

Первые официальные количественные параметры испытания «Майк», опубликованные позже чем через год — в феврале 1954 г., гласили, что в результате взрыва образовался кратер диаметром полтора километра и глубиной 50 м. По этим данным можно было оценить мощность взрыва. Но никто из ветеранов-термоядерщиков таких оценок не помнит, что позволяет думать, что их и не делали. Иначе вместо ощущения задорного соревнования советские атомщики испытывали бы удручение от столь внушительного отставания.

А что касается громких заявлений американских полити-

* 2 декабря 1952 г. Л.П.Берия направил И.В.Курчатову записку: «Решение задачи создания РДС-6с [т.е. “Слойки”] имеет первостепенное значение. Судя по некоторым дошедшим до нас данным, в США проводились опыты, связанные с этим типом изделий. <...> Надо приложить все усилия к тому, чтоб обеспечить успешное завершение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, связанных с РДС-6с» [9].

** Американская пресса указывала, что водородная бомба эквивалентна дюжине атомных, а это соответствовало «Слойке».

ков, то — в контексте холодной войны и на языке того времени — это называлось «империалистической пропагандой» и «бряцанием оружием для запугивания слабонервных», на что советскому физику не подошло обращать внимания. Тем более что советские атомщики на своем отечественном опыте знали о способности политиков выдавать желаемое за действительное: ведь советские руководители публично заявили об обладании атомным оружием еще за несколько лет до первого его испытания.

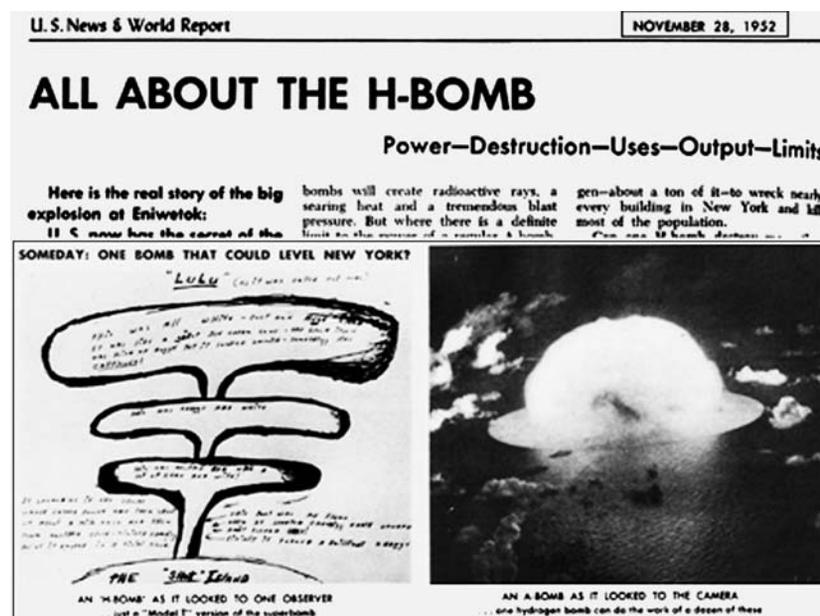
Совокупность приведенных доводов, на мой взгляд, не оставляет места для гипотезы Гончарова о ключевой роли американского испытания «Браво». Надо придумать как минимум другую причину, чтобы весной 1954 г. главные теоретики Объекта — Зельдович и Сахаров — склонились над старым разведдокладом Фукса 1948 г.

Но так ли было дело?

Лукавство с благой целью или «абсолютная интеллектуальная честность»?

По версии Гончарова, и Зельдович, и Сахаров были знакомы с разведдокладом Фукса, и лишь «научная этика не позволяла им обсуждать приоритетные вопросы».

С Зельдовичем все просто. Во-первых, его знакомство с разведматериалами подтверждено документально (и даже наглядно — оставленным им автографом на разведдокументе от 28 января 1946 г.). Во-вторых, он сам никогда не говорил о разведанных. Показательны воспоминания его близкого сотрудника о том, как Л.Д.Ландау восхищался «поразительным чутьем» Зельдовича относительно большого сечения DT-реакции. В переиздании этих воспоминаний десять лет спустя (после архивных публикаций) это свиде-



Фрагменты статьи «Все о водородной бомбе» из популярного американского журнала «U.S. News & World Report». Опубликовано спустя четыре недели после первого в истории Земли термоядерного взрыва 1 ноября 1952 г. (испытание «Майк»). Слева — зарисовка (секретного?) очевидца, справа — фото атомного взрыва.

тельство дополнено примечанием, что Зельдович знал экспериментальные разведанные об этом сечении, но не имел права говорить этого даже Ландау [10]. В те времена у «допущенных» в ход было выражение «ИКСпе-риментальные данные».

Причины, которые не позволяли Зельдовичу обсуждать вопросы приоритета, не сводились к этике. Действовало и обязательство не разглашать гостайны, и страх перед охраняемыми их органами. (Обнаружив как-то недостаток подобного страха у своих сотрудников, Зельдович мрачно предупредил: «За подобные шутки некоторые органы отрежут вам некоторые органы, и я ничем не смогу помочь» [11].)

При универсальности этих причин ситуации Зельдовича и Сахарова существенно различались. Во-первых, никаких документов, говорящих о знакомстве Сахарова с разведматериалами Фукса, Гончаров не нашел. А во-вторых, Сахаров не только упоминал разведматериалы,

но и прямо обсуждал вопросы приоритета. И делал он это в своих «Воспоминаниях», пребывая в горьковской ссылке и зная о постоянной слежке за ним тех же органов (трижды изымавших его рукопись «Воспоминаний»).

Вот что он написал о Нулевой идее — об исходном проекте термоядерной бомбы:

«Сейчас я думаю, что основная идея разрабатывавшегося в группе Зельдовича проекта была «цельнотяннутой», т. е. основанной на разведывательной информации. Я, однако, никак не могу доказать это предположение. Оно пришло мне в голову совсем недавно, а тогда я об этом просто не задумывался. (Добавление, июль 1987 г. В статье Д.Холова в «Интернейшнл Секьюрити»... я прочитал: «Кlaus Fuchs информировал СССР о работах по термоядерной бомбе в Лос-Аламосе до 1946 г. ...Эти сообщения были скорей дезориентирующими, чем полезными, так как ранние идеи потом оказались нерабо-

тоспособными». *Моя догадка получает таким образом подтверждение!*» [15. С.137–138].

По версии Гончарова, Сахаров представил свое знакомство с разведматериалами в форме догадки, чтобы сохранить секретность, а пошел на такую хитрость с высшей целью — якобы считая «*принципиально важным отметить, что, создавая термоядерное оружие, наша страна отвечала на вызов США*».

На мой взгляд, эта версия предполагает, что Сахаров был весьма несообразительным и склонным к актерству советским ура-патриотом. Действительно, как он не сообразил, что вместо рискованной хитрости с «пришедшей в голову догадкой» он мог сослаться на американскую статью (Д.Холлоуэя), как раскрывшую ему глаза?! И каким же актером он был, восклицая о подтверждении своей мнимой догадки?!

Гончаров усматривает высокий патриотический мотив в таких словах Сахарова: «*Если правильна моя догадка о шпионском происхождении того варианта термоядерного оружия, который Зельдович, Компанеев и др. разрабатывали в сороковые—пятидесятые годы, то это подкрепляет позицию Оппенгеймера в принципиальном плане. Действительно, получается, что всю «цепочку» начали американцы, и если бы не они, то в СССР либо вообще не занимались бы военной термоядерной проблемой, либо начали бы заниматься гораздо позднее*» [12. С.146].

Для большей ясности Гончаров удалил слова, выделенные мной жирным шрифтом. Но если их не удалять и к тому же принять во внимание предшествующие и последующие фразы, то станет ясно, что здесь Сахаров сопоставляет политические позиции американских физиков Теллера и Оппенгеймера, а не оправдывает советскую политику. Последнее занятие вообще не характерно для Сахарова, и трудно найти для этого менее

подходящее время, чем его ссыльные годы.

Еще менее характерно для Сахарова вольное обращение с секретностью. В те же годы ссылки он написал:

«О периоде моей жизни и работы в 1948—1968 гг. я пишу с некоторыми умолчаниями, вызванными требованиями сохранения секретности. Я считаю себя пожизненно связанным обязательством сохранения государственной и военной тайны, добровольно принятым мною в 1948 г., как бы ни изменилась моя судьба» [12. С.148].

Заподозрить здесь дежурное заверение в своей законопослушности можно, лишь забыв, сколь непослушным был академик-правозащитник и какие изменения в судьбе он мог предвидеть, готовясь к бессрочной голодовке. Скорее, это просто честное предупреждение читателю о неизбежной неполноте рассказа.

Об отношении Сахарова к секретности красноречиво свидетельствует важнейший документ, рассекреченный уже после его смерти. Это — официальное письмо Сахарова 1967 г. руководству страны о противоракетной обороне, и это — конкретная профессиональная причина крутого поворота в жизни Сахарова — превращения «закрытого» физика в открытого правозащитника. Тем не менее Сахаров никогда не упоминал этого письма, хотя и писал о проблеме противоракетной обороны. Не знала об этом письме и Е.Боннэр. Для такого умолчания не видно иной причины, кроме грифа «секретно» на этом письме. А на разведдокументах стоял гриф более высокой секретности.

Похожая ответственность за доверенные гостайны проявилась в эпизоде, забавном лишь на первый взгляд. Когда коллега Сахарова по Объекту Л.В.Альтшулер, навестив Андрея Дмитриевича уже в период его политического вольномыслия, коснулся их прежней работы, Сахаров его прервал: «*Мы с вами*

имеем допуск к секретной информации. Но те, кто нас сейчас подслушивают, не имеют. Будем говорить о другом» [13]. Сахаров знал, что госсекретами и свободомыслием занимались совсем разные отделы КГБ, а претензий к нему как «секретносителю» у КГБ не было.

Изложенные обстоятельства побуждают заподозрить Сахарова в полной честности. Не зря же он характеризовал симпатичных ему людей выражением «*абсолютная интеллектуальная честность*». И о себе написал: «*Я могу честно сказать, что желания или попытки «ловчить» у меня никогда не было — ни с армией, ни с чем другим*», а в письме Брежневу даже еще сильнее: «*У Вас, я уверен, нет оснований сомневаться в моей субъективной честности и искренности*».

Но если поверить слову Сахарова, то из всего построения Гончарова, основанного на краеугольном камне разведдоклада Фукса, остается лишь сам этот доклад.

Гончаров считает невероятным, что человек сходного служебного положения с Зельдовичем не знал известных тому разведдокументов. Однако доклад Фукса прибыл, когда Сахаров еще был вне термоядерного проекта. Так что без особой причины (вроде гипотезы Гончарова о сенсации «Браво») непонятно, почему Сахарову понадобилось изучать старые — уже «отработанные» — разведматериалы.

А вот незнание Сахаровым иностранных секретов помогает понять его весьма загадочное свидетельство о поворотном моменте:

«...у нас возникла новая идея принципиального характера, назовем ее условно “Третья идея”. <...> В некоторой форме, скорей в качестве пожелания, “Третья идея” обсуждалась и раньше...»

Прервем Сахарова, чтобы добавить ныне рассекреченные детали: впервые такое пожелание высказал он сам, в первом

же отчете о «Слойке» в январе 1949 г., упомянув *«использование дополнительного заряда плутония для предварительного сжатия “слойки”»* [14]. Затем, уже на Объекте, по свидетельствам ветеранов, теоретики получили от В.А.Давиденко «подначки» на тему атомного обжата, что зафиксировано и в докладной записке Зельдовича и Сахарова от 14 января 1954 г. *«Об использовании изделия для целей обжата сверхизделия РДС-бс.»* Однако оставался главный вопрос, **КАК ИСПОЛЬЗОВАТЬ**. Ответом и стала *Третья идея*:

«...но в 1954 году пожелания превратились в реальную возможность».

По-видимому, к “Третьей идее” одновременно пришли несколько сотрудников наших теоретических отделов. Одним из них был и я. Мне кажется, что я уже на ранней стадии понимал основные физические и математические аспекты “Третьей идеи”. В силу этого, а также благодаря моему ранее приобретенному авторитету, моя роль в принятии и осуществлении “Третьей идеи”, возможно, была одной из решающих. Но также, несомненно, очень велика была роль Зельдовича, Трутнева и некоторых других, и, быть может, они понимали и предугадывали перспективы и трудности “Третьей идеи” не меньше, чем я» [12. С.253].

Озадачивает здесь комбинация неопределенности (как это столь яркая идея могла прийти одновременно к нескольким людям?) и неясных приоритетных подробностей, включая претензию на свою решающую роль. Если исходить из версии Гончарова, то эти неуместные подробности неловко маскируют разведисточник ключевой идеи. Но если бы Сахаров хотел «замять для ясности», гораздо проще ему было выбрать что-то одно: либо полная коллективность, либо своя главная роль.

В рамках моей версии, Сахаров стремился не к простоте восприятия, а к честному изло-

жению своего представления об исторической реальности — при невозможности говорить о каких-либо технических деталях. И это его представление было по существу неясным, поскольку он не знал о предварительной подготовленности Зельдовича, размышлявшего над разведдокладом Фукса еще в 1948 г.

Я бы предложил такую реконструкцию событий весны 1954 г. В ситуации тупика, зафиксированной в записке Зельдовича и Сахарова от 14 января, новое развитие *«началось с того, что А.Д.Сахаров собрал теоретиков и изложил свою идею о высокоом коэффициенте отражения импульсного излучения от стенок из тяжелого материала»* — это свидетельство Ю.А.Романова, одного из ближайших сотрудников Сахарова [15].

Наряду с этим свидетельством о рождении Третьей идеи имеется, однако, и свидетельство сотрудника Зельдовича — В.Б.Адамского о том, как Зельдович ворвался в его комнату и радостно воскликнул: *«Будем выпускать излучение!»* [16].

Этим двум событиям почти наверняка предшествовало какое-то обсуждение между руководителями обоих теоретических отделов — Зельдовичем и Сахаровым, подобное тому, что привело к их совместной записке Харитону от 14 января 1954 г. (о которой, по свидетельству В.И.Ригуса, сотрудники отделов ничего не знали). Был ли какой-то внешний инициатор и как проходило то обсуждение, во время которого родилась Третья идея, можно лишь строить гипотезы. При этом следует иметь в виду эпизод, рассказанный Сахаровым: *«Еще на раннем этапе работы мне удалось найти некоторые приближенные описания существенных процессов, специфических для “третьей идеи” (по математической форме это были автомодельные решения уравнений в частных производных; замкнутую математическую фор-*

му им придал Коля Дмитриев; я до сих пор помню, что первоначально Зельдович не оценил моей правоты и только после работы Коли поверил; с ним такое редко случается, он очень острый человек)».

Не мудрено, что Зельдовичу нелегко было принять ключевую роль излучения, — ведь он эту идею видел у Фукса, забраковал ее и держался своего мнения шесть лет. «Поверив» Сахарову, Зельдович включился в разработку и внес нечто существенное, возможно, и данные из разведдоклада Фукса (скажем, выбор конкретного прозрачного наполнителя внутреннего пространства бомбы), что могло усилить его соавторский вклад в глазах Сахарова.

Что есть историческая истина?

Приведенные соображения не претендуют на неопровержимое доказательство честности Сахарова, но поскольку у Гончарова нет документальных свидетельств в пользу его версии, то остается взвешивать косвенные обстоятельства. На мой взгляд, этого достаточно, чтобы версию Гончарова отвергнуть — прежде всего из-за переоценки роли испытания «Браво». Вместе с тем только тогда можно сохранить утверждение Гончарова о самостоятельности Третьей идеи.

Действительно, Гончаров усматривает параллель с американской историей, в которой от рождения идеи радиационной имплозии (у Фукса) до ее воплощения (Теллером) в конструкции водородной бомбы прошло пять лет, почти как и в СССР, где шесть лет отделяло разведдоклад Фукса от Третьей идеи. Однако эта параллель сильно хромает, если советские физики, согласно Гончарову, получили мощную подсказку — узнали, что американцам удалось сделать бомбу, в десятки раз более мощную, чем «Слойка». Как из-

вестно, сама осуществимость атомной бомбы была ее главным секретом, и это же применимо к водородной бомбе.

Если же путь к Третьей идее открыл Сахаров, а наработки Фукса (через Зельдовича) пригодились лишь на стадии разработки, то это бы означало сходную самостоятельность Третьей идеи. Можно говорить даже о более высокой самостоятельности в советском случае, поскольку американские разработчики узнали об идее Фукса, свободно представленной на конференции в Лос-Аламосе в апреле 1946 г., а в советском проекте идею Фукса могли видеть только те немногие, кто был допущен к его разведдокладу (документально подтверждено это лишь для Курчатова, Харитона и Зельдовича).

Вернемся теперь к раскрытому Гончаровым историческому факту, что разведдоклад Клауса Фукса 1948 г. содержал идею радиационной имплозии. Хотя этот факт не нашел пока признания в стране, к которой он имеет прямое отношение, — в США, и хотя, на мой взгляд, идея Фукса не повлияла существенным образом на изобретение советской термоядерной бомбы, важность указанного факта несомненна.

Важным для истории может быть не только «то, что повлияло», но и «то, что могло повлиять». Как известно, Теллер предостерегал, что шпионаж Фукса мог позволить СССР опередить США в создании водородной бомбы. В господствующей сейчас в США версии истории водородной бомбы считается, что Теллер говорил это в лучшем случае из-за своего маниакального антисоветизма, а скорей всего, лишь симулируя антисоветизм, чтобы удовлетворить какие-то свои темные амбиции. Благодаря расследованию Гончарова стало ясно, что опасение Теллера было вполне резонным. Мы никогда не узнаем, как изменилась бы история советской водородной бомбы, если бы ма-

териал Фукса показали Сахарову уже в 1948 г. Но вполне вероятно, что опасение Теллера оправдалось бы, — тем более, что в советском контексте схема Фукса выглядела главным направлением американских исследований, а не всего лишь одним из нескольких, как в контексте американском. Нетривиальное — «фуксовское» — взаимодействие американской и советской термоядерных программ проливает свет и на другие загадки американской истории водородной бомбы [17].

Другой интересный пример «упущенной исторической возможности» относится к американскому испытанию 1 ноября 1952 г. («Майк») — первому испытанию мощностью около десяти мегатонн, в котором, по мнению Берии, испытывалась конструкция, подобная полмегатонной «Слойке». Сахаров рассказал о неудавшейся попытке изучить радиоактивные осадки от того испытания, «чтобы что-то узнать об американских термоядерных зарядах» [12. С.221], когда собранные образцы снега случайно пропали. По свидетельству В.И.Ритуса, он тогда же участвовал в другой подобной — но более успешной — попытке. Собранный снег удалось направить для анализа в несколько разных лабораторий, однако результаты получились слишком неопределенными, чтобы сделать какие-либо выводы.

Если бы экспериментаторы оказались на высоте, то прежде всего выяснилось бы, что советская термоядерная взрывчатка Li^6D в американском «изделии» 1952 г. не применялась. Экспериментальные данные восполнили бы недостаток данных «ИКСпериментальных», и мнение о том, что именно взорвали американцы, радикально изменилось бы, с неизбежными — и возможно, радикальными — оргвыводами.

Но это лишь правдоподобная предположительная история. А в реальной, хоть и неправдоподобной, истории произошли

описанные выше невероятные события, которые потребовали неочевидных объяснений.

Существование двух весьма разных объяснительных версий — Гончарова и моей — побуждает вспомнить знаменитый вопрос «Что есть истина?» На этот вопрос очень по-разному отвечают в физике и в истории науки. В физике действует верховный суд эксперимента, в идеале один прямой — решающий — эксперимент, *experimentum crucis*. А в истории истину определяет суд присяжных на основе косвенных данных, если они складываются в целостную картину, убедительно снимающую все разумные сомнения, по юридической формуле «*beyond all reasonable doubts*». Гуманитарная процедура установления исторической истины менее однозначна и более субъективна, но на ней издавна основано правосудие. И давно осознаны опасности ошибочных суждений в поиске истины.

Одна такая опасность прямо касается нашей ситуации и на языке древних гласит: «*Post hoc ergo propter hoc*» — после того значит вследствие того. Даже если Третья идея возникла после испытания Браво (надежной датировки нет), это еще не значит, что «вследствие того». Гончаров мог бы существенно укрепить свою версию (и пошатнуть мою), если бы нашел, например, документальные подтверждения, что весной 1954 г. в руководстве советского ядерного проекта осознавали масштаб мощности американского испытания «Браво» или что Сахаров *когда-либо* знакомился с разведданными о водородной бомбе, прибывшими в СССР до 1954 г. При этом, учитывая проблемность рассекречивания, мне лично не обязательно видеть сами документы — я бы поверил Г.А.Гончарову на слово, поскольку вполне доверяю его историко-научной честности и высоко ценю его вклад в саму возможность обсуждать историю термоядерного оружия. ■

Литература

1. *Феохтистов Л.П.* Водородная бомба: Кто же выдал ее секрет? // НГ-Наука, 2 сентября 1997, С.7; *Феохтистов Л.П.* Оружие, которое себя исчерпало. М., 1999.
2. *Гончаров Г.А.* // УФН. 2005. Т.175. №11; Трибуна УФН. 19.05.2006 (<http://www.ufn.ru/tribune/trib190506c.pdf>).
3. *Горелик Г.Е.* Андрей Сахаров. Наука и свобода. 2-е изд. М., 2004.
4. *Goncbarov G.A.* // Physics Today. 1996. November.
5. *Fitzpatrick A.* Igniting The Light Elements: The Los Alamos Thermonuclear Weapon Project, 1942—1952. Dissertation. Virginia Polytechnic Institute. Blacksburg, 1998.
6. *Herken G.* Brotherhood of the Bomb: The Tangled Lives and Loyalties of Robert Oppenheimer, Ernest Lawrence, and Edward Teller. N.Y., 2002.
7. Hans Bethe's Statement to the FBI on Klaus Fuchs, February 14, 1950 (<http://www.pbs.org/wgbh/amex/bomb/filmmore/reference/primary/hansbethestate.html>).
8. *Щелкин Ф.К.* Апостолы атомного века. М., 2004.
9. *Гончаров Г.А.* // УФН. 1996. №10. С.1101.
10. *Герштейн С.С.* На пути к универсальному слабому взаимодействию // Знакомый незнакомый Зельдович. М., 1993.
11. *Феохтистов Л.П.* «Прирожденный лидер» // Знакомый незнакомый Зельдович. М., 1993.
12. Андрей Сахаров. Воспоминания. М., 1996.
13. *Альтшуллер Л.В.* Рядом с Сахаровым // Он между нами жил... Воспоминания о Сахарове. М., 1996.
14. *Гончаров Г.А.* Термоядерный проект СССР: предыстория и десять лет пути к термоядерной бомбе // История советского атомного проекта. Вып. 2. М., 2002.
15. *Романов Ю.А.* Интервью Г.Е.Горелику 11.11.1992 г.
16. *Харитон Ю.Б., Адамский В.Б., Смирнов Ю.Н.* // УФН. 1996. №2.
17. *Горелик Г.Е.* Отцы водородной бомбы в российско-американском свете // Природа. 2006. №5.

Комментарий

Член-корреспондент РАН В.И.Ритус
Физический институт им.П.Н.Лебедева РАН
Москва

Попытаюсь объединить личные воспоминания о времени работы на Объекте в группе Сахарова (1951—1955 гг.) и размышления над фактами и обстоятельствами, о которых узнал лишь в 90-е годы из исторических и мемуарных публикаций.

В плане работ по термоядерной бомбе (в двух вариантах: «Слойка» и «Труба»), подписанном в КБ-11 Курчатовым, Зельдовичем, Харитоновым, Сахаровым и другими в 1949 г., пункт:

«иницирование цилиндрического заряда дейтерия взрывом в пушечном варианте или дополнительным зарядом с тритием» —

относился к «Трубе». Поэтому не было никакой необходимости знакомить Сахарова с материалом Фука 1948 г. Иначе руководство КБ-11 должно было бы получить разрешение Берии, на документе стояла бы подпись Сахарова об ознакомлении, а Зельдович был

бы поставлен в глупое положение: приехавший на Объект 28-летний Сахаров будет работать над придуманной им «Слойкой» и знать, что член-корреспондент Зельдович работает над «цельнотянутым» проектом «Трубы». Этот пункт мог бы появиться для привлечения Сахарова к размышлениям над новым, не вполне понятным методом инициирования «Трубы», новым по сравнению с сообщенным Фуком в 1945 г. Этого, однако, не произошло. Во время моего пребывания на объекте Сахаров и его сотрудники работали только над «Слойкой» и затем уже над Третьей идеей, воплощенной в РДС-37. Кстати, два слова «или дополнительным» в упомянутом пункте плана противоречат одно другому. Материалу Фука соответствовало бы «и дополнительным». Эта небрежность в формулировке загадочна.

Я считаю, что американское испытание «Майк» 1 ноября 1952 г. сыграло для нашего термоядерного проекта большую роль, чем «Браво» в марте 1954 г.

Из письма Берии руководству ПГУ и Курчатову 2 декабря 1952 г. стало ясно, что это испытание термоядерное, нужно срочно форсировать работу над РДС-6с, американцы нас опережают. Сахаров был уязвлен. Чтобы убедиться в термоядерности взрыва, использовании лития-6 и трития, им и Давиденко, а затем Давиденко и мной были проведены (без сообщения начальству) два сбора снега для выделения радиоактивных осадков. Анализы, проведенные несколькими группами, в том числе Шальниковым, никаких определенных результатов не дали.

Вместе с тем в воздухе витала идея обжатия «Слойки» атомным взрывом. Еще в январе 1953 г. в план работ сектора Зельдовича было включено совместное с сектором Тамма «Исследование возможности применения обычных РДС для обжатия РДС-6с большой мощности (атомное обжатие)» [1]. Давиденко не раз «подначивал» теоретиков из отделов Зельдовича и Сахарова провести соответствующие оценки. Поначалу мне, да и другим тоже, предложение казалось абсурдным: «Слойку» разнесет, а не сожмет. Затем появилась схема Завенягина, окрещенная «Канделябром». Она удивляла своей громоздкостью и тем, что исходила от высокого начальства, явно не озабоченного соображениями приоритета и профессионализма. Возможно, на высоком уровне стало известно, что «Майк» — это термоядерное устройство громадных размеров и энерговыделения. В этом случае можно понять, почему в записке Зельдовича и Сахарова Харитону в январе 1954 г. предлагаемая схема Давиденко весом 26—30 т уже не смущала авторов.

17 февраля 1954 г. председатель Комитета по атомной энергии конгресса США Коул сообщил о громадном энерговыделении «Майка» и об имеющейся более мощной водородной бомбе. Взрыв «Браво» последовал 1 марта 1954 г.

В этой напряженной обстановке не исключено, что Зельдович вспомнил о материале Фукса 1948 г. Он мог сообщить о нем Сахарову, и он один или они оба могли рассмотреть его у Харитона, а скорее всего — в отчете Зельдовича «Водородная дейтериевая бомба», написанном в феврале 1950 г. То, что они увидели в качестве иницилирующего отсека, увидел и Теллер в 1951 г. в схеме «Джордж», подготовленной к испытаниям.

Теллер утверждал в 1952 г., что идея радиационного обжатия Теллера—Улама «представляет собой сравнительно небольшую модификацию идей, известных в общем виде в 1946 г. [и использованных в схеме «Джордж». — В.Р.]. В сущности, нужно было добавить только два элемента: взрывать больший объем и достигать большего сжатия путем сохране-

ния взрывающегося материала холодным настолько долго, насколько это только возможно» [1. С.1095; 2. С.1243; 3. С.903]. Теллеру понадобилось несколько месяцев, чтобы провести эту модификацию и преобразовать идею иницилирующего отсека схемы «Джордж» и идею Улама в схему радиационного обжатия Теллера—Улама.

Сахарову и Зельдовичу с сотрудниками также понадобилось несколько месяцев в 1954 г., чтобы преобразовать идею иницилирующего отсека в материале Фукса 1948 г. и идею Давиденко в схему радиационного обжатия «слойки».

Не исключено, однако, что материал Фукса в 1954 г. Сахарову не был показан, а фраза Зельдовича «будем выпускать излучение» [4] была реминисценцией увиденного им материала Фукса в 1948 г., недооцененного им тогда и в 1950 г., и, возможно, результатом обсуждения с Сахаровым. В этом случае «цельнотяннутость трубы» оставалась бы секретом для Сахарова и не усложняла бы его отношений с Зельдовичем.

Можно думать, что степень самостоятельности наших ученых в создании окончательной схемы радиационного обжатия не меньшая, чем у Теллера и Улама: и те, и другие знали схему Фукса, хотя обратились к ней не сразу. Но Фукс, Улам и Теллер создавали свои схемы до проведения испытаний (не считая, быть может, «Джорджа»), а мы — после. Возможно, поэтому Сахаров считал ненужным заниматься вопросами приоритета, ведь решалась задача с известным ответом. Зато открывалась возможность ее коллективного решения.

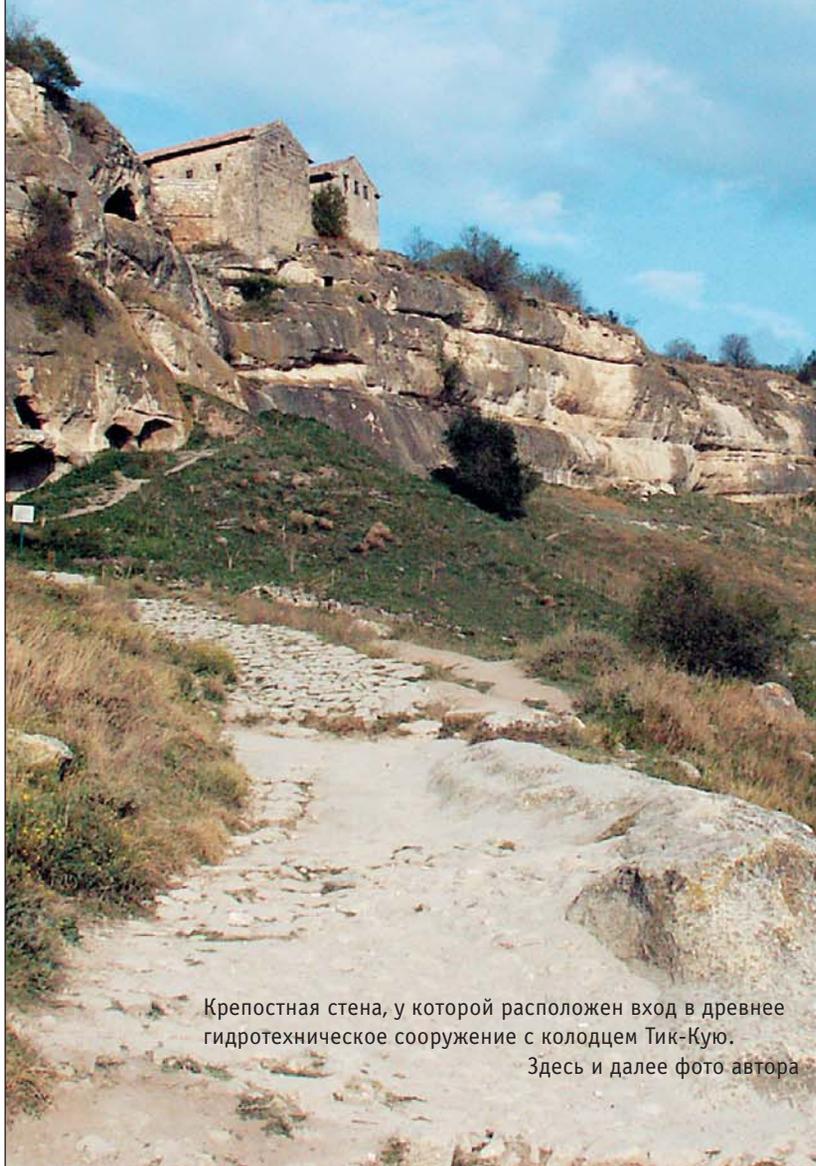
Итак, вероятнее всего, что в 1954 г. Сахаров был ознакомлен с иницилирующим отсеком схемы Фукса лишь по отчету Зельдовича «Водородная дейтериевая бомба», написанному в феврале 1950 г. Согласно Гончарову [3], в этом отчете Зельдович привел схему, совпадающую по конструктивным особенностям и физической сущности со схемой Фукса из его сообщения 1948 г., однако предпочтение отдал другой схеме ...». Имя Фукса, разумеется, в этом отчете отсутствовало. Тогда «цельнотяннутость трубы» продолжала быть для Сахарова секретом, что не противоречит сказанному в «Воспоминаниях» о его более поздней догадке. Я исключаю нечестность со стороны Сахарова. И не только потому, что Зельдович и Харитон стали бы ее свидетелями. Вместе с тем Сахаров мог догадаться о «цельнотяннутости трубы» и без знакомства с материалом Фукса. «Он знал это, но не знал, что знает», как писал Искандер об одном мальчике. У Андрея Дмитриевича была интуиция и было время задуматься. ■

Литература

1. Гончаров Г.А. // УФН. 1996. Вып.166.
2. Гончаров Г.А. // УФН. 2005. Вып.175.
3. Гончаров Г.А. // УФН. 1997. Вып.167.
4. Харитон Ю.Б., Адамский В.В., Смирнов Ю.Н. // УФН. 1996. Вып.166.

Древний колодец в Чуфут–Кале

Ю.П.Супруненко,
кандидат географических наук
Институт географии РАН
Москва



Крепостная стена, у которой расположен вход в древнее гидротехническое сооружение с колодцем Тик-Кую.
Здесь и далее фото автора

Небольшой по размерам Крымский п-ов, кажется, изучен вдоль и поперек. Но именно здесь открываются тайны, долгие годы ставившие в тупик исследователей. Одна из них связана с городом-крепостью Чуфут-Кале, возвышающемся над Бахчисараем.

Этот ныне небольшой городок был в Средневековье второй столицей Крымского ханства. Здесь, в степной, не самой примечательной части полуострова, татары основали город на перекрестке дорог, ведущих на восток — к горе Митридат, на юг — к очаровательному Южному берегу с его вершинными ориентирами Демерджи, Аюдагом и Ай-Петри, и на запад — к Тарханкутскому дикому мысу.

Если в ближней окрестности Бахчисарая подняться на небольшое плато, можно по-настоящему перенестись в другое время, почувствовать атмосферу и ощутимый след истории. Особенно если двигаться одному, безо всяких проводников, как случилось со мной летом 2006 г. Вверх ведет горная дорога с наезженной веками колеями. Взору предстают сотни выдолбленных в скалах жилых и хозяйственных помещений. Они напоминают не то норы, не то гнезда. Кривые улицы ведут к небольшой площади и кладбищу. По краям оградительной стены остатки башен. Гнетущую тишину нарушает вспугнутая птица.

«Пещерный город», «крепость пленников», «мертвый город» — так называли в разное время Чуфут-Кале. Возраст этого примечательного крымского «молчаливого памятника» до сих пор окончательно не определен. Когда-то здесь обитали аланы. В 1299 г. эту хорошо укрепленную крепость разрушили монголы. Тогда она называлась Кырк-Ор: «кырк» — сарай, «йэр» — берлога, нора; очевидно, подразумевались пещеры. Другая версия перевода с тюрк-

© Супруненко Ю.П., 2007

Вести из экзотических

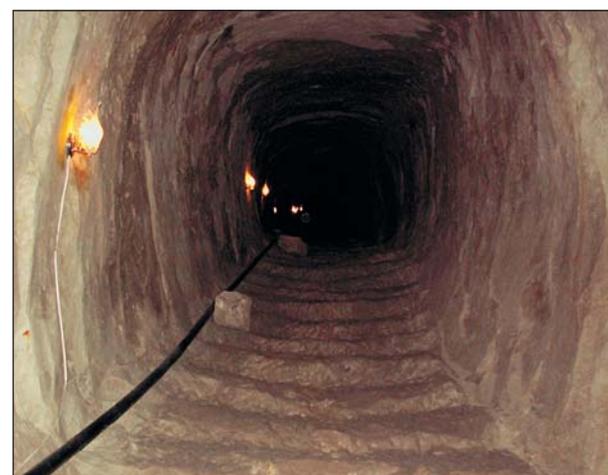
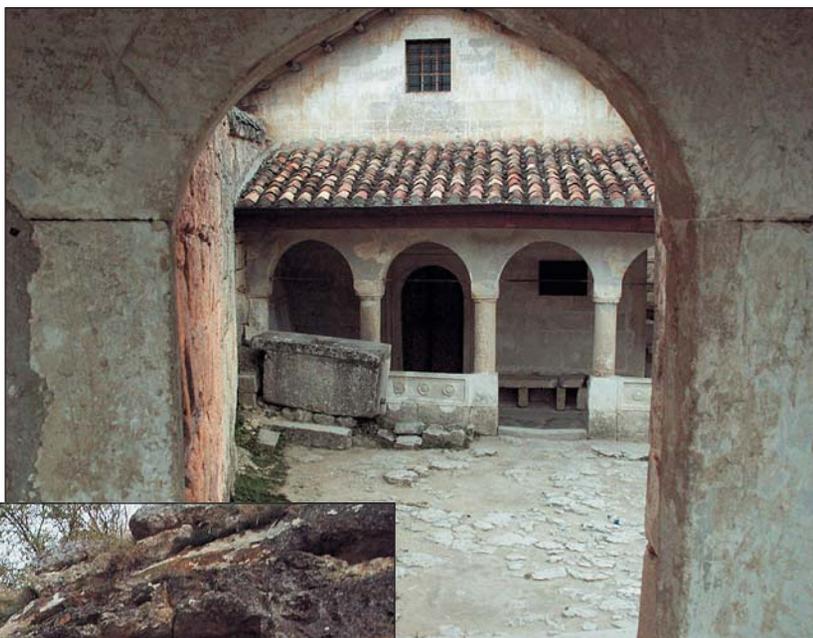


Вид из Чуфут-Кале на близлежащие долины.



Правила посещения гидротехнического сооружения, вход в него, наклонная галерея, винтовой колодезь Тик-Кую.

Караимская кенаса, вход
в средневековые пещеры.



Вести из экспедиции



Успенский монастырь и вид на окрестности из него.

ского — «сорок крепостей» — остается неразгаданной — то ли от обилия в округе подобных укреплений, то ли от тщеславия местных жителей, считавших свой город равным по силе и богатству четырем десяткам других. В XIV в. в этом укреплении возникла вторая крепостная стена, и все сооружение получило новое название — Джуфт-Кале (двойная). Оно и трансформировалось в дожившее до современности Чуфут-Кале — «иудейскую крепость» (с середины XVII в. здесь преимущественно жили караимы — тюрки по происхождению и иудеи по вероисповеданию, последователи ветхозаветной Библии, отвергавшие Талмуд).

Позже многие из этих искусственных пещер опустели из-за трудностей с водой. Татары стали их использовать лишь для заточения пленников и содержания скота. Однако вода на территории пещерного города и в давние времена все же была, правда, спрятанная глубоко под

землей. Вот как рассказывает об этом старинная легенда. Во времена Золотой Орды городом правил жестокий хан Тохтамыш. В глубоких подвалах ханского дворца хранилось много сокровищ, но самым дорогим из них хан считал юную красавицу Джаньке. Девушку не зря называли «джаньке» — душевная. Ласковая со всеми, она не знала, что в груди у нее затаилась страшная болезнь.

Но вот пришла беда. Кырк-ор окружили враги. Знали они: в крепости нет воды, а без нее нет жизни. «Подождем, — решили враги. — Времени у нас много, вода есть, хлеб есть. Тохтамыш-хан сам свои железные ворота откроет». Нет воды, а дни идут. И люди стали падать, как осенние листья. Но хан любил только свои сокровища, а людей не жалел. «Думаете, я своими руками открою ворота? Если у меня камней не хватит, я ваши головы на врагов буду сбрасывать!»

Однажды в гарем к Джаньке пробрался мальчик-пастушок

и сказал ей: «Я знаю, где под землей есть вода, но пролезть к ней не могу — у меня широкие плечи. А ты тонка, как веточка, проникнешь в расщелину и будешь оттуда доставать воду, а я стану относить ее в водоем». Всю ночь девушка и мальчик маленькими бурдюками таскали воду, и было в этом водоеме воды, сколько в маленьком море. А когда взошло солнце, и небо стало голубым, почувствовала Джаньке, что из груди у нее вылетела маленькая птичка. Упала девушка на землю и умерла. Когда рассвело, пришли люди и увидели наполненный до краев водоем, мертвую девушку и плачущего пастушка. Многие в Крыму слышали эту легенду, но никто не подозревал, что в ней есть правда.

В августе 1998 г. группа энтузиастов — А.Козлов, К.Полканов, Ю.Шутов, О.Гривенников, А.Бабджан и Г.Катык — сделала в 35 м южнее крепостной стены Пенджере-Исар поисковый раскоп: и уже на второй день вскрыла устье засыпанного колодца, снабжавшего когда-то водой жителей города-крепости. Сегодня его общая глубина составляет 45 м. Нижняя часть колодца имеет куполообразное расширение, по стенам которого вниз ведет пологий винтовой спуск с редкими ступенями. Древние строители позаботились о безопасности спуска и оставили у внутреннего края винтового хода предохранительный бордюр. На дне нижнего зала, в который превратился колодец, были обнаружены два больших продолговатых углубления, вероятно водосборные ванны, а на стенах — ниши для светильников. Вода из крупных трещин в горных породах поступала в водотоки и по ним сливалась сначала в одну из ванн. После ее заполнения через сливной порожек она переливалась в другую каменную емкость, расположенную прямо под входным колодцем. Из нее воду уже поднимали на поверхность. Судя по восьмиметровой

мощности илисто-глинистого слоя, вода когда-то заполняла не только специально вырубленные в скале бассейны, но и весь нижний этаж системы, где ее могло скапливаться до 115 м³. Колодец служил как для подъема воды, так и для вентиляции всей системы.

По мнению тех, кто откопал колодец, основной целью древнего гидротехнического объекта под Чуфут-Кале было снабжение крепости водой во время длительной осады. Но имеет право на существование и сакральная версия возникновения сооружения. Иначе трудно объяснить: почему нижний зал системы имеет такие значительные размеры? Его площадь достигает 45 м², а высота 2,5 м. Чтобы вырубить в монолитной скале такой зал, нужно было проделать гигантскую и бесполезную, с точки зрения утилитарного водоснабжения, работу. Косвенно о возможном культовом использовании подземной системы Чуфут-Кале свидетельствует то, что она располагалась вблизи известного Успенского пещерного монастыря и остатков других древних христианских сооружений. Получается, что ныне известные «пещерные города» венчают собой более древние?

Кроме того, подземное сооружение у стен Чуфут-Кале высечено в зоне мощного геологического разлома, а наклон и направление спуска колодца ориентированы на восток таким образом, чтобы первые лучи в день солнцестояния 21 июня беспрепятственно проникали в бассейн с водой.

Вполне возможно, подземная система крепости, состоящая из колодца и примыкающего к нему тоннеля, использовалась и для тайного укрытия. Отсюда воины могли неожиданно с тыла нападать на врага, прорвавшего нижний ярус обороны крепости. Это предположение подтверждает легенда крымских караимов о князе, который обладал способностью одновременно появляться со своим отрядом и на стенах крепости, и в тылу врага.

Любопытно, что подобный подземный лабиринт, только в несколько раз меньше и проще, имеется и на испанском острове Мальорка (Балеарский архипелаг) в западной части Средиземного моря. В расположенном рядом пещерном городе Эски-Кермен («старая крепость»), возведенном византийцами в VI в., также имеется «осадный колодец», но гораздо меньших размеров — на 70 м³. В мирное время вода доставлялась в город от источника по керамическим трубам, проложенным по крутой лестнице, а во время осады неприятелем горожане, предположительно, пользовались колодцем, накапливающим воду с окружающих склонов.

Таким образом, вероятно, использовалось и более объемное гидротехническое сооружение под Чуфут-Кале. Вопрос о возрасте этого колодца пока что остается открытым. На стенах наклонной галереи и водосборной шахты рядом с углублениями для светильников различаются наскальные рисунки — петроглифы: сначала идут изображения парусных судов,

воинов со щитами, луками и стрелами, ниже — большого человеческого глаза («око Ра?»), больших жуков (предположительно, «скарабеев»), кентавров и... крестов. Скрывались ли здесь первые христиане? По крайней мере, сама обстановка подземного мира навеивает мысли о катакомбных христианах в Древнем Риме.

В конденсационной зоне, примерно на половине пути по наклонной галерее, с потолка свисают мелкие натечные образования, увеличивающиеся лишь на 1 мм за 170 лет. С учетом их размеров возраст древнего гидротехнического сооружения с колодцем Тик-Кую, как его стали называть в последнее время, определен в 2,5—3 тыс. лет. Получается, что это время древних аборигенов Крыма — тавров!

Правда, древние строители могли воспользоваться уже естественными подземными полостями, углубив их и оборудовав для своих нужд. Тогда время сооружения колодца придется уже на нашу эру. Но кого здесь выделить — сарматов, аланов, скифов, хазар?

Можно только сказать: это были талантливые умельцы, что особенно очевидно, когда спускаешься на самое дно колодца по винтообразной улиточной лестнице, вырубленной в стенах. И никаких подпорок, лишь поручни для современных туристов. Все покрыто влагой, прохладной при касании. А запрокинув голову из сырого мрака с полусотметровой глубины, далеко вверху видишь круг ясного крымского неба. ■

Вести из экспедиций Под дождем в полярную ночь на Айновых островах

Н.Н.Кавцевич,

кандидат биологических наук

академик Г.Г.Матишов

Мурманский морской биологический институт Кольского научного центра РАН

А.А.Кондаков,

кандидат биологических наук

Южный научный центр РАН

Ежегодно осенью на каменистые побережья Большого и Малого Айновых о-вов, расположенных вблизи российско-норвежской границы в Варагер-фьорде, выходят для размножения тюлени одного из малочисленных и наименее изученных видов ластоногих России, внесенных в списки Красной книги РФ. Истинное научное название этого обитателя прибрежной зоны Северной Европы — атлантический серый тюлень (*Halichoerus grypus grypus*), однако в отечественной и зарубежной литературе можно встретить множество других его имен — длинномордый, горбоносый, собакоголовый, лошадиноголовый, свиной, щетинистый тюлень и девятка (произошедшее, по-видимому, от неправильно записанного «тевяк», причем так поморы называли не только серого, но и другого тюленя — хохлача, *Cystophora cristata*).

Ареал атлантического подвида серого тюленя весьма прерывист и представлен двумя изолированными популяциями — западноатлантической (в основном в Канаде близ Ньюфаундленда и других островов) и восточноатлантической (отдельные колонии в водах Исландии, Великобритании, вдоль северного побережья Скандинавского п-ова, а в России — на островах вблизи Мурманского бе-

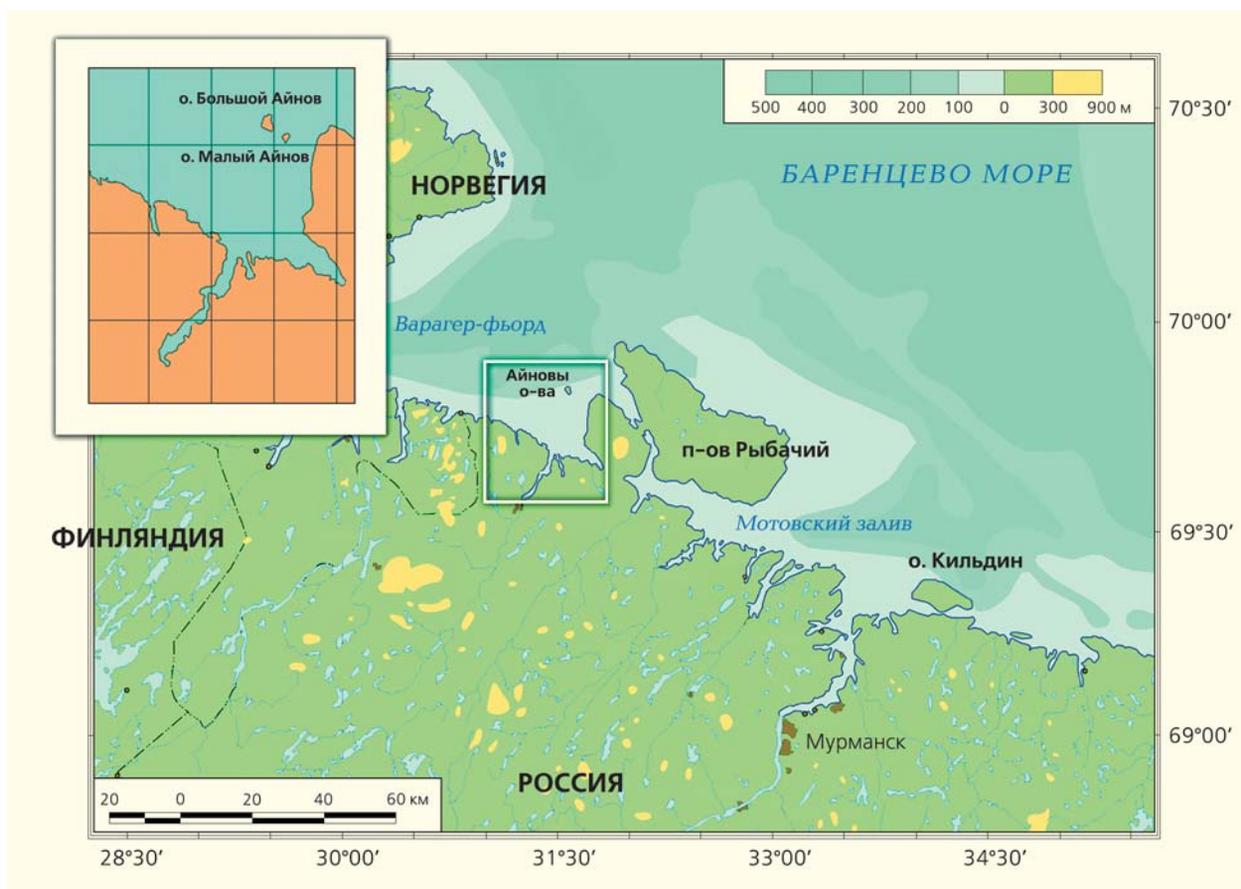
рега. Правда, редкие заходы серого тюленя отмечены в других акваториях — например, в водах архипелага Земли Франца-Иосифа и в проливе между Баренцевым и Белым морями, о чем довольно давно в «Природе» были опубликованы небольшие заметки*).

Айновы о-ва находятся вблизи северо-восточного предела современного ареала серого тюленя, и именно здесь наиболее ярко проявляются его адаптивные возможности. В сравнении с другими обитающими на островах ластоногими этот тюлень отличается необыкновенно широкой экологической пластичностью. Первые детеныши в колониях серого тюленя рождаются на берегах островов уже в начале зимы и продолжают появляться в течение двух последующих месяцев. По косвенным данным, тюлени восточноатлантической популяции могут размножаться и на льду, как канадские и балтийские их сородичи. Обычно на репродуктивных залежках доминантные самцы полигамны, при этом, контролируя сразу несколько кормящих самок, они не допускают к ним случайных (транзитных) самцов. Этим и обусловлена развитость сложных форм

социальных взаимоотношений тюленей в колониях и многообразие издаваемых ими звуковых сигналов.

С большей или меньшей регулярностью исследования в мурманских колониях серых тюленей проводились со второй половины 80-х до середины 90-х годов прошлого столетия. Тогда же была разработана щадящая, не доставляющая особого беспокойства животным, методика обследования колоний и получены оценочные данные о численности этих ластоногих в российских водах [1, 2]. Ввиду спорадичности обследований, проводимых в мурманских и соседних норвежских колониях, до настоящего времени биологию вида нельзя считать достаточно изученной. Отчасти это связано с тем, что исследование морских млекопитающих в естественной среде обитания — весьма трудоемкий и длительный процесс, особенно если экспедиции приходится проводить в Заполярье в период полярной ночи. Некоторый карт-бланш ученым дан самой природой. Дело в том, что период выкармливания детенышей этих малочисленных тюленей на побережье островов длится, как правило, 16—18 сут, а весь период размножения растянут на более чем 50 дней, что позволяет проводить стационарные исследования биологии вида, его физиологических и этологических особенностей, т.е. изу-

* Подробнее см.: Цалкин В.И. *Halichoerus grypus* Fabr. (тевяк-щетинистый, горбоносый тюлень) в водах архипелага Франца-Иосифа // Природа. 1936. №1. С.88—89; Белобородов А.Г. Тевяк в Белом море // Природа. 1971. №4. С.99—100.



Карта-схема района проведения исследований.

чать поведение взрослых и молодых животных, следить за ростом щенков и т.д. в естественной среде их обитания.

В конце 2006 г. такая уникальная возможность представилась и нам (четырем сотрудникам Мурманского морского биологического института Кольского научного центра РАН и Южного научного центра РАН). Исследования велись в колониях серых тюленей во время их размножения на о.Большой Айнов (на о.Малый Айнов удалось провести лишь разовый учет животных), где расположен кордон Кандалакшского природного государственного заповедника. Это один из немногих островов Мурманского побережья, который сложен из осадочных пород (песчаников, кристаллических сланцев, известняков), покрытых свежими

торфяными почвами. Его периметр — около 7.5 км, а площадь осушаемой при отливе зоны (литорали) — не менее 54.6 га.

Как мы ни старались не беспокоить животных, используя разработанную ранее щадящую методику обследования береговых ценных залежек, в первые дни большинство самок, заметив нас, покидало щенков и уходило в сторону моря или даже в воду. Впоследствии животные начали привыкать к нашему присутствию, и все больше самок стало оставаться рядом с детенышами.

К сожалению, работы пришлось проводить во второй половине сезона размножения тюленей, когда уже не все щенки и взрослые животные находились на берегу, из-за чего не удалось точно установить дату начала щенки и зарегистриро-

вать максимальную численность щенков. К тому же погодные условия были весьма необычны для этого времени года. И так довольно мягкая для Заполярья зима, что обусловлено влиянием теплых вод Нордкапской ветви Северо-Атлантического течения, в 2006 г. еще больше походила на осень или весну в этих широтах. Достаточно сказать, что высаживались мы на заповедный остров под проливным дождем, и весьма признательны капитану судна «Пилот» Г.Н.Ефимову, который во время шторма обеспечил безопасную доставку на остров не только экспедиционной группы, но и оборудования. В период проведения полевых работ средняя температура воздуха на острове колебалась от -3.6 до +5.2°C. Снег если и выпадал, то долго не залеживался.



Самка с бельком.

Здесь и далее фото А.А.Кондакова



Трехдневный щенок с признаками начавшейся линьки.

По пляжам текли многочисленные ручьи, на ровных участках побережья талые воды скапливались и даже образовывали небольшие водоемы.

Известно, что размещение взрослых животных на берегу в период их размножения в значительной степени зависит от рельефа берега, а знание их

привычек помогает разработать оптимальные формы охраны редких видов. По нашим наблюдениям в прежние годы, деторождение и выкармливание щенков в мурманских колониях серых тюленей происходило при наличии устойчивого снежного покрова. Присутствие снега позволяло животным равно-

мерно распределяться на берегах острова, а некоторым рожать детенышей даже на удалении 150—200 м от уреза воды. Обычно серые тюлени как британских, так и мурманских колоний используют четыре типа «репродуктивных» пляжей [3]. Однако, как было установлено во время наших предыдущих исследований, на островах Мурманского побережья тюлени могут располагаться и на казалось бы непригодных для выведения потомства участках берега (каменисто-валунных с преобладанием грубообломочного материала), но только в том случае, если они будут выровнены плотным снежным покровом [2]. С другой стороны, снег может модифицировать и обычные, удобные для размножения участки, сократив или увеличив их площадь, что, безусловно, сказывается на изменении плотности залегания самок со щенками на побережье, и, как следствие, на поведении взрослых тюленей и смертности приплода [4].

В 2006 г. плотность животных по береговой линии о.Большой Айнов была меньше, чем в прежние годы, а смертность щенков не превысила 10% (для сравнения — в конце ноября 1986 г., во время пика массового рождения детенышей, 20% из них погибло). По сравнению с прежними годами увеличилось и количество моногамных пар, что для серых тюленей редкость (напомним, для них более характерна полигамия). Устойчивые семейные пары мы встретили на пляжах с узкой приливной полосой (в основном на южном и северо-восточном побережьях).

Выживаемость потомства серых тюленей зависит от степени агрессивности самок, проявляемой к другим самкам, их щенкам и даже самцам (конечно, до наступления у самок течки). Такие тюленихи в случае опасности не покидают своих детенышей, проводят рядом с ними больше времени и чаще кормят. По-видимому, снижение

смертности щенков в 2006 г. связано с увеличением в колониях количества таких заботливых и отважных матерей. Во всяком случае, мы ежедневно встречали не менее четырех-шести кормящих самок, которые при виде нас не только не бросали своего детеныша, но позой и голосом демонстрировали угрозу и даже делали выпады в сторону наблюдателя. Для сравнения — в предыдущий сезон размножения, когда смертность щенков была выше, ежедневно попадалось не более двух-трех таких самок.

В то же время в первые проведенные на острове дни нас поразило большое количество худых, полностью перелинявших щенков, не достигших к концу периода молочного вскармливания положенных им 30—32 кг. Одним словом — заморыши (к слову, это вовсе не эпитет, а вполне научный термин, которым принято обозначать недокормленных щенков кольчатой нерпы и гренландских тюленей). Как правило, все они погибают в первые же месяцы самостоятельной жизни в море. Мы склонны считать, что это были детеныши молодых самок с повышенным уровнем тревожности, которые в начале периода размножения из-за дефицита репродуктивных площадей на суше подвергались нападению более опытных и агрессивных самок-соседей и были вынуждены часто покидать своих щенков, уходя в море.

Более половины новорожденных бельков имели отклонения от классической схемы постэмбриональной линьки. Эти щенки начали линять еще в утробе самок, что необычно для серых тюленей и характерно для таких настоящих тюленей, как морской заяц, обыкновенный тюлень, хохляк. Причины и последствия нарушений в развитии серых тюленей пока неизвестны. Для выяснения этого были запланированы углубленные исследования физиологии взрослых и новорожденных



Щенок, завершивший молочное питание.



Щенок, недокормленный самкой, после завершения постэмбриональной линьки.

животных. Однако выявленные нарушения вызвали необходимость корректировки существующего метода определения возраста этих животных, «маркером» которого служили стадии линьки приплода серых тюленей [5—7]. Знание связи стадий линьки с возрастом щенков ранее позволяло довольно точ-

но определить дату начала сезона размножения, который длится в колониях более 52 сут, установить время наступления пика деторождения, а в результате — определить численность тюленей в исследуемых колониях. Для уточнения последовательности постэмбриональной линьки и изучения ее современ-

ных особенностей мы создали индивидуальные библиотеки изображений щенков, снимая их через день на цифровую камеру. Всего на протяжении 18 сут было сделано 2544 снимка щенков.

Понятно, что полученные материалы нуждаются в дальнейшей обработке и осмыслении, однако уже и сейчас очевидно, что в изменившихся условиях у тюленей возникли новые, ранее никем из исследователей не описанные поведенческие адаптации.

* * *

В настоящее время проблема охраны морских млекопитающих Арктики становится все более острой, а в Баренцевом море — в особенности. Предстоящее здесь освоение шельфовых газоконденсатных месторождений, несомненно, скажется на прибрежных экосистемах, в которых важное место занимают

редкие ныне, а некогда активно добываемые виды ластоногих — атлантический морж, серый и обыкновенный тюлени. Для того чтобы оценить «масштабы бедствия» и спланировать компенсирующие его мероприятия, необходимо прежде всего представлять современное состояние находящихся под угрозой вымирания видов — установить их реальную численность и другие основные популяционные параметры, изучить особенности биологии и т.д. Таких знаний сейчас явно недостаточно. Мы надеемся, анализ результатов нашей экспедиции отчасти поможет сократить эти пробелы.

Важно понимать, что ни включение этих видов ластоногих в списки охраняемых и редких видов, ни даже полный запрет на их промысел не могут решить проблему. Необходимы регулярные и полномасштабные исследования, проведение

которых не под силу одной организации — например, Канда-лакшскому природному государственному заповеднику, испытывающему в последние годы недостаток финансирования для выполнения даже основных своих функций. Справиться с ситуацией можно лишь при организации совместных прикладных природоохранных исследований силами учреждений, относящихся к различным ведомствам. Как тут не вспомнить прежние времена — опыт конца 80-х годов ушедшего столетия?! В наши же дни, судя по ситуации, сложившейся в бассейнах практически любого из российских морей, увеличившееся количество контролируемых и якобы охраняющих эти водоемы организаций не обеспечивает ни их реальную охрану, ни получение адекватной информации о современном состоянии окружающей среды и биоресурсов. ■

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проект 06-04-02106.

Литература

1. Вишневская Т.Ю., Бычков В.А. Биологические предпосылки охраны полуводных млекопитающих в островных заповедниках (на примере серого тюленя) // Актуальные проблемы заповедного дела. М., 1987. С.10—26.
2. Кондаков А.А. Серый тюлень Мурманского побережья // Адаптация и эволюция животного населения полярных морей в условиях океанического перигляциала. Апатиты, 1999. С.270—315.
3. Hewer H.R. // Mammalia. 1960. V.24. №3. P.400—421.
4. Anderson S.S., Baker J.R., Prime J.H. et. al. // J. Zool. London. 1979. V.189. P.407—417.
5. Карпович В.Н., Куханов В.Д., Татаринкова И.П. // Тр. ПИНРО. 1967. Вып.21. С.117—125.
6. Ling J.K., Bulton C.E. // Rapp. P.-v. Reun. Cons. int Explor. Mer. 1975. V.169. P.112—132.
7. Radford P.J., Summers C.F., Young K.M. // Mammal Rev. 1978. V.8. №1—2. P.35—42.

Новости науки

Астрономия

Открыто новое шаровое скопление

Шаровые звездные скопления — одни из старейших жителей Галактики, поэтому любая информация о них важна для исследования ранней эволюции Млечного Пути и его окрестностей. Сейчас в Галактике известно около 150 шаровых скоплений, но полное их число оценивается примерно в 500. Столь низкий процент открываемости объясняется отчасти тем, что шаровые скопления в среднем далеки от Солнца. В диске Галактики обнаружению шаровых скоплений мешает, помимо расстояния, также межзвездная пыль.

Поиск шаровых скоплений в этой части Галактики требует наблюдений в инфракрасном диапазоне, и такие наблюдения сейчас стали доступны. По оценкам Х.Мойзингера (H.Meusinger; Тюрингская обсерватория, Германия) и его коллег из Великобритании, в окрестностях Галактического центра должно быть около 10 ранее неизвестных шаровых скоплений; ими организована специальная программа поиска этих объектов в базе данных обзора 2MASS (Two Micron All Sky Survey — Двухмикронный обзор всего неба), который осуществлялся в ближнем ИК-диапазоне.

Выделив около десятка кандидатов, астрономы затем провели тщательные наблюдения каждого из них на Телескопе новых технологий (New Technology Telescope, NTT) Европейской южной обсерватории (Чили). И один из этих кандидатов действительно оказался похож на шаровое скопление! На картах обзора 2MASS он кажет-

ся скорее туманностью, но на снимках NTT с высоким разрешением эта «туманность» распадается на тысячи звезд.

Новый объект, получивший временное обозначение FSR 1735, представляет собой сферически симметричную группу звезд поперечником около 2 пк и массой примерно в 65 тыс. M_{\odot} . Эта группа звезд удалена от нас на 10 кпк и характеризуется пониженным содержанием металлов (примерно 10% от солнечного). Все это — классические признаки шарового скопления. Теперь для окончательной уверенности осталось определить возраст FSR 1735.

Находка ученых из Германии и Великобритании говорит о том, что в «запыленных» областях Галактики действительно скрываются не только рассеянные скопления, которые по данным инфракрасных обзоров открываются чуть ли не сотнями, но и немало шаровых скоплений.

<http://arxiv.org/abs/astro-ph/0703318>

Планетология

Измерен Харон — спутник Плутона

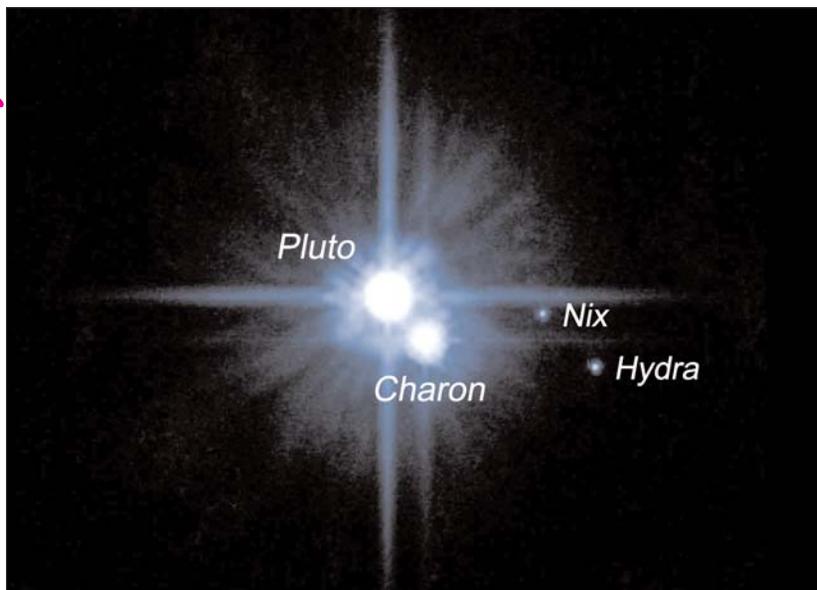
В 2005 г. произошло очень редкое событие — покрытие звезды спутником Плутона Хароном. Тень спутника прошла по поверхности Земли в районе Южной Америки. Наблюдая за этим явлением одновременно из нескольких обсерваторий, астрономы смогли с высокой точностью определить размер и среднюю плотность Харона (по скольку его масса известна довольно точно), а также существенно ограничить возможность существования у него атмосферы.

С 1978 г., когда был открыт Харон, пару Плутон—Харон считают

не планетой со спутником, а двойной планетой. Ведь Харон всего лишь вдвое меньше Плутона по размеру и только в восемь раз уступает ему по массе. Чтобы понять происхождение этой пары, нужно определить внутренний состав карликовой планеты (Плутона) и ее гигантского спутника — Харона. В первом приближении о составе тела свидетельствует средняя плотность его вещества, которую легко вычислить, зная массу и размер тела. С массой проблем нет: взаимное обращение Плутона и Харона позволяет легко вычислить силу их притяжения друг к другу, а значит, и массу. Но о точных размерах обоих тел все еще идет дискуссия. Огромная удаленность не позволяет увидеть их диски. Особенно трудно измерить Харон.

В 2004 г. австралийский любитель астрономии Д.Геральд (D.Gerald) рассчитал, что 5 июля 2005 г. Харон должен будет закрыть собой слабенькую звезду 15-й величины в созвездии Змеи (астрономы называют такое явление «покрытием звезды»). Поскольку блеск самой пары Плутон—Харон составляет около 14-й звездной величины, то «временное отключение» звезды должно быть легко заметным в телескоп подходящего размера. Расчеты показали, что покрытие должно быть видно из некоторых мест в Южной Америке, включая гору Сьерро-Параналь на севере пустыни Атакама (Чили), где расположен крупнейший комплекс телескопов VLT (Very Large Telescope) Европейской южной обсерватории.

Покрывания звезд давно уже помогают астрономам измерять размеры малых или очень далеких тел, фигуры которых в телескоп неразличимы. Зная скорость дви-



Плутон и его спутники — Харон, Никс и Гидра.

Фото NASA/ESA

жения тела и измерив длительность затмения звезды, легко вычислить размер тени, который в точности равен размеру самого тела, поскольку от звезды приходит практически параллельный пучок света. Кроме того, в моменты начала и конца затмения, судя по тому, насколько резко пропадает или появляется свет звезды, можно выявить наличие атмосферы у затмеваемого тела, причем даже весьма разреженной.

К сожалению, угловой диаметр Харона на небе очень мал — всего 55 мс дуги, что соответствует видимому размеру двухрублевой монеты с расстояния 100 км. Поэтому покрытия Хароном звезд наблюдаются очень редко: до 2005 г. было отмечено только одно покрытие — 7 апреля 1980 г. Но в последние годы ситуация стала лучше: созданы большие телескопы, позволяющие наблюдать слабые звезды; звездные каталоги стали точнее, что дает возможность точнее рассчитывать моменты покрытий, и, наконец, система Плутон—Харон в настоящее время видна на фоне богатого звездами Млечного Пути, что увеличивает шансы покрытий. Покрытие в июле 2005 г. наблюдалось с помощью 8-метрового телескопа системы

VLT, оснащенного адаптивной оптикой, а также 2-метровыми телескопами в Чили и Аргентине. Результаты наблюдений¹ были опубликованы в 2006 г.

Точное определение моментов покрытия в разных обсерваториях позволило оконтурить тень Харона и определить диаметр спутника: он равен 1207 ± 2 км. Средняя плотность Харона оказалась заметно ниже предыдущих оценок: 1.71 ± 0.08 г/см³. Такая плотность указывает, что мы имеем дело с каменно-ледяным телом в пропорции примерно 1:1. Нужно отметить, что плотность Харона теперь известна точнее плотности Плутона.

Атмосферу Харона заметить не удалось. Если даже она есть, то ее давление у поверхности спутника меньше одной десятимиллионной давления земной атмосферы, т.е. менее 0.1 мкбар. Это неудивительно: при царящей на поверхности Харона температуре в -220°C тяжелые газы (H_2O , CO_2 , ...) замерзают, а легкие (водород, гелий) не удерживаются слабой гравитацией и рассеиваются в космосе. В отличие от Харона, у Плутона атмосфера замечена, хотя и не очень

¹ Sicardy B. et al. // Nature. 2006. V.439. №7072. P.52.

«знатная»: ее давление у поверхности составляет 10—15 мкбар, что минимум в 100 раз выше, чем у Харона. Сравнивая Плутон с Хароном, мы весьма точно ощущаем грань между телами с атмосферой, хотя бы и предельно разреженной (как Плутон), и абсолютно безвоздушными телами (как Харон).

С каждым годом система Плутона становится для астрономов все интереснее. В 2005 г. вдобавок к Харону были открыты еще два меньших спутника Плутона², получившие в 2006 г. собственные имена — Никс (Nix) и Гидра (Hydra). В греческих мифах Никс — богиня ночи (один из ее отпрысков — Харон), а Гидра — чудовищная девятиглавая змея, жившая у входа в подземное царство. Астрономы продолжают исследовать систему Плутона с Земли в ожидании июля 2015 г., когда к нему доберется зонд «New Horizons» (NASA), отправленный в январе 2006 г. к Плутону и далее в Пояс Койпера.

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

Химия

Нанохимия

Бельгийские и итальянские ученые разработали методику, позволяющую переносить на подложку отдельные органические молекулы с помощью атомного силового микроскопа (АСМ)³. Для эксперимента (его проводили при комнатной температуре) использовали длинные полимерные молекулы, имеющие форму цепочек и удерживающиеся за счет хемосорбции на игле АСМ, покрытой слоем золота. Поверхностная плотность молекул на игле составляла менее 100 нм⁻². Иглу сближали с кремниевой подложкой, которая была покрыта органическим соединением, содержащим химически активные аминогруппы ($-\text{NH}_2$). Между органической мо-

² Новые спутники Плутона // Природа. 2006. №12. С.19.

³ Duwez A.-S. et al. // Nature Nanotechnology. 2006. V.1. P.122—125.

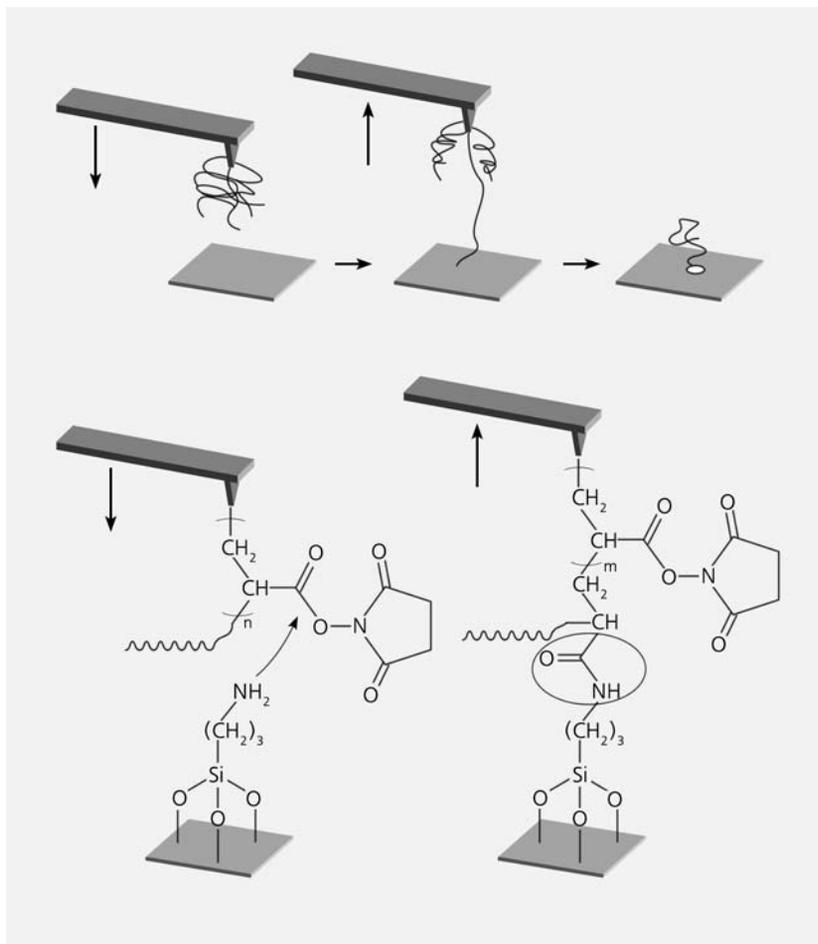


Схема переноса полимерной молекулы с помощью иглы атомного силового микроскопа и образования ковалентной связи между полимерной цепочкой и аминогруппой покрытия подложки.

лекулой и аминогруппой возникала ковалентная связь, более прочная, чем связь C–Au, за счет которой цепочка держалась на игле. Поэтому молекула отрывалась от иглы при ее удалении от подложки и оставалась на последней. Сила, действующая на иглу со стороны цепочки в момент ее отрыва, составляла около 1 нН (она возрастала до ≈ 2.5 нН, если иглу покрывали слоем SiN).

Результаты исследования свидетельствуют, что существует принципиальная возможность осуществлять химические реакции между всего лишь несколькими молекулами, доставленными иглой АСМ в заданную область поверхности.

http://perst.issph.kiae.ru/Inform/perst/6_19/index.htm

Химия

На границе раздела двух жидких фаз

Во многих областях химической науки важно знать, как распределяется концентрация ионов в растворах электролитов вблизи заряженной границы раздела фаз. Это распределение лежит в основе таких процессов, как перенос электронов (ионов) через биомембраны или окислительно-восстановительные реакции в растворах неорганических веществ. В приближениях, например Гуи—Чепмена, описывавших подобные распределения, использовались простые допущения, но молекулярная структура двойного электрического слоя при этом не рас-

сматривалась. Оставались непроверенными должным образом и пределы действия теории Гуи—Чепмена, так как не хватало чувствительных методов прямого зондирования структуры вблизи заряженной границы раздела фаз жидкость-жидкость.

Недавно такое зондирование осуществлено М.Шлоссманом (M.Schlossman; Иллинойский университет, Чикаго) и его коллегами¹ методом рентгеновского рассеяния, который позволяет исследовать профиль электронной плотности распределения ионов.

Экспериментальная система была двухфазной и состояла из водного раствора тетрабутиламмония бромида (ТВАВг), имевшего переменный состав (0.01; 0.04; 0.05; 0.057 и 0.08 М) и раствора тетрабутиламмония тетрафенилбората (ТВАТРВ) в нитробензоле (0.01 М) — полярном органическом растворителе. При достижении равновесия ионы распределяются между гидрофильной и гидрофобной фазами до тех пор, пока электрохимический потенциал не уравнивается. Поскольку концентрация общего иона ТВА⁺ в объемах обеих фаз сравнима, электрический потенциал на границе раздела фаз, где ионы образуют двойной электрический слой, вычисляли по уравнению Нернста и стандартной свободной энергии Гиббса, необходимой для переноса иона из воды в нитробензол.

В экспериментах измерялась интенсивность рассеяния рентгеновских лучей на границе раздела между двумя растворами электролитов. Расчетные методы (теорию Гуи—Чепмена и компьютерную модель) авторы применяли для того, чтобы предсказать, как распределяются концентрации ионов, и вычислить профили электронной плотности, исходя из чего определяли рефлективность, используя приближение Парратта. Затем

¹ Schlossman M. et al. // Science. 2006. V.311. №5758. P.216—218 (США).

сравнили расчетные данные с теми, которые получены в измерениях. В итоге выяснилось, что расчеты, произведенные по модели молекулярной динамики с учетом эффектов межфазной жидкой структуры, соответствовали экспериментальным данным для всех изученных концентраций. Теория же Гуи—Чепмена соответствовала реалиям только при низких концентрациях, а при высоких разница между вычисленными и экспериментальными результатами достигала 25 стандартных отклонений.

© Румянцева С.А.,

кандидат химических наук
Москва

Химия

Массив сверхдлинных углеродных нанотрубок

Углеродные нанотрубки — самый прочный известный материал: их модуль Юнга достигает величин порядка 10^{12} Па, что в десятки раз превышает значения этого показателя у стального троса или медной проволоки. Но это относится к отдельным нанотрубкам, проблема же заключается в том, чтобы изготовить из них макроскопический объект с подобными характеристиками¹. Для начала необходимо научиться выращивать достаточно длинные нанотрубки, чтобы при механическом их растяжении в большей степени проявлялась прочность собственно трубки, а не сила их взаимного сцепления.

Японским специалистам удалось вырастить массив вертикально ориентированных нанотрубок высотой до 7 мм — почти в 100 раз длиннее обычных. Синтез вели модифицированным методом химического осаждения паров углеводородов на нагретой до 750°C поверхности металлического катализатора. В экспериментах в смесь гелия и водорода при атмосферном давлении добавляли этилен (его содержание было 5—25%), а также — в чем собственно и заключалась новация — неболь-

¹ См. также: Пряжа из многослойных нанотрубок // Природа. 2006. №2. С.82—83.

шое (0.015—0.05%) количество паров воды. Полный расход смеси составлял 200 см³/с. Катализатором служил тонкий (толщиной 1 нм) слой железа, нанесенный на Si/SiO₂/Al₂O₃.

Оказалось, что длина синтезируемых нанотрубок зависит от соотношения компонентов в газовой смеси, длина трубок достигает 7 мм за 12 ч при оптимальном соотношении C₂H₄:H₂ ≈ 0.2. Исследователи объясняют свой успех тем, что такой состав обеспечивает химическую очистку частиц катализатора и их длительное функционирование. Наблюдения, выполненные с помощью сканирующего и просвечивающего электронных микроскопов, показали высокую степень однородности полученного массива. Большинство трубок — двухслойные, но есть также однослойные и многослойные.

Japanese Journal of Applied Physics. 2006. V.45. P.L720—L7202 (Япония); http://perst.issph.kiae.ru/Inform/perst/2007/7_03/index.htm

Биотехнология

Углеродные нанотрубки помогут вырастить новую кость?

Область биологических применений углеродных наноматериалов расширяется с каждым днем, и все же использование их для формирования костей кажется пока фантастикой. Сейчас в случае различных дефектов костей, в том числе связанных с удалением опухолей, травмами, патологией развития, утраченный участок ткани заменяют искусственным материалом, что ни в коей мере не способствует регенерации кости.

Основные клетки костной ткани (остециты) образуются из остеобластов, заключенных в межклеточное вещество, которое содержит большое количество неорганических солей. Исследователи-биотехнологи пытались подобрать материал, способный стать субстратом для роста остеобластов и образования кости *in vitro*. В идеале такой материал должен обеспечить благоприятное микроокружение как для пролифера-

ции (размножения) и дифференцировки костных клеток, так и для формирования минерализованного межклеточного вещества. Остеобласты, которые вырастут на искусственном субстрате, должны выполнять все физиологические функции, свойственные этим компонентам человеческой кости. Сам же субстрат, сделав свое дело, должен либо рассосаться, либо остаться в виде инертной матрицы, на которой размножаются клетки и куда осаждается новое межклеточное вещество, образуя таким образом нормально функционирующую кость.

Американские специалисты Л.П.Занелло и его коллеги считают, что в качестве материала второго типа наилучшим образом подходят углеродные нанотрубки². Их плотность гораздо меньше, чем у стали и титана, обычно применяемых для протезирования, и приближается к плотности естественной костной ткани. К тому же нанотрубки чрезвычайно прочны, так что их имплантация может не только способствовать регенерации кости, но и повысить ее механические свойства.

Занелло с сотрудниками культивировали клетки остеосаркомы крысы на одностенных (диаметром около 1.5 нм, что близко к толщине коллагеновых волокон) и многостенных (диаметром 10—30 нм) нанотрубках до и после их химической модификации разными способами. Затем исследователи охарактеризовали такие признаки биосовместимости, как пролиферация остеобластов, их морфология, формирование кристаллов, а также показатель жизнеспособности остеобластов — целостность плазматической мембраны.

Выяснилось, что растут и образуют минерализованную кость остеобласты, культивируемые на электрически нейтральных нанотрубках. Если за счет химической модификации на них появляется результирующий электрический заряд, рост замедляется. Экспериментаторы, впрочем, допускают, что подавлять пролиферацию мо-

² Zanello L.P. et al. // Nano Letters. 2006. V.6. P.562—567.

жет не только поверхностный заряд, и собираются изучить возможное влияние других факторов.

Показано также, что электрические характеристики плазматической мембраны остеобластов сохраняются — это свидетельствует в пользу биосовместимости данных трубок. Форму клеток и, возможно, их дифференцировку можно контролировать, используя одностенные или многостенные трубки.

В целом результаты говорят о реальной возможности использовать углеродные нанотрубки для восстановления костной ткани. Это безусловный успех в области биоинженерии.

http://perst.issph.kiae.ru/Inform/perst/6_11/index.htm

Зоология. Этология

Червяги выкармливают детенышей

Среди земноводных известны самые разнообразные и удивительные формы заботы о потомстве. Это и живорождение, и сооружение специальных гнезд, и охрана кладки, и вынашивание яиц (или личинок) в ротовой полости, на теле или в специальных полостях тела, и т.д. Оказывается, перечень этот еще не исчерпан, что и доказывают исследования группы европейских, североамериканских и бразильских герпетологов.

Объект исследования — самая небольшая и наименее изученная группа земноводных: червяги. Эти червеобразные безногие амфибии обитают в тропиках и ведут скрытный образ жизни в почве или в воде. Среди них есть яйцекладущие и живородящие виды. Причем последние филогенетические исследования показывают, что живорождение возникло в эволюции этой группы независимо несколько раз.

Так вот, в конце ушедшего века у детенышей одной из неотропических червяг — *Siphonops annulatus* — были обнаружены зародышевые зубы, совершенно не похожие на зубы взрослых особей. При этом выводок постоянно дер-

жится в непосредственной близости от матери, а самка-родительница заметно отличается от незрелых сородичей необычно светлой окраской кожи. Тогда было высказано предположение о том, что новорожденные червяги питаются... материнской кожей или ее выделениями! Именно для этого детенышам нужны особенные зубы, именно поэтому у самки-родительницы изменяется кожа.

Эту гипотезу и проверяла международная группа ученых¹. Работы проводили на африканской червяге *Boulengerula taitanus*. В природе собрали 21 гнездо червяг с самками и их выводками (в каждом выводке — от двух до девяти детенышей). В лабораторных условиях наблюдали и снимали на видео поведение червяг, регистрировали их рост, анализировали строение зубной системы детенышей и структуру кожных покровов матери. И выяснилось, что крошки-червяги периодически ползают по телу матери, прижимая к нему голову и двигая челюстями. При этом они подрастают ежедневно в среднем на 1 мм, хотя не получают никакой пищи извне. Оказалось также, что у самок, имеющих детенышей, действительно, существенно изменяется структура кожных покровов. Кожа становится более толстой, рыхлой, сосудистой; ее клетки увеличиваются в размерах, а в содержимом клеток возрастает количество липидов. Удивительная аналогия с начальными этапами эволюции лактации у млекопитающих! И принципиально новая форма заботы о потомстве среди земноводных.

Подобная дерматофагия (поедание кожи) дает виду такие же эволюционные преимущества, как и вскармливание молоком. Новорожденным при этом не нужны большие желточные запасы, они появляются на свет более крупными и развитыми. При этом у самки меньше детенышей, но они более приспособлены к существованию и их выживаемость выше, чем

¹ Kupfer A. et al. // Nature. 2006. V.440. №7086. P.926—929.

у видов, не проявляющих такой родительской заботы.

Проводившие это исследование специалисты вывели любопытную параллель между видами, самки которых, вероятно, кормят потомство своей кожей, и яйцекладущими представителями червяг. У последних в помете тоже меньше детенышей, но они более крупные и более приспособлены к выживанию. В связи с этим высказано интересное предположение о том, что дерматофагия является промежуточным этапом развития живорождения у червяг.

© Семенов Д.В.,

кандидат биологических наук
Москва

Экология

Экосистемы прибрежных акваторий Белого моря

На Беломорской биологической станции в губе Чупа Кандакшского залива, которая существует с 1957 г., накоплен большой материал, позволяющий в сочетании с методом математического моделирования изучать условия функционирования местной экологической системы. Белое море — своеобразный арктический бассейн со значительной пространственно-временной изменчивостью. Кандакшский залив — часть Белого моря, а губа Чупа — самый крупный фьордовый эстуарий этого залива. Гидрографические характеристики Чупа-губы таковы: длина 37 км, ширина 1—2 км, средняя глубина 20 м, максимальная около 70 м. Здесь наблюдается трехслойная структура вод: поверхностные, которые находятся под влиянием речного стока, а также промежуточные и глубинные, соответствующие слоям Кандакшского залива.

Специалисты на основе многолетних систематических измерений температуры воды, освещенности, прозрачности, речного стока, содержания биогенных элементов моделируют трансформацию органических и минеральных соединений, а также биопродуктивность морской среды в Чупа-

губе. При этом используется гидродинамическая модель циркуляции для расчета течений¹. Оценивая характер изменения биогенных веществ для различных гидрометеорологических ситуаций, ученые установили, что наибольшим годовым колебаниям подвержено содержание кремния, а наибольшая сезонная изменчивость биогенов отмечается весной.

Определение удельных скоростей роста и времени оборота биомасс в течение года показало хорошую сбалансированность внутренних и внешних потоков биогенных веществ. Основной вывод из проведенных исследований состоит в том, что морские экосистемы функционируют благодаря круговороту органических компонентов и биогенных веществ.

© Померанец К.С.,
кандидат географических наук
Санкт-Петербург

Геофизика. Геология

Мегацунами на заре цивилизации

Явление цунами известно давно, в первую очередь на берегах Тихого океана, где внезапные волны этого рода не раз приносили колоссальные убытки и собирали обильную жатву жертв. На памяти людей особенно страдала от цунами Япония, недаром и сам термин вошел во всеобщее употребление из японского языка. Известны три главные группы причин, порождающих цунами: подвижки океанического дна и динамические нарушения в толще океанских вод при сильных землетрясениях; крупные подводные вулканические извержения; оползни на морском дне. Даже самые сильные землетрясения лишь в исключительных случаях порождали на берегах цунами высотой около 30 м. У всех на памяти Суматринское землетрясение и катастрофическое цунами в декабре 2004 г., произошедшее в Индийском океане. Но, оказывается, даже такое гигантское по

распространению и губительным последствиям цунами нельзя считать предельно возможным — могут быть и несравненно более масштабные, только причина их иная.

Уже довольно давно исследователи допускали возможность поистине гигантских цунами в результате падения в океан крупных космических тел. Расчетная частота подобных событий не превышает нескольких за миллион лет. Два кратера на Земле диаметром 10—14 км свидетельствуют о космических «пришельцах» такого рода за последний миллион лет. Но ведь океанами покрыто 2/3 поверхности планеты. Теперь с помощью подробных батиметрических карт и космических снимков стало возможным распознавать подобные структуры на океаническом дне. Другими методами удалось определить, что на континентах за счет гигантских цунами могут образовываться обширные и весьма своеобразные отложения (так случилось сначала на западном берегу Австралии, затем на берегах Карибского моря).

На годовом собрании Американского геологического общества был представлен доклад шести исследователей², которые попытались расшифровать еще одну, по видимому, созданную гигантским цунами, группу необычных образований. Речь идет о так называемых дюнах шеврон на берегу Мадагаскара. Эти на первый взгляд обыкновенные дюны при более детальном изучении выявили ряд особенностей. На космических снимках видно, что они занимают поля стреловидной, каплевидной (V-образной) формы, острием направленные внутрь суши; при этом острия не совпадают с ориентировкой господствующих ветров. Самое же удивительное состоит в том, что эти поля расположены не на морском берегу, где обычно возникают дюны, а на прилежащем плато, на высоте 160—200 м над ур.м. Отложения в шевронах, в отличие от каменистой поверхности плато, глинистые, песчаные

с обломочными, гравийными частицами диаметром >2 мм, что для обычных дюн нехарактерно. Они то и переработаны в дюны молодого, голоценового облика.

Летом 2006 г. шевроны, вытянутые почти непрерывной цепью на протяжении 375 км в глубь Мадагаскара, наискосок к его высокому побережью, изучала на месте экспедиция с участием руководителя лаборатории цунами из Сибирского отделения РАН В.К.Гуськова. Выяснилось несколько показательных фактов. Как оказалось, отложения, принимаемые прежде за древние дюны, состоят из обломочных материалов разной крупности, среди которых обнаружены раковины морских моллюсков, а под сканирующим электронным микроскопом — и бентосные фораминиферы. По комплексу признаков исследователи заключили, что речь идет о мегацунами, оставившем следы на высотах от 80 до более чем 200 м на разных участках суши. Это значит, что максимальная высота цунами в 13 раз превысила наблюдавшуюся при Суматринском цунами 2004 г.

Пожалуй, самое поразительное — присутствие в четырех из 37 собранных образцов частиц как космического, так и импактного происхождения. Найдены микрочастицы металлов в соотношениях, характерных для хондритовых метеоритов. В некоторых образцах они обнаружены совместно с бентосными фораминиферами, что указывает на их привнос из океанических импактных структур. По простиранию шевронов авторы наметили несколько возможных путей переноса материала: восточное, юго-восточное, южное. С учетом выявленных ранее на океаническом дне ударных (взрывных) кратеров, авторы указали на три из них как на вероятные источники порождения мегацунами на Мадагаскаре. Более всего подходит кратер Буркл диаметром 29 км, расположенный в 1600 км к востоку от южной оконечности Мадагаскара на глубине 3,7 км. Авторы, пока по косвенным данным, предполагают его возраст среднеголоценовым.

¹ Леонов А.В., Филатов Н.Н., Здоровеннов Р.Э., Здоровеннова Г.Э. // Водные ресурсы. 2006. Т.33. №5. С.589—614.

² Abbot D., Martos H.S. et al. // Geol. Soc. Amer. Philadelphia Ann. Meeting 22—25 Oct. 2006. Abstracts. №7. P.299.

Новые исследования оставляют все еще немало оснований для скептиков, тем более что не согласуются с расчетами астрономов относительно частоты столкновения крупных космических тел с Землей. Несомненно, однако, сама возможность возникновения мегациунами за счет падения космических тел в океан. Создана специальная международная группа для исследований в этом направлении.

© **Никонов А.А.**,
доктор геолого-
минералогических наук
Москва

Археология

Палестина — «колыбель садового»?

Обнаруженные недавно девять плодов фиги, которые были выращены в долине Иордана 11 400 лет назад (в раннем неолите), свидетельствуют об одном из самых первых шагов человека в области агрикультуры¹. Анализ показал, что древние фиги выросли на партенокарпических (т.е. дающих плоды без оплодотворения) деревьях, а таковые у фигового дерева, иначе инжира или смоковницы (*Ficus carica*), в дикой природе возникают лишь изредка, в результате случайной генетической мутации. Для воспроизводства они нуждаются в черенковании. Специалисты Гарвардского университета (США) и Университета Бар-Илан (Израиль) считают, что съедобный сорт смоковницы не мог появиться без вмешательства человека.

Пока что инжир можно считать вторым культурным растением: судя по найденным немного ранее в Корее зернам окультуренного риса возрастом 15 тыс. лет, это растение люди научились воз-

¹ См. также: Где была «колыбель пахаря»? // Природа. 2001. №5. С.86—87.



Родственник фороракоса *Titanis walleri*, обитавший на территории современных штатов Техас и Флорида 2 млн лет назад. Пара пальцев на передних конечностях образуют подобие клешни.

делывать в еще более глубокой древности.

Sciences et Avenir. 2006. №713. P.21 (Франция).

Палеонтология

Гигантская бегающая птица

Американские палеонтологи Л.Киатти и С.Бертелли (L.Chiappe, S.Bertelli; Музей естественной истории в Лос-Анджелесе) сообщили о найденных в Патагонии (Аргентина) остатках гигантского (рост около 3 м, длина черепа более 70 см) фороракоса. Эта нелетающая плотоядная птица более всего сходна с девинсензией (*Devincenzia rozzi*), описанной в 2003 г. бразильскими учеными,

но была немного крупнее. И та, и другая жили примерно 15 млн лет назад (в миоцене) и принадлежали к семейству фороракосовых (*Phorusrhacidae*), представители которого считаются одними из самых крупных птиц, когда-либо населявших Землю.

Фороракосы появились в Южной Америке около 62 млн лет назад, заняв освободившуюся после вымирания динозавров нишу крупных наземных хищников. У новой находки хорошо сохранились череп (это самый большой птичий череп из всех известных науке) и кости ног. Судя по их строению, фороракосы, вопреки прежним представлениям, могли быстро бегать.

Nature. 2006. V.443. №7114. P.929—930 (Великобритания).

Рецензии Трижды эталон

А.М.Блох,
доктор геолого-минералогических наук
Москва

Четверть века прошло со дня кончины выдающегося физика-теоретика академика Ильи Михайловича Лифшица (1917–1982) — блестящего ученого и одновременно удивительно простого в общении и деликатнейшего в обиходе человека. Эти черты его характера харьковский коллега Ильи Михайловича и к тому же неплохой поэт Аркадий Филатов емко выразил в четверостишии, написанном к полувековому юбилею ученого 13 января 1967 г.:

В смешении событий и времен
На наше счастье —
не для комплимента —
Вы нам явили трижды эталон —
Учителя, Творца, Интеллекта.

Ныне, 40 лет спустя, его харьковские ученики и последователи, приложив титанические усилия, сумели своевременно, к 90-летию ученого, выпустить в свет капитальное издание воспоминаний о своем Учителе, Творце, Интеллекте...

Структура книги такова: после научно-биографического очерка помещены избранные работы Ильи Михайловича. За ними следуют комментарии, основная цель которых — отразить развитие идей Лифшица за 25 лет, прошедших после его кончины. Далее публикуется ряд оригинальных работ, написанных несколькими крупнейшими физиками и математиками специально для этой книги. Заключительный раздел — это воспоминания жены, учеников и коллег.

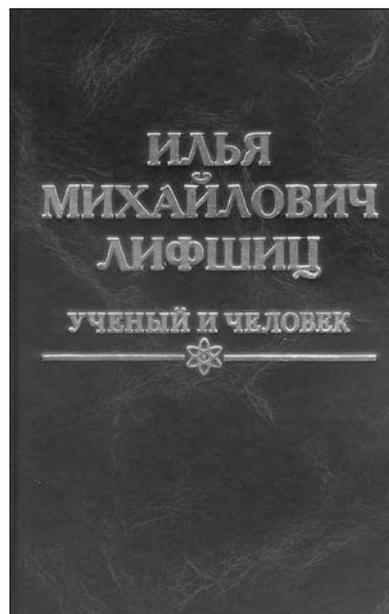
Читал я эту книгу запоем. Не только потому, что судьба подарила мне радость общения

с ним в последние шесть-семь лет жизни. Даже не зная лично, далекие от увлечения физикой или, скажем, филателией, в которой Илья Михайлович тоже был профессионалом высочайшего класса, смогут найти в книге немало интересных каждому фактов, без знания и понимания которых трудно правильно представить себе то время.

В подтверждение приведу поразивший меня эпизод с посещением Ильи Михайловича осенью 1973 г. академиком Я.Б.Зельдовичем, трижды Героем Социалистического Труда, о ком Зоя Ионновна Фрейдина, вдова Лифшица, отзывалась как о единственном человеке, «который приходил к нам запросто». Яков Борисович был одним из главных разработчиков ядерного оружия, о чем и свидетельствовали его три Золотые Звезды.

Однажды, — писала она, — в октябре 1973 г. Зельдович «пришел очень мрачным, спросил: “Леля дома?”, прошел в кабинет и закрыл за собой дверь. Довольно скоро он ушел, такой же мрачный. Илья Михайлович молчал несколько дней, а потом сказал, что Яша сообщил ему, что до него дошли слухи, что наши собираются применить атомную бомбу» на Ближнем Востоке. Но «если это произойдет, то Яков Борисович покончит с собой, оставив письмо». Поскольку такое письмо, оставленное рядом с собою, без сомнения сразу же будет изъято, «он оставляет письмо Илье Михайловичу, а уж тот не даст ему затеряться. Но все обошлось благополучно, и письмо Яков Борисович забрал».

Каким же чувством личной ответственности должен обла-



ИЛЬЯ МИХАЙЛОВИЧ ЛИФШИЦ. УЧЕНЫЙ И ЧЕЛОВЕК. Отв. ред. В.В.Рудницкий.

Харьков: НИЦ ХФТИ, 2006. 717 с.

дать ученый, причастный к созданию страшного оружия, чтобы хотя бы допустить мысль о сведении счетов с собственной жизнью, при том что эпизод с Зельдовичем в истории ядерного века отнюдь не единственный.

Отто Ган, немецкий физик, первым экспериментально доказавший возможность расщепления атома, узнав об американских бомбардировках Хиросимы и Нагасаки, тоже был близок к самоубийству. Не говоря уж о советском академике В.А.Легасове, одном из ведущих разработчиков ядерных реакторов, который после катастрофы в Чернобыле действительно покончил с собой. И чего на этом фоне стоят все шекспировские бутафорские страсти...

Одной из главных человеческих черт Ильи Михайловича являлась его демократичность в общении. То есть не нарочито демонстрируемая, когда это требуется тому или иному «демократу», а повседневно проявляющаяся, с кем бы его ни свел случай. К этой черте характера я вернусь несколько позже, когда речь пойдет о моих личных встречах с этим обаятельным человеком. Здесь же позволю себе упомянуть о свидетельстве одного из близких его учеников и коллеги по науке М.Я.Азбеля.

Вспоминая свои школьные годы, Марк Яковлевич поведал, какое впечатление произвел на него, тогда 15-летнего юношу, Илья Михайлович. «Он разговаривал со мною, — рассказывает ученый, — точно так же, как разговаривал бы с престарелым академиком — без пренебрежения, но и без всяких скидок». И еще одно замечание этого ученика Ильи Михайловича: «Думаю... гении не понимают, как даются результаты другим людям. Им кажется, что, поскольку они идут не прямым путем, а извилистым и не сразу приходят к ответу, они не настоящие гении. Ильмеха [так между собою называли коллеги Илью Михайловича. — АБ.] я никогда не спрашивал об этом.

<...> Но всех остальных великих, которые попадали мне под руку, от Ландау до Андерсона и Гелл-Манна, — я спрашивал: «Скажите, а Вы сами, в глубине души, чувствуете себя дураком?» Не было никого, кто бы не ответил: «Конечно!». Андерсон добавил: «Только дурак не чувствует себя дураком»».

Одним из путеводных для Ильи Михайловича был следующий непререкаемый принцип — каждый должен приложить максимум личных усилий для преодоления возникших трудностей. По воспоминаниям Зои Ионновны, его любимой притчей была такая...

Идет Христос с учениками по дороге и видит яму, у которой суетится крестьянин, пытаясь вытащить упавшего туда мула. Учитель кивнул своим ученикам, и те помогли вытащить мула. Пошли дальше и снова видят яму с упавшим в нее мулом и плачущего крестьянина. Учитель подошел, посмотрел и пошел дальше. Ученики спросили Его: «Учитель, а почему Ты не помог этому крестьянину?». Учитель ответил: «А чему я должен был помочь? Плакать?».

Этому жизненному принципу Лифшиц следовал и при общении со своими учениками. Если кто-то сообщал ему, что решил поставленную задачу, назначал встречу с ним для обсуждения полученного результата уже на завтра. Если же звонивший говорил о возникших у него трудностях, Илья Михайлович приглашал его для консультации на следующую неделю...

Его прозорливость в будущем науки была ошеломляющей. Уже в конце 1960-х годов Лифшиц предрекал, что собственно фундаментальная физика практически себя исчерпала, что впереди нас ждут сенсационные открытия прежде всего в пограничных с ней областях знаний. Сегодня мы видим, насколько оправданным оказался его смелый прогноз!

Свойственная Илье Михайловичу мягкость, доброжелатель-



Встреча со студентами в общежитии МГУ. 1976 г.

ность в общении, о чем уже говорилось выше, не могли, однако, помешать принципиальности в тех обстоятельствах, которые могли затронуть его нравственные позиции. Сдвинуть его в этом случае было невозможно.

Например, Лифшиц наотрез отказывался ставить свою подпись под разного рода коллективными письмами, коими полнилась брежневская эпоха. В частности, под письмами, касавшимися принципов, которые публично защищал академик А.Д.Сахаров, его близкий знакомый. И не только его.

В одну из встреч Илья Михайлович возмущенно рассказывал мне о беспардонном давлении университетских парторганов на академика А.Н.Колмогорова, чьей аспиранткой была Н.Д.Светлова, супруга гонимого властью писателя А.И.Солженицына.

А познакомился я с Лифшицем на почве коллекционирования почтовых марок. Еще не зная его лично, был наслышан о собранной им капитальной коллекции почтовых марок всех европейских стран, в которой имелись немало уникалов — в частности, легендарный «черный пенни», первая марка мира,

появившаяся в Великобритании в 1840 г.

В те далекие 1970-е в Москве популярны были филателистические встречи. Они обычно проходили по выходным дням в каком-нибудь из клубных помещений. Временами посещал их и я и вскоре обратил внимание на человека небольшого роста, с добрым интеллигентным лицом, скромно ходившего по залу с кожаным портфелем в руке. Когда к нему подходили люди, с каждым разговаривал одинаково уважительно, будь он пионер или пенсионер...

Вскоре познакомился с ним и я. Помогло мое специфическое коллекционирование. В те годы, по крайней мере в Москве, я был единственным, кто коллекционировал почтовые марки по теме «Лауреаты Нобелевской премии». Тематика эта, естественно, вызвала у Лифшица особый интерес, и он временами пополнял мои сборы так называемым попутным материалом — почтовыми конвертами, ежегодно приходившими из Стокгольма на его имя как номинатора Нобелевского комитета по физике, и их содержанием — разного рода бланками комитета, выписками из Устава Нобелевского фонда, коими следует руководствоваться номинатору при выдвижении на очередную награду, и т.п.

Иногда, столкнувшись в гардеробе, вместе выходили на улицу и, беседуя, пешком добирались до ближайшей станции ме-

тро. В одну из таких прогулок по Чистопрудному бульвару в сторону станции «Кировская» («Чистые Пруды»), я завел разговор, отчего, по его мнению, так мало наших соотечественников в звездном ряду нобелевских лауреатов по разделам науки; разговор происходил где-то в первой половине 1970-х годов.

Ответил он не сразу, продолжая шагать по заснеженной дорожке: «Вообще-то премию получают вполне достойные люди. Но не могу понять, почему до сих пор не присудили ее Капице. Почти каждый год я выдвигаю его кандидатуру — и все попусту...» Пройдя еще несколько шагов, добавил: «Наверно, дело все же в тех двух статьях, оказавшихся какими-то путями в одном и том же номере “Nature”»*. «Приходилось слышать, — продолжил Илья Михайлович задумчивый монолог, — что Нобелевский комитет оказался перед тяжелой дилеммой. Давать премию всем троим не хотят, считая, что оба английских автора той статьи такой награды не заслуживают, а присудить одному Капице опасаются: обе статьи напечатаны одновременно...»

Теперь-то мы хорошо осведомлены о всех перипетиях этой загадочной истории, случившейся в 1938 г. и приведшей в итоге к той самой публикации. Детальное расследование этой коллизии провел многолетний

референт Петра Леонидовича П.Е.Рубинин (1925—2006). Опубликованная им переписка между Капицей и его английскими корреспондентами позволяют нащупать концы в этой странной истории с появлением обеих публикаций одновременно в одном журнале**.

Во всяком случае Илья Михайлович был совершенно прав, когда за четверть века до статьи Рубинина поведал мне о своей версии тех сложностей, что мешали Нобелевскому комитету рекомендовать Королевской академии наук присудить награду еще в 40—50-х годах (номинаровался Петр Леонидович начиная с 1946 года!).

Нобелевскую премию Капица все-таки получил. Получил спустя 32 года после первой номинации его кандидатуры — в 1978 г., еще при жизни Лифшица. Шведские академики сумели найти такую формулу награждения, которая формально никак не опиралась на статью 1938 г. Высшей награды современности он был удостоен «за фундаментальные изобретения и открытия в области физики низких температур», т.е. за комплекс научных достижений, связанных с теми самыми низкими температурами...

Илья Михайлович прожил недолгую, но яркую жизнь, оставив по себе добрую память и множество учеников и последователей. Мир праху его...■

* *Kapitza P.L.* // *Nature*. 1938. V.141. №3558. P.74; *Allen J.F., Misiner A.D.* // *Ibid.* P.75.

** *Рубинин П.Е.* // *Успехи физ. наук*. 1997. Т.167. №12. С.1349—1360.

Ботаника

ИЛЛЮСТРИРОВАННЫЙ ОПРЕДЕЛИТЕЛЬ РАСТЕНИЙ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ. Под ред. А.Л.Буданцева и Г.П.Яковлева. Худож. О.В.Зайцева. М.: Т-во науч. изд. КМК, 2006. 799 с.

Сегодня создалась довольно необычная ситуация, когда флора Ленинградской обл. с крупнейшим в России (и во всем мире) научным центром — Ботаническим институтом им.В.Л.Комарова РАН — сравнительно хорошо исследована, но не представлена в доступной для широкого круга лиц форме.

Издано новое руководство для определения дикорастущих и наиболее широко культивируемых сосудистых растений Ленинградской обл. В отличие от других «Определителей» и «Флор» уникальность ему придают свыше 3300 оригинальных иллюстраций, которые сопровождают ключи для определенных семейств, родов и видов. Для каждого из них приведены латинское и русское названия, распространение в Ленинградской обл. по административным районам и характерные местообитания. Принятая здесь широкая трактовка трудных для определения видов делает доступным данное руководство не только для профессиональных ботаников, но и для всех любителей природы.

В определитель включены карты-схемы поиска видов, за исключением широко распространенных и известных по единичным находкам, местоположение которых указано в тексте. Карты составлены с учетом коллекционных фондов гербария Ботанического института РАН и кафедры ботаники Санкт-Петербургского государственного университета, а также личных сборов авторов и литературных данных. Помимо информации о распространении растений, карты показывают степень фло-

ристической изученности разных частей области.

Организация науки

РОССИЙСКАЯ НАУКА: МЕЧТА СВЕТЛА. Под ред. В.И.Коновы; Отв. ред. А.В.Бялко. М.: Октопус; «Природа», 2006. 392 с.

В сборнике публикуются победители ежегодного конкурса научно-популярных статей, организованного Российским фондом фундаментальных исследований. Представлены почти все разделы естественных наук: математика и механика, физика и астрономия, биология и медицина, химия, науки о Земле и науки о человеке и обществе. Строгость отбора лауреатов сохраняется из года в год, и содержательность статей-победителей достойна уровня российской науки. Кроме того, более трети статей были опубликованы в «Природе» до конкурса. Редакцией журнала в сотрудничестве с разными издательствами готовились к печати и все предыдущие сборники, которых выпущено уже восемь.

Статьи охватывают широкий круг направлений, но все они вносят вклад в фундаментальную науку. За последние десятилетия потребность тесного взаимодействия фундаментальной и прикладной наук существенно ослабла. Нет сегодня у военных нужды в углублении научного фундамента, нет не только в России, но и на Западе. Мечта — светла: пусть расширится наше знание о природе независимо от военно-промышленного комплекса.

История науки

Н.А.Дмитриев. ИЗБРАННЫЕ ТРУДЫ. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА. МАТЕМАТИКА. Саров: ФГУП «РЯЦ ВНИИЭФ», 2006. 511 с.

Николай Александрович Дмитриев (1924—2000), выдаю-

щийся ученый, — «математик божьей милостью», как называли его друзья, — ставил и разрабатывал проблемы, срочность и важность которых диктовались трудными годами становления СССР как ядерной державы. Среди его коллег — академики Я.Б.Зельдович, А.Д.Сахаров, Ю.Б.Харитон, И.Е.Тамм, Н.Н.Боголюбов.

Круг вопросов, которые решал Дмитриев, охватывает многие области физики и математики: теорию вероятностей, квантовую механику, астрофизику, термодинамику, газодинамику, нейтронную физику, прикладную математику. В сборнике опубликованы его работы по фундаментальным проблемам физики и математики, положившие начало развитию новых направлений в науке, а также методики и решения конкретных задач, возникших при разработке атомного проекта. Оригинальность постановки задач и методов их решения демонстрирует необычность подхода, умение выбрать наиболее четкий и краткий путь, виртуозность владения математическим аппаратом. Многие работы публикуются впервые и могут служить примером для деятельности научных сотрудников следующих поколений.

Особенность подбора материалов для этой книги заключалась в том, что труды Дмитриева пришлось собирать из трех источников. Первый — это открытые публикации. Второй источник — отчеты ВНИИЭФ. Третий — рукописные работы и наброски типа эссе, сохранившиеся в личных архивах Николая Александровича.

Книга предназначена для физиков-теоретиков и математиков, интересующихся развитием квантовой механики, теории вероятностей, прикладной математики, а также для аспирантов и студентов, специализирующихся в этих областях.

История одной защиты

Встречи с забытыми

Б.М.Болотовский,

доктор физико-математических наук
Физический институт им.П.Н.Лебедева
Москва

Началась эта история весной 1972 г. Как обычно в среду, с 10 часов утра до 12, в Физическом институте им.П.Н.Лебедева РАН проходил семинар по теоретической физике под руководством академика В.Л.Гинзбурга. В перерыве ко мне подошел незнакомый молодой человек. На вид ему было лет 25. В руках он держал переплетенный том умеренной толщины. Я подумал, что это, наверное, его диссертация. Так и оказалось. Молодой человек представился: Махлин Александр Натанович, физик-теоретик из Киева. Забегая вперед, скажу, что довольно скоро я стал называть его Сашей.

Кандидатская диссертация была посвящена термодинамике и статистике электромагнитных полей в сплошной среде. Махлин собирался представить ее к защите в Московском физико-техническом институте, на ученом совете факультета общей и прикладной физики. Он обратился ко мне с просьбой выступить оппонентом на его защите.

В то время я набрал столько обязательств, что хронически не успевал платить по векселям и просто не мог взяться еще и за оппонирование.

Саша не настаивал. Он только попросил меня посмотреть диссертацию, и если будут замечания — высказать ему.

За несколько дней я прочел диссертацию Махлина, она мне понравилась, и я даже решил выступить в роли оппонента. Конечно, были у меня и вопросы, и замечания, — так всегда бывает — но общее впечатление

оставалось вполне хорошим. Видно было, что Саша — человек вполне квалифицированный, и написана диссертация была хорошо, и результаты вполне заслуживали присуждения кандидатской степени. Когда мы с ним увиделись во второй раз и обсудили некоторые детали, я ему сказал, что согласен быть оппонентом. Саша меня поблагодарил — он вообще был очень вежливым человеком — и сказал, что теперь у него есть два необходимых для защиты оппонента: Станислав Николаевич Столяров, профессор Физико-технического института, и я. Со Столяровым я был знаком, высоко ценил его как специалиста, и у нас с ним сложились самые дружеские отношения. Его согласие стать оппонентом у Махлина укрепило мое хорошее мнение о диссертации.

Я спросил, какая именно кафедра представила к защите Сашину диссертацию. Он ответил: кафедра квантовой радиопизики. Ею заведовал тогда профессор Георгий Викторович Скроцкий, под его научным руководством Саша и выполнил свою работу.

При обсуждении диссертации мое мнение о высокой квалификации Махлина еще укрепились.

В конце разговора Саша спросил:

— Борис Михайлович, как вы думаете, могу я показать свою диссертацию академику Сахарову?

Мне такое Шашино намерение сначала не понравилось. Я подумал, что для Андрея Дмитриевича вряд ли будет интересна его диссертация, да и самого

Махлина не очень интересует мнение Сахарова, а просто хочется поглядеть на великого человека. А зачем это нужно — отнимать время у Сахарова?

На это Саша ответил, что у Андрея Дмитриевича есть работы, посвященные сильным магнитным полям в веществе. И я тогда вспомнил, что, действительно, есть такие работы, и подумал, что, может быть, некоторые результаты, полученные Махлиным, заинтересуют Сахарова.

Дело в том, что тогда уже очень многие люди обходили Сахарова. Было известно, что те, кто с ним общается, привлекают к себе пристальное внимание КГБ. Андрей Дмитриевич это видел, и мне казалось, что он даже избегает встреч с некоторыми людьми, чтобы не доставлять им излишних неприятностей. Махлин, судя по всему, не придавал никакого значения этому обстоятельству, для него наука была важнее. Во всяком случае, так я его понял и одобрил его намерение рассказать о своей работе Сахарову.

Одного я ему не сказал и потом жалел об этом — что разговаривать с Сахаровым надо было бы в ФИАНе, а домой к нему ходить не следовало. А Саша, как я позднее узнал, пошел к нему домой.

Разговор этот с Махлиным у нас состоялся, если не ошибаюсь, в марте 1972 г. Вскоре Саша уехал из Москвы домой в Киев. Перед отъездом он мне сообщил, что диссертация принята к защите в Московском физико-техническом институте («на Физтехе»), меня утвердили в качестве оппонента и день защи-

ты назначили на вторую половину сентября. Я тогда не знал, состоялась ли у него беседа с Сахаровым.

В конце августа я нашел в своем почтовом ящике автореферат диссертации Махлина и стал готовить официальный отзыв на диссертацию. С этим отзывом я должен был выступить на защите. По существующим правилам полагается представить отзыв оппонента не позднее, чем за две недели до защиты, с тем, чтобы члены ученого совета и диссертант имели достаточно времени для ознакомления.

А в начале сентября позвонил мне из Киева Саша Махлин. В голосе его я уловил явное беспокойство. Обычно это беспокойство вызывается естественными причинами — защита на носу, а отзыва еще нет, надо поторопить оппонента, а то, не дай Бог, защита может сорваться.

Я сразу же попытался успокоить Сашу:

— Здравствуйте, Саша! Я уже и ваш автореферат получил и отзыв почти написал. Так что, не тревожьтесь, все в порядке.

Но оказалось, что он тревожился совсем по другому поводу.

— Борис Михайлович, — сказал он, — я боюсь, что у меня защита сорвется.

— Как сорвется?

— Вы помните, я по вашему совету говорил с академиком Сахаровым?

Тут я подумал про себя, что особого моего совета и не было, это его собственное намерение было такое — поговорить с Андреем Дмитриевичем, а я одобрил. Но не спорить же по телефону, я говорю:

— Помню.

— Так вот, — говорит Саша, — теперь меня за это тягают.

— А что, — спрашиваю, — вы, небось, хвастались перед своими знакомыми, что беседовали с Сахаровым?

— Нет, — говорит, — я никому не рассказывал.

— А кстати, — говорю, — как прошел разговор с Андреем Дмитриевичем?

— Очень хорошо. Андрей Дмитриевич одобрил работу и даже согласился быть оппонентом.

— Прекрасно! Что может быть лучше?

— Я ему сказал, что оппоненты уже утверждены. Тогда он обещал прислать ко дню защиты свой положительный отзыв на автореферат.

— Это тоже очень хорошо. Но за что же вас тягают? Какое дело институтскому начальству до вашей беседы с Сахаровым?

— Так если бы меня тягали к институтскому начальству ...

— А куда же вас тягают?

— Меня в КГБ тягают!

Что тут скажешь? То, что случилось, было по тем временам неизбежно. Приехал человек из Киева в Москву, поговорил с академиком Сахаровым, а затем вернулся домой, но не один, а с «хвостом». Мелькнула у меня в голове поговорка «язык до Киева доведет», но не совсем она подходила к случаю — вроде бы, речь шла не о языке, а о хвосте, хотя эта поговорка какое-то отношение к делу все же имела.

Спрашиваю Сашу:

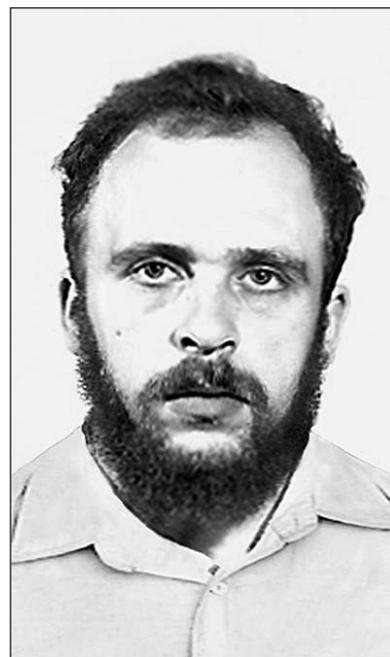
— Что я могу для вас сделать?

— Поговорите, пожалуйста, с Радкевичем, объясните ему положение дел, а то, я думаю, защита сорвется.

Игорь Александрович Радкевич был деканом факультета общей и прикладной физики и председателем Ученого совета, который принял Сашину диссертацию к защите. Я его немного знал.

— Саша, — говорю, — я знаю Радкевича, это осторожный человек. Если я ему расскажу все как есть, то ваша защита уж точно сорвется.

Саша знал Радкевича лучше, чем я. Как студент Физтеха, он слушал лекции Радкевича, сдавал ему экзамены, т.е. знал его не только по учебе, а еще и по контактам, которые неизбежно



А.Н.Махлин.

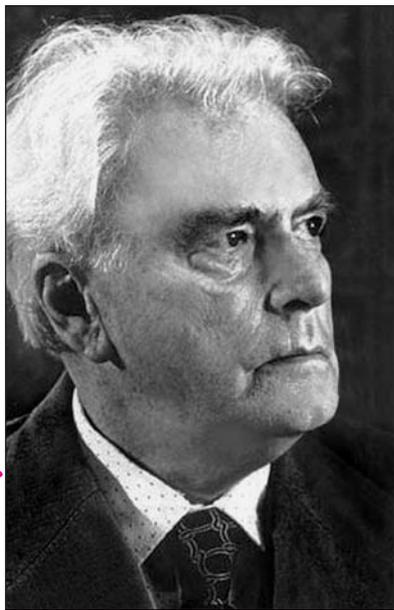
имеют место между студентом и преподавателем (да еще деканом) вне лекционной аудитории. Он не стал настаивать на разговоре. Насколько я знаю, Саша и сам не пытался говорить с деканом, понимая не хуже меня, что пользы от этого не будет. Он только сказал:

— Тогда я прошу вас рассказать обо всем Андрею Дмитриевичу.

— Хорошо, — согласился я, и на этом наш разговор закончился.

А сам думаю: о чем рассказывать Андрею Дмитриевичу? О том, что неизвестно, будет ли защита? Решил пока ничего не говорить.

Подходит день защиты, и выясняется, что защиты не будет. А я уже отзыв написал, на машинке напечатал и заверил в нашей институтской канцелярии — все сделал как полагается. Спрашиваю у знакомых преподавателей факультета: почему отменили защиту Махлина? Никто ничего определенного не знает. Столяров сказал мне, что ходит слух, будто декан говорил примерно такие слова: если



Г.В.Скροцкий.

проводить защиту, то надо оглашать все отзывы о работе, которые прислали в Ученый совет. На диссертацию Махлина пришел среди прочих и отзыв Сахарова, и его тоже надо будет огласить. На защиту, как правило, приходят студенты, и нельзя допустить, чтобы при них зачитывался отзыв, подписанный таким неблагонадежным человеком, как Сахаров. Это противоречило бы задачам идейного воспитания молодежи. Поэтому защиту надо отменить.

Слух этот не соответствовал действительности. Из дальнейшего будет видно, в частности, что отзыв Сахарова не поступал в Ученый совет потому, что не был написан. Говорю об этом здесь, чтобы у читателя было более полное представление о том времени. Никакой информации официальным путем получить я не мог, и даже в голову не приходило попробовать что-то выяснить по официальным каналам, например прямо обратиться к декану. Не так хорошо мы были с ним знакомы, чтобы он мне сказал все как есть. Ничего бы я не узнал. А так уж повелось с незапамятных времен и стало законом, что недостаток

информации восполняется избытком слухов.

Я решил, что теперь уже надо обо всем поставить в известность Андрея Дмитриевича. Его я нашел в конференц-зале (был вторник, семинарский день). Он все выслушал и сказал:

— Я Махлина в лицо не помню. Если вы мне его покажете, то не узнаю. А диссертацию его я запомнил. Хорошая диссертация. Я, действительно, сказал ему, что готов быть оппонентом, а когда узнал, что оппоненты уже имеются, обещал прислать ко дню защиты положительный отзыв на автореферат, но не успел это сделать. У них в Ученом совете нет моего отзыва.

И он с серьезным видом сказал:

— Передайте Радкевичу, что я готов прислать отрицательный отзыв, если это поможет Махлину.

Эта мрачная шутка отражала положение дел. Положительный отзыв Сахарова, чисто научный, уже не имел однозначно положительного значения в глазах некоторых администраторов и обывателей. Огромные знания Андрея Дмитриевича, его высочайший авторитет и безупречное имя в науке отходили на второй план под сильнейшим давлением официальной пропаганды и неофициальных разъяснений. Сахаров — темный человек, он на подозрении у начальства, стало быть, тот, кого он хвалит — тоже человек темный и подозрительный. Неприятности, угрожавшие тем, кого хвалил Сахаров, были вполне реальны. Вот и случай с Махлиным. Всего одна беседа произошла, после чего Сашу до Киева проследили и там стали тягать.

Желая во всем этом разобраться, я позвонил еще профессору Скроцкому. (Он был научным руководителем Саши Махлина и заведовал кафедрой квантовой радиофизики — той самой, которая и представила диссертацию к защите.) Я рассказал ему о том, что слышал, и спросил, правда это или нет.

И вот что он ответил. Примерно за неделю до назначенного дня защиты его вызвал председатель Ученого совета Радкевич. Он говорил со Скроцким довольно сердито и сказал следующее:

— Осталось всего около недели до дня защиты Махлина. Ваша кафедра его диссертацию представила, наш Ученый совет ее принял, а где документы, необходимые для защиты? Я посмотрел личное дело Махлина, там нет копии диплома об окончании вуза, нет характеристики с места работы. Без этих документов, согласно положению о защите, она не может быть проведена. Вы это знаете не хуже меня. Ваша кафедра несет ответственность за подготовку этой защиты. Поскольку вы несерьезно отнеслись к делу, не представили необходимые документы, я вынужден защиту отложить.

Георгий Викторович ему ответил так:

— Игорь Александрович, Махлин приедет послезавтра и привезет с собой все необходимые бумаги. Он же не москвич, в таких случаях всегда так делается. Ко дню защиты все будет на месте — и характеристика, и диплом. Кроме того, Махлин — наш студент. Он закончил наш факультет, слушал ваши лекции, сдавал экзамены. Вы ему вручали диплом. Так что в данном случае нет никаких сомнений в том, что Махлин окончил вуз.

Но Радкевич стоял на своем.

Скроцкий какое-то время еще спорил, но в конце концов понял, что защита все-таки будет отложена. Он смирился с этим неизбежным фактом и только спросил, когда же эта защита состоится. Радкевич ответил:

— Не знаю. У нас очередь на два года, а там посмотрим.

Вот такую информацию я получил из первых рук, и она была неутешительна. Стало ясно, что Махлин не сможет защитить диссертацию в МФТИ, по крайней мере в обозримом будущем.

Стал я думать, где можно было бы организовать защиту Махлина, в каком ученом совете. Первая мысль — не примет ли его работу к защите Ученый совет ФИАНа — того института, где я сам работал. Кто-то должен эту диссертацию представить. Может быть, это сделает наш Теоретический отдел? Я пошел к заведующему отделом академику В.Л.Гинзбургу.

Прочитав диссертацию Махлина, Виталий Лазаревич высказал о ней четкое отрицательное мнение. Если я правильно запомнил, причина была следующая. Тогда среди теоретиков не было согласия в том, как записывается тензор энергии-импульса электромагнитного поля. Некоторые считали, что правильным является выражение, полученное Минковским, а другие предпочитали тензор Абрагама. От того, какое из этих выражений считать правильным, зависел ряд физических следствий. Я не буду подробнее об этом говорить, здесь это не очень существенно. Важно, что Махлин был сторонником тензора Минковского, а Гинзбург — сторонником тензора Абрагама. Ввиду такого несогласия Гинзбург считал, что не может быть и речи о представлении диссертации Махлина к защите от имени Теоретического отдела. Я об этом сообщил Саше. В один из своих приездов в Москву он пытался поговорить с Гинзбургом, чтобы сблизить точки зрения, но тот его и слушать не стал. Я был благодарен Гинзбургу за то, что он потратил время на изучение диссертации Махлина, и очень огорчен тем, что она ему не понравилась. Думаю, что причиной его отказа являлись не только научные разногласия, а еще и вся предыстория, абсурдная, но, увы, реальная. Пытаясь организовать защиту в другом месте, я не подумал, что она могла быть сорвана где угодно и точно таким же образом, как это случилось в МФТИ. Возможно, что Гинзбург понимал это лучше меня и решил да-

же не пробовать. Так или иначе, стало ясно, что в ФИАНе Махлин не сможет защититься. Надо было искать другое место.

Он защитил свою кандидатскую диссертацию только через шесть лет, в 1978 г. За эти годы было предпринято несколько попыток отыскать место для защиты. Все эти попытки по разным причинам провалились. В частности, я говорил о возможности защиты с хорошим человеком и хорошим физиком С.А.Альтшулером. Он работал в Казанском университете и был в то время, если не ошибаюсь, деканом физического факультета и председателем Ученого совета. Семен Александрович был учеником И.Е.Тамма, как и Сахаров. Поэтому, когда Альтшулер приезжал в Москву, то почти всегда навещал и Теоретический отдел, где в свое время провел несколько лет. В один из таких визитов я ему рассказал всю историю и спросил, нельзя ли принять диссертацию Саши Махлина к защите в Казани. Семен Александрович отнесся к этой просьбе участливо, попросил диссертацию для ознакомления. Она ему понравилась, и у меня возникла надежда, что Казанский университет примет ее к защите. Однако вскоре Семен Александрович сообщил, что возникли трудности. Дело в том, что Саша Махлин работал в Киеве, а там многие научно-исследовательские институты и высшие учебные заведения имеют ученые советы, которые могут присуждать ученую степень кандидата физико-математических наук. Надо было объяснить, и объяснить убедительно, почему физик из Киева едет в Казань для защиты диссертации, хотя в своем родном городе он может это сделать во многих местах. Как я понял, такого объяснения просили те члены Ученого совета, которым Семен Александрович показывал диссертацию Махлина.

К сожалению, я не мог дать удовлетворительного объяснения, такого, которое не обеспе-



С.Н.Столяров.

чило бы по крайней мере некоторых членов Ученого совета в Казани. На Физтехе в Москве Махлин мог защищаться, так как он был выпускник этого института и там же работал его научный руководитель. Но защита на Физтехе сорвалась, и этот факт тоже надо было как-то объяснить. Правда у многих могла вызывать панику. Еще бы, ведь речь шла о сообщнике академика Сахарова. Такова точка зрения Органов, и надо было с этим считаться. Даже те, кто знал лично Андрея Дмитриевича и относился с уважением к его достижениям в физике, даже такие люди в большинстве своем боялись заявить об этом вслух, а о том, чтобы предпринять действия, которые могли бы быть истолкованы как поддержка Сахарова, хотя бы и косвенная, — об этом не могло быть и речи. От защиты в Казани тоже пришлось отказаться. Тем не менее я был благодарен Альтшулеру.

Сахаров знал обо всем этом и как мог старался помочь. В конце 1972 г. он через меня передал Саше, чтобы тот связался с академиком Б.Б.Кадомцевым. Андрей Дмитриевич говорил с ним о Махлине, передал диссертацию и просил помощи в организации защиты.



А.Д.Сахаров.

Кадомцев обещал узнать, что можно сделать. Саша встретился с Борисом Борисовичем, рассказал о своей работе и ответил на возникшие у Кадомцева вопросы.

— Он у меня спросил даже, какая была девичья фамилия у моей жены, — рассказывал мне Саша об этой встрече. — Вы не знаете, зачем ему понадобилась ее девичья фамилия?

— Не знаю, не могу сказать, — ответил я. — А какая у Любы девичья фамилия?

— Беркович.

— Вы Кадомцеву сказали?

— Сказал.

— Ну и хорошо.

К сожалению, усилия Кадомцева не увенчались успехом — он не смог помочь в защите этой диссертации.

Тут я хочу сделать небольшое отступление. Речь шла не о том, чтобы, как говорят, протолкнуть слабую работу. У Саши была вполне хорошая добротаче-

венная диссертация. Надо было только найти такой Ученый совет, который не побоялся бы принять эту диссертацию к защите и сделать все, что положено, для присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук. Но вот осуществить это оказалось очень трудным делом.

В конце концов весной 1978 г. Махлин успешно защитил диссертацию в Харьковском университете, на Ученом совете радиофизического факультета. Я благодарен академику УССР В.П.Шестопалову и декану О.А.Третьякову за то, что они добродетельно отнеслись к моей просьбе. А состоялась она в том, чтобы выслушать доклад Махлина, ознакомиться с его диссертацией и, если они сочтут возможным, принять ее к защите. Для них главной была научная составляющая. Об остальном они не спрашивали. Впрочем, вполне вероятно, что к тому времени работники КГБ потеряли интерес к Саше. Все-таки шесть лет прошло.

Во второй раз меня утвердили оппонентом по диссертации Махлина, и уж тут я смог выступить — защита состоялась. Вместе со мной на защиту в Харьков приехал и Г.В.Скроцкий — Сашин научный руководитель. Он не обязан был присутствовать, но в течение всех этих шести лет сочувствовал своему подопечному, переживал его злоключения, и присутствие на защите было естественным выражением его отношения к Саше.

После успешного окончания защиты мы собрались в гостинице «Харьков» в номере Махлина. Там были его отец, жена, Скроцкий, другие оппоненты, и я в том числе. Конечно, не полагается оппонентам после защиты праздновать вместе с диссертантом, но уж очень долгой и необычной была вся эта история.

Первый тост Георгий Викторович поднял за Сашу, за его здоровье и дальнейшие успехи.

Все дружно выпили, и некоторое время стояла тишина — закусьвали. Встал виновник торжества:

— Когда мне казалось, что я уже закончил свою диссертацию, — сказал он, — мне выпало счастье обсудить ее с...

Тут я его перебил. Я понял, что Саша сейчас произнесет фамилию Сахарова, а я этого очень боялся. Черт его знает, может быть, нас подслушивали. В те годы рассказывали такой анекдот. Приехал постоялец в гостиницу, вошел в свой номер, поставил чемодан на пол и громко сказал:

— Даю техническую пробу. Раз, два, три, четыре, пять. Как слышите?

А голос из-за вентиляционной решетки ему ответил:

— Вас слышу хорошо.

Возможно, что страхи были напрасны, но я об этом пишу потому, что все мы так жили: прежде, чем что-нибудь сказать, оглядывались, и если ничего подозрительного не замечали, то говорили все же шепотом. Так или иначе, но я Сашу перебил, не дал ему назвать Сахарова:

— Я знаю человека, о котором говорит Саша. Это — Столяров.

Скроцкий одобрительно кивнул, а Саша сначала в изумлении уставился на меня, но потом взял себя в руки и продолжал:

— Я думал, что уже закончил свою работу, но этот человек указал мне такие возможности, что я совершенно иначе стал смотреть на то, что сделал. И я понял, что еще надо сделать и как. Поэтому второй вариант моей диссертации получился гораздо лучше первого. Предлагаю выпить за этого человека.

Пили стоя.

От этой истории у меня остались две Сашины кандидатские диссертации — одна напечатанная в 1972 г., а другая в 1978-м — и два автореферата.

Приехал я из Харькова после защиты, встретил Андрея Дмитриевича и сообщил ему, что Саша успешно защитился. Сахаров

ничего не сказал, только улыбнулся. А улыбка у него была замечательная — мягкая, добрая и дружественная.

Немного позднее я узнал, что интерес КГБ к Махлину все-таки имел объяснение. Дело в том, что Саша состоял в дружеских отношениях с Семеном Глузманом — киевским психиатром, который выступил против применения особых мер психиатрии для репрессированных инкомыслящих. Глузмана арестовали, возбудили уголовное дело и приговорили к семи годам заключения и трем годам ссылки. Подозревали, что в разговоре с Сахаровым Саша не ограничился чисто физическими вопросами, а рассказал и про Глузмана. Так оно, возможно, и было. Ну и что? Почему нельзя было об этом говорить? И тогда, в 1972-м, любому разумному человеку было трудно понять, почему нельзя упоминать о судьбе несправедливо осужденных. Но, как говорится, если тебя сбил автомобиль, нет никакого утешения в том, что движение относительно.

Через несколько месяцев после защиты в Москву приехала Сашина жена и привезла письмо от Глузмана, адресованное Сахарову. Глузман в то время отбывал наказание. Прямо передать письмо Махлины не рискнули. По их просьбе это сделал я, не зная о том, что там написано. Это был лист бумаги, сложен-

ный во много раз и плотно скатанный, размером с огрызок карандаша длиной в 2—3 см.

На следующий день я встретил Андрея Дмитриевича в ФИАНе и попросил его зайти в мою комнату. Я сказал, что хочу подарить ему книгу «Монополь Дирака». Это был сборник переводов, куда вошли работы иностранных авторов, посвященные проблеме монополя. Частица с таким названием была еще в 30-е годы предсказана великим английским физиком П.Дираком, но до сих пор не обнаружена. Вступительную статью к этой книге написали Ю.Д.Усачев и я.

Андрей Дмитриевич зашел ко мне, взял книгу, поблагодарил, а потом сказал:

— Самое интересное в проблеме монополя состоит в том, что эта частица до сих пор не найдена, хотя сомнений в ее существовании становится все меньше.

Мы поговорили, а потом я молча протянул ему маленький сверточек с письмом, а на отдельном листочке бумаги большими буквами объяснил: «ОТ ГЛУЗМАНА». Андрей Дмитриевич воскликнул: «А! А! А!» и тут же стал разворачивать письмо. Развернул, но читать не стал, сунул в карман и молча вышел. Листок со словами ОТ ГЛУЗМАНА я сразу же уничтожил.

Где-то в воспоминаниях Сахарова я прочел, что приблизи-

тельно в то самое время, о котором идет речь в этой истории, он получил от Глузмана письмо, в котором тот давал советы диссидентам, как себя вести на психиатрической экспертизе, чтобы не попасть в душевнобольные. Возможно, это самое письмо я и передал.

В 1998 г. я встретился с доктором Глузманом. Это произошло на съемках телепередачи «Старая квартира». Глузман там вспоминал о том, как он выступил в защиту генерала Петра Григоренко, который за свои высказывания по общественным вопросам, противоречившие официальному установкам, был помещен в сумасшедший дом. В перерыве я подошел к доктору, представился и сказал, что это через меня Махлин передал его письмо Сахарову. Глузман со мной не согласился:

— Мое письмо передал Владимир Буковский.

Возможно, в свое время Саша ему говорил, кто передал письмо, и называл мою фамилию. Но Глузман никакого Болотовского не знал, а фамилия созвучна с фамилией «Буковский», которую Глузман знал — ведь Владимир Буковский хорошо известен как правозащитник. Вот он и принял Болотовского за Буковского.

Саша Махлин теперь живет и профессорствует в США. Мы изредка обмениваемся весточками. ■

Правила для авторов

Журнал «Природа» публикует работы по всем разделам естествознания: результаты оригинальных экспериментальных исследований; проблемные и обзорные статьи; научные сообщения и краткие рефераты наиболее примечательных статей из научных журналов мира; рецензии; персоналии; материалы и документы по истории естественных наук. Поскольку статьи адресуются неспециалистам, желающим знать, что происходит в смежных областях науки, суть проблемы необходимо излагать ясно и просто, избегая узкопрофессиональных терминов и математически сложных выражений. Авторами могут быть специалисты, работающие в том направлении, тема которого раскрывается в статье. Без предварительной апробации научным сообществом статьи не принимаются, а принятые к публикации в «Природе» рецензируют-

ся и проходят редакционную подготовку.

Допустимый объем статьи — до 30 тыс. знаков (с пробелами). В редакцию статьи можно прислать по электронной почте прикрепленными файлами или на любом из следующих носителей: компакт-дисках CD-R или CD-RW; дисках DVD+R или DVD+RW; дисках Zip 100 Mb; на устройствах, поддерживающих USB. Для сжатых файлов необходимо представить свой архиватор. Самораспаковывающиеся архивированные файлы не принимаются.

Текст статьи, внутри которого библиографические ссылки нумеруются по мере цитирования, аннотация (на русском и английском языках), таблицы, список литературы и подписи к иллюстрациям оформляются одним файлом в формате MS с расширением doc, txt или rtf. Иллюстрации присылаются отдельными файлами. Если пере-

сылаемый материал велик по объему, следует архивировать его в формат ZIP или RAR.

Принимаются растровые изображения в форматах: EPS или TIFF — без LZW-компрессии. Цветные и полутоновые изображения должны иметь разрешение не ниже 300 dpi, черно-белые (B/W, Bitmap) — не менее 800 dpi. Принимаются векторные изображения в формате COREL DRAW CDR (версии 9.0—11.0) и Adobe Illustrator EPS (версий 5.0—8.0).

Редакция высылает автору статью для согласования только в виде корректуры. Все авторские исправления необходимо выделять цветом, курсивом, полужирным шрифтом и т.д. и не трогать формулы и специальные символы (греческие буквы, математические знаки и т.п.), в которых ошибки не допущены.

Поступление статьи в редакцию подтверждает полное согласие автора с правилами журнала.

Над номером работали

Ответственный секретарь
Е.А.КУДРЯШОВА

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
С.В.ЧУДОВ

Художественный редактор
Т.К.ТАКТАШОВА

Заведующая редакцией
И.Ф.АЛЕКСАНДРОВА

Младший редактор
Г.С.ДОРОХОВА

Перевод:
С.В.ЧУДОВ

Набор:
Е.Е.ЖУКОВА

Корректоры:
В.А.ЕРМОЛАЕВА
М.В.КУТКИНА

Графика, верстка:
А.В.АЛЕКСАНДРОВА

Свидетельство о регистрации
№1202 от 13.12.90

Учредитель:
Российская академия наук,
президиум
Адрес издателя: 117997,
Москва, Профсоюзная, 90

Адрес редакции: 119049,
Москва, Мароновский пер., 26
Тел.: 238-24-56, 238-25-77
Факс: (095) 238-24-56
E-mail: priroda@naukaran.ru

Подписано в печать 14.06.2007
Формат 60×88 1/8
Офсетная печать, усл. печ. л. 10,32,
усл. кр.-отт. 67,8 тыс., уч.-изд. л. 12,2
Заказ 318
Набрано и сверстано в редакции

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