

ПРИРОДА

1 06



В НОМЕРЕ:

- 3** **Киселев С.Л.**
Гены и геновая терапия
Сегодня в мире проводится множество клинических испытаний геновой терапии различных заболеваний, в том числе и исследований по вакцинотерапии опухолей. В России такая вакцина впервые была испытана в 2001 г.

- 11** **Золотухин И.В., Калинин Ю.Е., Ситников А.В.**
Нанокompозитные структуры на пути в наноэлектронику
Композитные структуры, состоящие из наночастиц металла в матрице другого материала, обладают рядом перспективных качеств. Они достаточно стабильны, их электрическое сопротивление можно менять в широких пределах, а на основе свойственного им гигантского магниторезистивного эффекта уже разрабатываются электронные устройства.

Научные сообщения

- 20** **Свиточ А.А.**
Всемирный потоп и великая хвалынская трансгрессия Каспия
Басов И.А.
Мониторинг потока флюидов в зонах субдукции
205-й рейс «ДЖОИДЕС Резолюшн» (41)

- 25** **Трофимова Е.В.**
Путешествие по карстовым пещерам Франции
В этой стране множество карстовых пещер научились использовать в разных целях — научных, просветительских, хозяйственных и спортивных, постоянно следить за их состоянием и бережно охранять.

Вести из экспедиций

- 34** **Гусьяков В.К., Пинегина Т.К., Салтыков В.А.**
Экспедиция ЮНЕСКО по следам индонезийской катастрофы 2004 года
К годовщине землетрясения у берегов Суматры

Заметки и наблюдения

- 43** **Шарков А.А.**
Золотые скульптуры Мангышлака

Наследие

- 47** **«МАТЕМАТИКА ДЛЯ МЕНЯ — ЭТО КЛЮЧ К МИРОВОЗЗРЕНИЮ»**

Флоренский П.В.**Студенческая жизнь П.А.Флоренского (48)****Фрагмент переписки студенческих лет (53)**

- 66** **ЛАУРЕАТЫ НОБЕЛЕВСКОЙ ПРЕМИИ 2005 ГОДА**

Манько В.И., Губин М.А., Колачевский Н.Н.**По физике — Р.Глаубер, Дж.Холл, Т.Хэнш (66)****Левицкий М.М.****По химии — И.Шовен, Р.Граббс и Р.Шрок (71)****Жуховицкий В.Г.****По физиологии или медицине — Б.Маршалл и Р.Уоррен (74)**

- 78** **Новости науки**

Глобальное распространение южноазиатского цунами (78). Хемокоммуникация у насекомых. **Петров П.Н.** (79). Сверхскопление молодых звезд в Млечном Пути. **Сурдин В.Г.** (79). Размер Туманности Андромеды недооценен в три раза (81). Расцвели углеродные наноцветы (82). Генофонд кустарниковой улитки в Московском регионе. **Макеева В.М., Малюченко О.П., Белоконов М.М.** (82). Как коала выбирают дерево для кормежки (82). Живучий воробей Парижа (83). Преимущества полового размножения. **Еськова А.К.** (83). Поврежденная жуками кукуруза зовет на помощь нематод. **Гиляров А.М.** (84). Сохранить леса бассейна реки Конго (84). Из неволи на свободу (84). Новый тип судна-буя (85). Города, климат, экология. **Померанец К.С.** (85). «Прекрасная дама» XV века вновь в центре внимания. **Панова Т.Д.** (86).
Коротко (10, 40)

Рецензии

- 87** **Кетлинский С.А.**
В.М.Дильман — один из творцов интегральной медицины

- 90** **Новые книги**

В конце номера

- 93** **Трубников Б.А.**
Месяц в Поленово

CONTENTS:**3 Kiselev S.L.****Genes and Genetic Therapy**

Today a host of clinical trials for genetic therapy of different diseases are carried out all over the world, including studies on vaccine therapy of tumors. In Russia such vaccine was first tested in 2001.

11 Zolotukhin I.V., Kalinin Yu. E., Sitnikov A.V.**Nanocomposite Structures Are Heading Toward Nanoelectronics**

Composite structures containing nanoparticles of metal embedded in matrix of another material possess a number of promising properties. They are sufficiently stable, their electrical conductivity can be made wide-ranging, and electronic devices are already developed on the basis of gigantic magnetoresistive effect peculiar to them.

Scientific Communications**20 Svitoch A.A.****The Flood and the Great Khvalynsk Transgression of Caspian Sea****Basov I.A.****Monitoring of Fluid Fluxes in Subduction Zones**

205th Expedition of JOIDES Resolution (41)

25 Trofimova E.V.**A Journey to Karst Caves of France**

In this country they have learned how to use a host of karst caves to different ends — scientific, educational, economic and sporting ones, to watch over and protect them with care.

News From Expeditions**34 Gusakov V.K., Pinegina T.K., Saltykov V.A.****UNESCO Expedition in the Tracks of Indonesian Catastrophe of 2004**

To Anniversary of Near-Sumatra Earthquake

Notes and Observations**43 Sharkov A.A.****Aeolian Sculptures of Mangyshlak****Heritage****47 «MATHEMATICS FOR ME IS A KEY TO WORLD VIEW»****Florensky P.V.****Student Years of P.A. Florensky (48)****Fragments from Correspondence (53)****66 NOBEL PRIZE WINNERS OF 2005****Manko V.I., Gubin M.A., Kolachevsky N.N.****In Physics: R.Glauber, J.Hall and T.Hänsch (66)****Levitsky M.M.****In Chemistry: Y.Chauvin, R.Grubbs and R.Schrock (71)****Zhukhovitsky V.G.****In Physiology or Medicine: B.Marshall and R.Warren (74)****78****Scientific News**

Global Reach of South-Asian Tsunami (78). Chemical Communication in Insects. **Petrov P.N.** (79). Supercluster of Young Stars in Milky Way. **Surdin V.G.** (79). Size of Andromeda Nebula Is Underestimated Threefold (81). Carbon Nanoflowers in Bloom (82). Gene Pool of Bush Snail in Moscow Region. **Makeeva V.M., Maluchenko O.P., Belokon M.M.** (82). How Koala Choose a Tree for Feeding (82). Hardy Parisian Sparrow (83). Advantages of Sexual Reproduction. **Eskova A.K.** (83). Maize Damaged by Bugs Calls Nematodes for Help. **Ghilyarov A.M.** (84). To Preserve Kongo Basin Forests (84). From Captivity to Freedom (84). A New Type of Buoy-Ship (85). Cities, Climate, Ecology. **Pomeranets K.S.** (85). «Beautiful Lady» of 15 Century Is in the Centre of Attention Again. **Panova T.D.** (86).
In Brief (10, 40)

Book Reviews**87 Ketlinsky S.A.****V.M.Dilman — One of Creators of Integral Medicine****90****New Books****End of Issue****93 Trubnikov B.A.****A Month in Polenovo**

Гены и генная терапия

С.Л.Киселев

Несколько лет назад на уровне глав государств, как великое достижение человечества, было всемирно заявлено о прочтении первичной последовательности генома человека, включающей предположительно порядка 30–40 тыс. генов. Что же такое ген, для чего он нужен в организме и почему его можно использовать как терапевтическое средство?

Существование единицы наследственности, т.е. некоей условной единицы, которая определяет передачу того или иного признака от родителей к детям, предсказал еще в позапрошлом веке Грегор Мендель. Скрупулезно наблюдая за горохом в ряду поколений, он вывел свои знаменитые законы. В первой половине прошлого, XX в., эти законы развил Томас Морган. Для целого поколения российских ученых менделизм-морганизм означал клеймо, за которое либо ссылали, либо просто заставляли отречься от своих убеждений. Ко второй половине XX в. стало более или менее понятно, что представляет собой единица наследственной информации. Ее материальный носитель, ДНК (дезоксирибонуклеиновая кислота), находящаяся в ядре клетки, служит некоей матрицей, позволяющей



Сергей Львович Киселев, доктор биологических наук, профессор, заведующий лабораторией молекулярной генетики рака Института биологии гена РАН. Область научных интересов — молекулярная генетика и иммуногенетика рака, врожденная защита организма, вакцинотерапия рака, генная терапия, механизмы злокачественной трансформации клетки, эмбриональные стволовые клетки человека, механизмы злокачественной трансформации и самоподдержания стволовых клеток.

благодаря заложенной в ней программе существовать всему живому, от вирусов до человека. Эта возможность реализуется через два универсальных механизма, заложенных в структуре и коде ДНК: репликации и транскрипции. Репликация — процесс воспроизводства: цепи двуцепочечной молекулы комплементарны, благодаря чему она сама достраивает себя и таким образом обеспечивается идентичность. В ходе транскрипции с одной цепи синтезируется рибонуклеиновая кислота (РНК), с которой уже считываются функциональные белки, из которых построено все живое.

Зачем такой сложный механизм? Поскольку уникальная последовательность всех нуклеотидов — кирпичиков ДНК — невероятно большая (несколько миллиардов нуклеотидов), копирование такого количества невозможно без неких ошибок. Одни устраняются в ходе синтеза ДНК (репарация), другие на этапе синтеза РНК, третьи при синтезе белков. Однако система не совершенна, и случаются ошибки, которые дают начало мутациям. Одни из них — вредные, могут приводить к преждевременной гибели организма, другие — положительные, дают ему некие

© Киселев С.Л., 2006

преимущества, а третьи — безразличны в пределах некоего периода времени.

Известно, что почти все заболевания так или иначе связаны с нарушением работы генов, т.е. с негативными мутациями. И генная терапия как один из подходов молекулярной медицины направлена на то, чтобы так или иначе восстановить контроль за работой и функцией гена. В одних случаях, когда больные клетки потеряли функцию какого-либо гена, ее необходимо восстановить. Осуществляется это путем физического переноса гена в организм и далее в клетку. В других случаях, когда болезнь вызывается избыточной функцией, не свойственной нормальной клетке (например, при раке или инфекционных заболеваниях), работу гена надо подавить.

Принципиальное отличие генной терапии от любой другой в том, что она направлена на устранение не симптомов заболевания, а его первопричины. В недалеком будущем благодаря созданию генетической карты каждого отдельного человека можно будет предсказать, а, значит, и предотвратить вероятную предрасположенность к заболеваниям. Некоторые из них уже сегодня могут служить объектом генной терапии (табл.1).

Составляющие генной терапии

Прошло 15 лет с того момента, когда начались испытания генного воздействия на детей с дефектом гена фермента аденозиндезаминазы (ADA). В организм вводили аденовирус, который кодировал недостающий фермент. Вирус проникал в клетки, и тогда генетически модифицированные клетки синтезировали аденозиндезаминазу. Такая терапия позволила почти втрое сократить лекарственное лечение, стоимость которого составляла 60 тыс. долл. в год.

В настоящее время в мире проводится множество клинических испытаний по генной терапии тех или иных заболеваний (рис.1). За прошедшие годы генная терапия испытала целый ряд подъемов и падений, которые были вызваны широко разрекламированными, но не оправдавшимися ожиданиями. Это связано в первую очередь с тем, что коммерциализация и применение технологий стали опережать процесс познания законов природы. Развитие генной терапии можно сравнить с эволюцией биотехнологии, которая в начале 80-х находилась в глубочайшем кризисе, а теперь занимает ведущее положение наравне с информатикой.

Сегодня существует два типа генно-терапевтического воздействия: *ex vivo* и *in vivo*, но в любом случае это воздействие оказывается на соматические клетки, а не на клетки зародышевого пути. В случае *ex vivo* подход индивидуализирован: генно-инженерные манипуляции сначала проводят с клетками пациента *in vitro*, потом уже эти генетически обработанные клетки попадают обратно в организм. В случае *in vivo* ген вводят в организм пациента в составе векторной молекулы.

До настоящего времени все клинические исследования сфокусированы на внесении дополнительных генов, а не на коррекции существующих или на их замещении, что значительно сложнее. Но в любом случае ген необходимо доставить во все, в любые или в какие-либо определенные типы клеток и тканей. Отсюда следует два важных вывода. Во-первых, неотъемлемость генной терапии от Т-клеток и, как следствие, отсутствие генной терапии как таковой, а реальное существование генно-клеточной терапии. Оба эти термина мы в дальнейшем будем отождествлять. Во-вторых, как и для любого вида лекарственной терапии, основной проблемой остается доставка действующего начала (в нашем случае гена) в нужное место и с высокой эффективностью. Транспортировка и проявление нужного гена в клетке обеспечивает вектор, к которому «прикрепляются» гены или их фрагменты. Вектор — широкое понятие: это общее название «транспортного средства» для целенаправленной доставки того или иного вещества, и не только гена, а любых, даже таких традиционных лекарств, как аналгина или аспирина. Лекарственный препарат, попадающий в организм, как правило, традиционным путем, действует почти на все клетки, а надо подействовать или на определенную группу клеток, или даже на участок генома, специфичный для опреде-

Таблица

Моногенные заболевания	Мукополисахаридоз Наследственная гиперхолестеринемия Гемофилия В (factor IX deficiency) Хронический грануломатоз
Онкологические заболевания	Меланома Рак простаты Лейкозы и др.
Инфекционные заболевания	СПИД Эпштейн—Барр и цитомегаловирусная инфекции
Сосудистые заболевания	Склероз коронарных артерий Склероз периферических артерий Атеросклероз вен нижних конечностей с трофическими язвами
Другие	Тромбофлебит Неспецифический язвенный колит Боковой амиотрофический склероз Ревматоидный артрит Болезнь Альцгеймера

ленной группы клеток. С другой стороны, транспортируемое вещество необходимо «защитить» от повреждений. Сегодня самая большая проблема медицины, которую пытаются решить десятки биотехнологических компаний, — направленная, т.е. векторная доставка и ее эффективность.

Для генной терапии векторы бывают либо синтетическими (основаны на полимерных материалах, например липосомах), либо «натуральными», т.е. природного происхождения (чаще всего это вирусы или плазмиды). Вирусы, применяемые здесь в качестве векторов, лишены своих вредоносных свойств и практически безопасны для человека. Но, к сожалению, реально возможна недоработка в технологии. Тому есть примеры, ставшие одной из основных причин временного спада интереса к этому направлению медицины. Так, в конце 90-х была зафиксирована смерть от генной терапии, когда вектором служил аденовирус. На самом деле смерть вызвал не вектор, а превышение дозы, определенной протоколом исследования, а также недоработка технологии, в результате чего произошла интоксикация организма пациента из-за его повышенной чувствительности. Но здесь скорее виноват человеческий фактор, потому что индивидуальные реакции организма часто непредсказуемы. Известно, что в мире от предоперационного наркоза ежегодно гибнут или остаются полными инвалидами примерно 40 тыс. человек. И с этим пока ничего сделать нельзя.

В 2002 г. проявились осложнения в ходе другого клинического исследования. Речь идет о так называемой ОКИН (острой комбинированной иммунной недостаточности) — тяжелой врожденной патологии, при которой новорожденного ребенка немедленно помещают в специальную стерильную камеру, поскольку любой микроорганизм

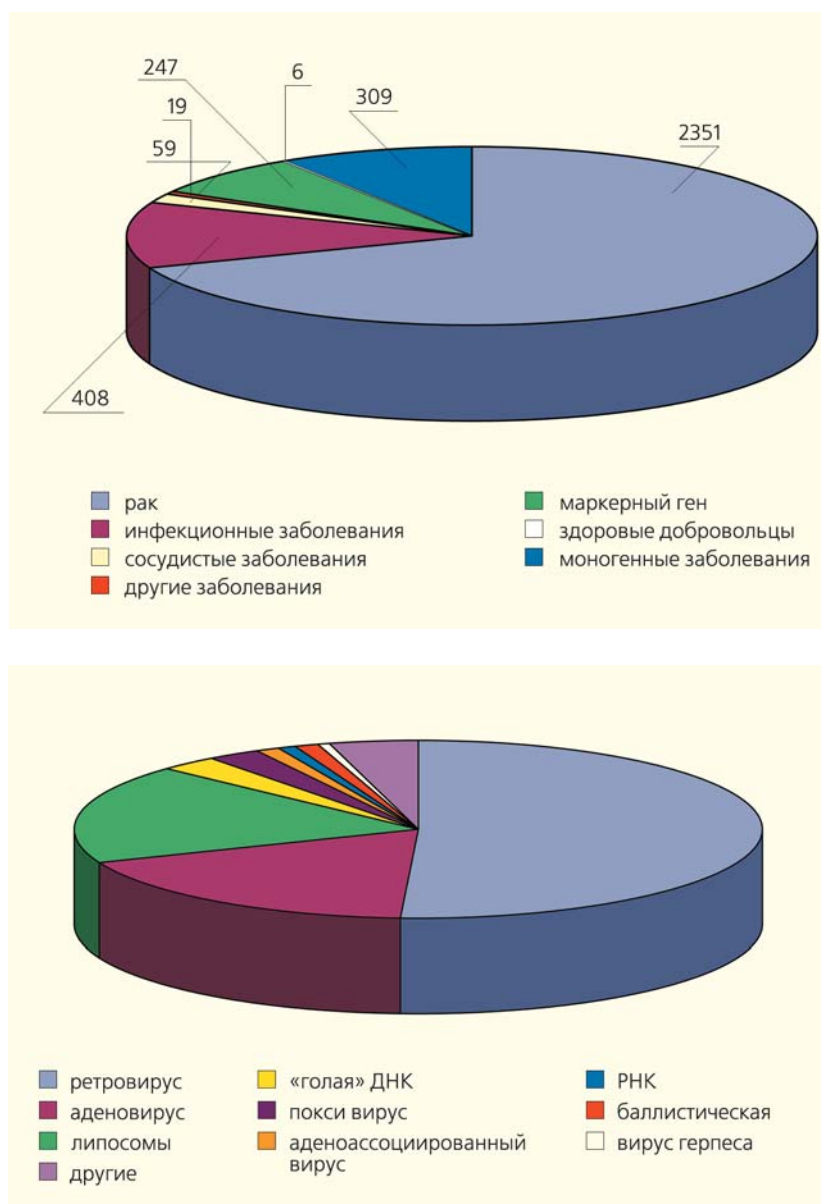


Рис. 1. Диаграммы количественного распределения пациентов по типам заболеваний (вверху) и по типу использования векторов.

для него смертельно опасен. Такие дети редко доживают до своего первого дня рождения, а стоимость поддержания их жизни очень высока. Во Франции проводятся клинические испытания метода генной терапии при лечении ОКИН. После коррекции гена удавалось практически полностью восстановить иммунную систему. Но сначала у одного ребенка, а потом еще у одного началась лейке-

мия. Это случилось из-за того, что ретровирус, примененный в качестве вектора, встроился в определенное место клеточного генома и нарушил работу других генов. Исследования хотели прекратить, но по требованию родителей их продолжили. Почему? Ответ простой: для таких больных нет других методов лечения. Даже в барокамере их продолжительность жизни — несколько лет. Подобная тера-

пия дает им возможность жить намного дольше и полноценно, а лейкемия, особенно в детском возрасте, хорошо поддается химиотерапевтическому лечению. Грубо говоря, из двух зол выбирают наименьшее. Кроме этого, необходимо помнить слова Парацельса: «Яд — это всего лишь вопрос дозы». Завышенная доза ретровирусного вектора нарушает работу других генов. А подбор эффективной терапевтической дозы, не имеющей негативных последствий, и есть одна из важнейших задач как доклинического исследования, так и клинических испытаний.

Другие векторные молекулы проникают в клетки организма с меньшей эффективностью, но одновременно и более безопасны. Совсем недавно в сотрудничестве с Научно-исследовательским центром сердечно-сосудистой хирургии им.Бакулева нашей лабораторией была продемонстрирована эффективность использования нативной, или так называемой «голой» плазмидной ДНК, кодирующей стимулятор роста сосудов — васкулярный фактор роста эндотелия (VEGF). Испытания проводились на пациентах с периферической ишемией, у которых нарушено кровоснабжение тканей. Если стимулировать рост сосудов, ишемия отступит, восстановится нормальная ткань и кровоснабжение. Полученные результаты оказались замечательными: у всех пациентов, включая тех, кому грозила ампутация, наблюдался долговременный и сильный эффект. Применение подобной терапии у пациентов с ишемией сердца на настоящий момент подтверждает эффективность метода.

Терапия опухолей

Не секрет, что, несмотря на существенное улучшение методов борьбы с опухолями, онкологические заболевания продолжают оставаться одной из

основных причин смертности. По данным Национального ракового института США, за последнее десятилетие смертность от рака снизилась на 15–17%, но одновременно с этим встречаемость заболевания увеличилась на 50%. Похоже, что эффективность традиционных методов лечения рака достигла своего максимума. Необходимо искать принципиально новые подходы к терапии опухолей. Достижения современной молекулярной биологии и генетики позволяют надеяться, что такие средства будут найдены.

В настоящее время молекулярно-генетические принципы возникновения опухолей в основном понятны. Открыта и охарактеризована большая группа онкогенов, мутации в которых приводят к их повышенной экспрессии и, как следствие, к злокачественной трансформации клеток. Другая группа генов, обозначаемых как гены-супрессоры опухолей, кодируют белки, подавляющие клеточный рост. Инактивация таких генов также способствует превращению нормальной клетки в опухолевую. Наконец, выявлено большое число генов, изменения в которых всегда ведут к перерождению первичной, относительно доброкачественной опухоли. Ее клетки становятся злокачественными, способными к инвазивному, деструктивному росту и метастазированию, т.е. переносу и росту в новых местах. Более того, трансформированные клетки могут атаковать и уничтожить нормальные клетки организма.

Хотя мы узнали очень много о механизмах возникновения рака, это не привело к немедленному решению проблемы рака, т.е. к разработке методов его лечения. Одна из причин — разнообразие генетических изменений, вызывающих рак. Более того, в одной опухоли могут присутствовать клетки с разными генетическими портретами, которые выражаются в виде опухолевых антигенов. Другая

причина — невозможность вызвать генетические изменения абсолютно во всех опухолевых клетках так, чтобы подавить их рост. Наконец, третья причина — это высокая пластичность опухолевых клеток, их способность накапливать мутации, сохраняя жизнеспособность. В результате некоторым клеткам удается избежать гибели, и они снова дают рост опухоли.

Таким образом, современные подходы к генной терапии опухолей основаны, во-первых, на нормализации работы мутировавшего гена (онкогена или гена-супрессора) и, во-вторых, на обучении иммунной системы организма распознавать опухолевые антигены и активировать противоопухолевый иммунный ответ.

К первому относятся попытки подавить работу наиболее часто активируемых онкогенов, например, онкогена *ras*, или, наоборот, вызвать образование нормального продукта гена-супрессора опухолей, например, белка p53. В частности, заражение опухолей вирусами, синтезирующими нормальный белок p53, останавливает развитие опухоли, хотя и не приводит к полному излечению.

Здесь мы подходим к основополагающей проблеме любой неинвазивной терапии. Ведь если мы инфицируем вирусным вектором целый организм, то и нормальные клетки заражаются вирусом, который будет всегда либо синтезировать нормальный белок p53, либо инактивировать экспрессию гена *ras*. И то и другое может иметь негативные последствия для нормальной клетки. Значит, повысить эффективность воздействия и снизить негативные эффекты может только направленная или адресная доставка терапевтического средства. Работы в данном направлении интенсивно ведутся, но каких-либо существенных достижений пока не опубликовано.

Второй подход основан на мобилизации иммунной систе-

мы организма против опухоли. В рамках теории иммунного надзора, трансформированные клетки должны удаляться с помощью клеток иммунной системы. Однако наличие опухолей указывает на низкую эффективность этого надзора, а может быть, и на его полное отсутствие. Одновременно с этим имеется целый ряд документированных фактов, подтверждающих принципиальную возможность существования противоопухолевого иммунитета. Это и случаи спонтанной регрессии опухоли; и обнаружение в организме пациентов клеток иммунной системы, распознающих опухолевые клетки; и многочисленные эксперименты на животных, в которых достигался терапевтический эффект. Эти факты не могли не привести к идее противоопухолевой вакцинации, тем более что противопатогенные вакцины уже доказали свою эффективность. Но в данном случае речь идет не о профилактической вакцинации, а о вакцинации уже инфицированного организма, т.е. о терапевтической вакцинации, что весьма непросто, если нужно вызвать специфический иммунный ответ. «Иммунизировать против рака будет так же сложно, как организму оторгнуть правое ухо, оставив незатронутым левое», — писал В. Вуглум в журнале «Раковые исследования» (США) в начале XX в.

За последнее десятилетие за рубежом проведено большое количество клинических испытаний по противоопухолевой вакцинации. Так, в США за один только год (2003) прошло более 100 клинических исследований по вакцинотерапии опухолей. В основном их можно разделить на три группы. К первой относятся клинические исследования, в которых в качестве иммуногенов используются известные опухолевые антигены в виде синтетических пептидов. Для этого определяется наличие этих антигенов в опухоли пациента и проводится иммунизация

соответствующими пептидами. При подобном подходе частичный регресс опухоли достигался только в 2—3% случаев. С точки зрения клинической медицины применение стандартизованных химических пептидов имеет неоспоримое преимущество. Однако, во-первых, эффективность такой вакцинации незначительна, во-вторых, количество известных опухолевых антигенов еще очень ограничено. Кроме того, в организме пациентов уже сформировалась толерантность к опухолевым антигенам, используемым для вакцинации. Значит, необходимо каким-то образом преодолеть эту толерантность, либо применять те опухолевые антигены, на которые она еще не сформировалась.

Эти задачи пытаются решить в исследованиях, относящихся ко второй группе. Здесь источником опухолевых антигенов служат сами инактивированные опухолевые клетки, которые для преодоления толерантности генетически модифицируются, чтобы секретировать различные цитокины, такие как интерлейкин-2, -4, -7, интерферон, фактор, стимулирующий рост колоний, и целый ряд других. Все перечисленные цитокины принимают участие в формировании приобретенного иммунного ответа. Большинство опухолевых клеток, модифицированных для продукции определенных цитокинов, *in vitro* не замедляют свой рост. Однако *in vivo* рост опухоли значительно замедляется, что говорит об активации иммунного ответа организма благодаря цитокинам. Механизмы данного процесса до конца не ясны и могут отличаться для различных цитокинов. Тем не менее использование инактивированных цитокин-продуцирующих опухолевых клеток для иммунизации пациентов применяется в клинике, однако его эффективность составляет 3—4%.

К третьей группе относятся вакцины на основе дендритных

клеток пациента, которые нагружаются вне организма (*ex vivo*) опухолевыми антигенами в виде пептидов или клеточных лизатов. Эффективность такой вакцинации, а именно случаи частичного регресса опухоли, составляет 7—7.5%.

Как видно из приведенных клинических данных, эффективность терапевтических вакцин достаточно низкая. Как это объяснить и как повысить их эффективность?

Для того чтобы разобраться со сложным процессом возможного противоопухолевого ответа, совершим небольшой экскурс в теорию иммунного ответа. В упрощенном виде иммунная система атакует то, что имеет признак «чужого» или/и не имеет признака «своего». Эволюционируя, иммунная система должна была противостоять, в первую очередь, наружной инфекции, которая не имеет признаков «своего», но несет признак «чужого». Но трансформация собственных клеток организма и, как следствие, отсутствие признака «чужой», а в то же время присутствие признака «свой», приводит к возникновению толерантности в отношении переродившихся клеток. В данном случае мы даже не рассматриваем те опухоли, которые сами «научились» распознавать и атаковать клетки иммунной системы, например, через Fas лигандазависимый лизис. Таким образом, чтобы обеспечить эффективное распознавание опухолевых клеток, мы должны пометить их маркером «чужой», а чтобы удалить их — активировать цитотоксический ответ. Антиген-презентирующие клетки (АПК), к которым относятся дендритные клетки, макрофаги и некоторые другие, взаимодействуют с патогеном. Поглощенный патоген индуцирует синтез антигенных пептидов, которые представляются в комплексе с антигенами главного комплекса гистосовместимости (major histocompatibility complex — МНС), формируя первый сиг-

нальный каскад. Одновременно с этим АПК распознает «чужого», запускает цитокиновый каскад и синтезирует костимуляторную (кооперативно действующую) молекулу B7, обеспечивая второй сигнальный каскад. Таким образом наивная Т-клетка превращается в обученную клетку-помощника. Через сложный каскад цитокинов и взаимодействий такая клетка инициирует антительный и/или цитотоксический Т-лимфоцитарный ответ (рис.2). Для надежности природой придуманы два сигнала, помогающие избежать ответа на «свои» антигены, который может привести к аутоиммунным заболеваниям. В случае злокачественной трансформации клеток организма именно отсутствие второго сигнала блокирует противоопухолевый

ответ иммунной системы. Распознавание «чужого» происходит с помощью врожденной системы защиты организма.

Еще не так давно врожденная система защиты рассматривалась как некая примитивная система, обеспечивающая первичную защиту организма от инфекций. Теперь стало ясно, что она не столь примитивна, а должна сложным образом отличить «свое» от «чужого» и, более того, без ее правильного функционирования нет адекватного адаптивного ответа организма. В систему врожденного распознавания «чужого» и адекватного реагирования вовлечен целый ряд распознающих и сигнальных молекул. Наиболее хорошо изучено семейство TLR (Toll like receptors) млекопитающих.

Совсем недавно в нашей лаборатории, а позднее и зарубежными исследователями обнаружено новое семейство сигнальных и распознающих молекул. Мы назвали новое семейство Tag7 — по первому обнаруженному члену семейства, а зарубежные авторы — PGRP; они работали на стандартном объекте генетиков — плодовой мушке дрозофиле, а мы изучали функции представителей этого семейства у млекопитающих. Перечислять все выявленные функции этих молекул в рамках одной статьи не имеет смысла. Остановимся на найденных и оказавшихся существенными для дальнейшей работы по созданию противоопухолевой вакцины. Первое замечательное свойство секретируемого белка Tag7/PGRP состоит в том, что он

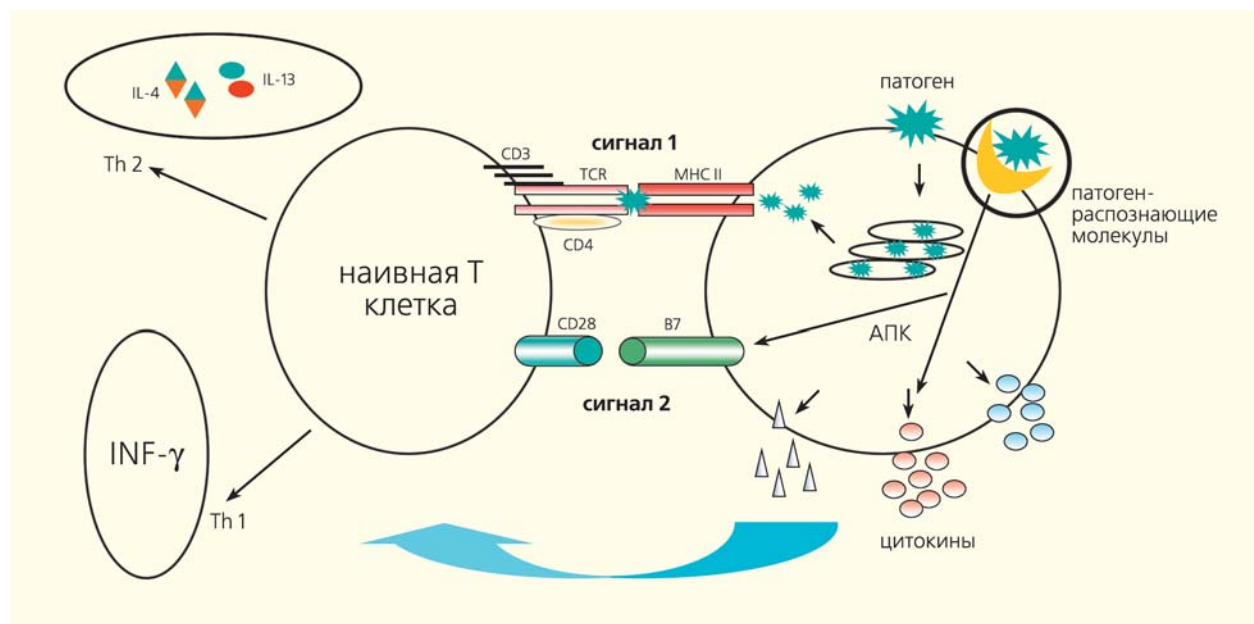


Рис.2. Схема взаимодействия антиген-презентирующей клетки (АПК) с Т-лимфоцитом, который еще никогда не встречался с патогенами. Для того, чтобы Т-лимфоциты научились распознавать патоген, необходимо образование Т-хелперов — лимфоцитов-помощников (Th1, Th2). Это происходит лишь в случае получения двух сигналов: одного — через Т-клеточный рецептор (TCR) от главного комплекса гистосовместимости второго типа (МНСII), второго — благодаря взаимодействию костимуляторных молекул CD28 и B7. Первый сигнал обуславливает последующую направленность Т-лимфоцита на определенный антиген, а второй подтверждает чужеродность антигена. Т-лимфоциты узнают этот антиген на поверхности любой другой клетки организма, которую нужно уничтожить. Антиген-презентирующая клетка обеспечивает Т-лимфоцит обоими сигналами. Для синтеза B7 АПК должна посредством патоген-распознающих молекул узнать «чужое». Одновременно с этим патоген поглощается антиген-презентирующей клеткой, а его антигенные пептиды транспортируются на поверхность АПК с молекулой МНСII. Весь этот контактный процесс дополнительно сопровождается секрецией определенных цитокинов.

привлекает к месту секреции (т.е. к клеткам, выделяющим белок в окружающую среду) клетки иммунной системы, в том числе и профессиональные антиген-презентирующие клетки. Второе его свойство, которое решили использовать при создании вакцины, — способность активировать созревание дендритных клеток, т.е. стимулировать экспрессию сигнальной молекулы B7, которая и обеспечивает последующее созревание наивного Т-лимфоцита.

Насколько эффективен тот или иной подход, какой механизм вовлечен в формирование противоопухолевого ответа, изучается на экспериментальных моделях, на животных. Мы использовали линии клеток мышиной меланомы, которые могут расти как в культуре (вне организма), так и после их введения животным. В культуре клетки наращивались до определенного количества, затем их генетически модифицировали вектором, содержащим ген *tag7/PGRP*. После этого опухолевые клетки начинали секретировать белок Tag7/PGRP, количество которого измерялось. Далее клетки облучали для подавления их деления, т.е. инактивировали, и вводили животным в качестве вакцины. Через 10 дней, после формирования иммунного ответа, в противоположную ногу животным вводили исходные (неинактивированные) опухолевые клетки и в дальнейшем наблюдали за ними. Оказалось, что на иммунизированных таким образом животных опухоли практически не формировались или, появившись, вскоре исчезали, все животные при этом выживали. В контрольных группах животных опухоли развивались, и мыши погибали.

В других экспериментах мы использовали так называемых «голых» мышей — у них отсутствуют Т-лимфоциты. Считается, что именно эти клетки играют одну из основных ролей в элиминации опухолей. Живот-

ным, полностью лишенным Т-клеток, вакцинация не помогала, что говорило о том, что и в нашем случае Т-клетки чрезвычайно важны для противоопухолевого ответа. Последующие опыты показали, что в наблюдаемом нами противоопухолевом ответе организма определенное участие принимают и натуральные киллеры, и В-лимфоциты. Никаких побочных негативных явлений, вызванных вакцинацией, не отмечалось. Более трех лет в нашей лаборатории шли опыты на животных, а результаты публиковались в престижных международных журналах. В терапевтической схеме, т.е. когда сначала вводили опухолевые клетки и лишь потом вакцину, эффективность была меньше, но тем не менее большое количество животных выживало.

После успешных экспериментов на животных в 2000 г. решили начать клинические испытания. В этом нам очень помогли руководство и сотрудники РОНЦ им.Н.Н.Блохина РАМН в Москве и НИИ Онкологии им.Н.Н.Петрова в Санкт-Петербурге. Составили Протокол проведения клинических испытаний. По действующим жестким правилам первые испытания новых способов лечения проводятся на пациентах, которым уже никакая другая терапия помочь не в состоянии; в данном случае на больших меланомой (одним из самых страшных видов рака), для которых методы лечения были исчерпаны.

Схема индивидуального приготовления вакцины выглядит следующим образом: из удаленной во время хирургической операции опухоли отбирается первичный опухолевый материал, и из него в лабораторных условиях получают первичную опухолевую клеточную линию. Далее эти клетки размножают и подбирают условия для их генетической модификации. После проведения самой генетической модификации, инактивации опухолевых клеток радиацией

и определения уровня экспрессии гена вакцина готова. В 2001 г. вакцинировали первого пациента. К настоящему времени начальную фазу испытаний можно считать успешно завершенной. По результатам проведенных исследований написана и опубликована статья в международном журнале.

Каков краткий итог проведенных исследований? Нашим коллегам-клиницистам удалось добиться стабилизации заболевания в 25% случаев, а частично регресса опухоли — в 7% случаев. Конечно, эти цифры не впечатляют, но если сравнить с выше приведенными данными, где эффективность похожего подхода составляла всего 3%, то использование активаторов врожденного компонента иммунной защиты (белка Tag7/PGRP) повысило положительную динамику в два раза. В то же время надо понимать, что с помощью вакцины практически нельзя удалить большую опухоль, тем более если пациент уже прошел курс химиотерапии и его иммунная система подавлена не только прогрессирующей опухолью, но и проводимой терапией. Какова же область применения аутологичной вакцины? Несомненно, она нужна после хирургического вмешательства, чтобы избежать рецидивов заболевания. Когда удален крупный опухолевый узел, возможный источник метастазов, эта вакцина способна уничтожить невидимые глазу врача единичные опухолевые клетки.

Зарубежные лаборатории и клиники уже накопили большой опыт подобных работ. В России же — это первое и пока единственное клиническое испытание вакцинотерапии опухолей с помощью аутологичных генетически модифицированных клеток. За это время нам пришлось преодолеть массу трудностей. Эффективность получения клеточной линии из опухолевого материала весьма низкая, порядка 10–15%. Реаль-

но приготовление вакцины занимает 3–5 мес и требует участия квалифицированных специалистов, которых в нашей стране практически не осталось. Кроме этого, для работы необходимы высококачественные импортные клеточные реагенты, специальное оборудование, абсолютная стерильность, а это существенно влияет на стоимость исследований. Клиническое исследование, проведенное нами, оказалось возможным только благодаря поддержке, получаемой от мэра г.Москвы Ю.М.Лужкова.

Несомненно, предложенный нами подход показал свою эффективность, но его можно и нужно улучшать. Во-первых, необходимо в будущей вакцине совместить активацию врож-

денного компонента и приобретенного иммунитета. В настоящее время в нашей лаборатории такие исследования проводятся. Во-вторых, сделать клиническое применение вакцины более удобным и менее дорогостоящим. Для этого имеются все предпосылки, поскольку в ходе клинических исследований сформировался банк опухолевых клеточных линий, охарактеризованных по многим параметрам. В настоящее время мы подбираем наиболее эффективные с точки зрения представленности опухолевых антигенов клеточные линии для приготовления аллогенной (не персональной) генетически модифицированной вакцины. Такой стандартный препарат, готовый к использо-

ванию, сократит и время от момента операции до начала его применения.

В заключение хочется подчеркнуть два важных момента. Для лечения онкологических заболеваний нельзя найти одно универсальное лекарство — слишком многообразны трансформированные (злокачественные) клетки. Именно поэтому мы разработали целый ряд генно-терапевтических подходов по блокированию кровоснабжения опухоли. Лишенная питания и кислорода опухолевая ткань должна погибнуть. Но даже и комбинация двух методов не станет панацеей. Необходимы дальнейшие исследования и испытание методов. При этом всегда надо помнить, что чудес не бывает. ■

К концу 2005 г. Франция будет располагать уникальной сетью позиционирования любых наземных объектов, что позволит внести поправки в геодезическую информацию, составленную ранее по данным Глобальной спутниковой системы позиционирования (Global Positioning System — GPS). Национальная сеть под названием «Teria» обеспечит мгновенное позиционирование любого объекта с точностью около 5 см, что в 100 раз выше точности GPS. Функционирование «Teria» базируется на создании сети из 100 станций, развернутых по всей стране, причем каждая станция позиционирована с точностью до 1 см. Централизованные на национальном уровне поправки будут передаваться по телефону на терминалы GPS геодезистов. Для тех из них, кто работает в реальном масштабе времени, отпадает необходимость разворачивать свой узел приема, чем

достигается большой выигрыш во времени и надежности. Science et Vie. 2005. №1051. P.39 (Франция).

Инфекционные болезни значительно интенсивнее развиваются в тех местностях, которые оказались под мощным антропогенным прессом. Истребление лесов, выкорчевывание и распахиwanie целинных земель, строительство дорог, добыча полезных ископаемых, загрязнение водоемов и т.д. — все это создает крайне благоприятную среду для развития патогенных бактерий, вирусов и других микроорганизмов. Исследование, проведенное Университетом им.Дж.Гопкинса (США), показало, что увеличение площади вырубки лесов на 1% ведет к приросту численности комаров — переносчиков лихорадки на 8%. Департамент информации ООН включил такую тематику в список

2005 г. под рубрикой «Десять сюжетов, о которых мир говорит недостаточно много». Terre Sauvage. 2005. №208. P.54 (Франция).

До настоящего времени на территории Ирана, в отличие от районов Западной Азии, археологи крайне редко встречали орудия раннего палеолита. Лишь отдельные редкие находки указывали на обитание там человека 2–3 млн лет назад. Сейчас группа иранских археологов обнаружила и собрала на севере страны, в селении Ганж Пар, первую крупную коллекцию обработанных камней, датируемых этим временем. В раскопе было найдено около сотни предметов и различных орудий: скребки, обломки посуды, рисунки человеческих лиц на известняке.

La Recherche. 2005. №383. P.16 (Франция).

Нанокompозитные структуры на пути в наноэлектронику

И.В.Золотухин, Ю.Е.Калинин, А.В.Ситников

Уменьшение размеров функциональных устройств современной электроники привело к ряду проблем, которые связаны не только с технологическими ограничениями, но и с тем, что при этом «включаются» новые физические явления, характерные для наномира. При работе электронных приборов малых размеров определяющими становятся квантовые размерные эффекты. Это дает и свои преимущества — открываются огромные возможности при разработке сверхминиатюрных транзисторов, ячеек памяти, датчиков магнитных и электрических полей.

Существует два подхода к изготовлению малоразмерных структур конденсированной твердотельной среды, размеры которых не превышают нескольких нанометров ($1 \text{ нм} = 10^{-9} \text{ м}$). Во-первых, можно за счет улучшения технологических приемов добиваться сверхвысокого разрешения при обработке поверхности, т.е. все уменьшать и уменьшать размеры объектов, из которых формируются микроскопические структуры. В основном вся технология микроэлектроники 20-го века развивалась по этому пути. Во-вторых, можно использовать физические закономер-



Иван Васильевич Золотухин, доктор технических наук, профессор кафедры физики твердого тела Воронежского государственного технического университета, заслуженный деятель науки РФ. Занимается изучением фуллеренов, углеродных нанотрубок, фракталов и нанокомпозитов.



Юрий Егорович Калинин, доктор физико-математических наук, заведующий той же кафедрой. Область научных интересов — физико-химические основы создания новых материалов, физика твердотельных наноструктур.



Александр Викторович Ситников, кандидат физико-математических наук, докторант той же кафедры. Тематика работы — синтез и исследование физических свойств аморфных металлических сплавов, нанокомпозитов металл—диэлектрик, металл—полупроводник.

© Золотухин И.В., Калинин Ю.Е., Ситников А.В., 2006

ности роста наноструктур из отдельных атомов, когда нужные структуры вырастают сами (эффект самоорганизации). Наука только приблизилась к разработке такого, несомненно, более перспективного подхода и к исследованию физических свойств подобных наноструктур, к числу которых относятся и наноконпозиты. На них уже удалось получить ряд замечательных в практическом отношении результатов: прежде всего, это гигантский магниторезистивный эффект (заметное влияние внешнего магнитного поля на величину электрического сопротивления). На основе данного эффекта ряд фирм уже разрабатывает магниторезистивные запоминающие устройства, проектирует спиновые процессоры, матричные сенсорные системы и другие элементы электронной техники.

Как всегда, вторгаясь в новую область физических явлений, мы сталкиваемся с огромным количеством вопросов, ответы на которые отсутствуют или получены на качественном уровне. При каких размерах начинают проявляться эффекты, связанные с наномасштабом? Какова стабильность таких структур, как они взаимодействуют между собой и с окружающей средой? Какие механизмы обеспечивают их транспортные свойства (проводимость, термоэдс, теплопроводность), как формируются ферромагнитные или суперпарамагнитные свойства?

Когда размер имеет значение

К объектам нанометрового диапазона принято относить структуры, имеющие размер от 1 до 100 нм хотя бы в одном измерении. В частности, многослойные структуры с чередующимися слоями (так называемые мультислойки) имеют нанометровый масштаб в одном измерении, углеродные нанотрубки — в двух, а фуллерены и частицы наполнителя в наноконпозитах — в трех измерениях. При этом частицы в наноконпозитах могут иметь различную форму: шарика, многогранника или звездообразную. Стабильность таких структур в основном определяется свойствами матрицы, в которую помещены наночастицы. Если матрица обладает высокой термической устойчивостью, то морфология частиц может не изменяться до сравнительно высоких температур; если же матрица имеет низкую температуру плавления, то и структура частиц наполнителя будет меняться при незначительном нагреве композита.

Естественный масштаб в квантовой теории — длина волны де Бройля, связанная с частицей. Принципиально новых эффектов можно ожидать, когда размер объекта становится сравнимым с длиной волны. Для свободного электронного ферми-газа она уменьшается с увеличением плотности зарядов. Поэтому в полупроводниках в нужную область мы попадаем при размерах меньших,

чем 200 нм, тогда как в металлах — при размерах ~1 нм (на самом деле длина волны электронов на уровне Ферми для типичных металлов имеет атомные размеры, но вследствие тепловых колебаний атомов в решетке соответствующий масштаб увеличивается на порядок). В подобных областях пространства размещается весьма ограниченное число атомов (от сотен до нескольких тысяч). Такие объекты и называют наночастицами, на шкале размеров (рис.1 [1]) они следуют сразу за кластерами, представляющими собой еще меньшие образования из нескольких атомов. Обычно к кластерам относят объемные многогранники с атомами при вершинах, которые окружают центральный атом, непосредственно связанный с остальными, и образуют своеобразную ячейку.

Наноразмерные частицы имеют почти идеальную прочность, активную поверхность, которая ускоряет многие физико-химические процессы, обладают уникальными электронными свойствами, обусловленными дискретизацией энергетических уровней. Необычные свойства возникают в результате перехода от массивного материала к малым по размерам частицам. В объемном твердом теле, 1 см³ которого содержит порядка 10²² атомов, энергетические состояния зоны проводимости и валентной зоны можно считать распределенными непрерывно, поскольку там содержится

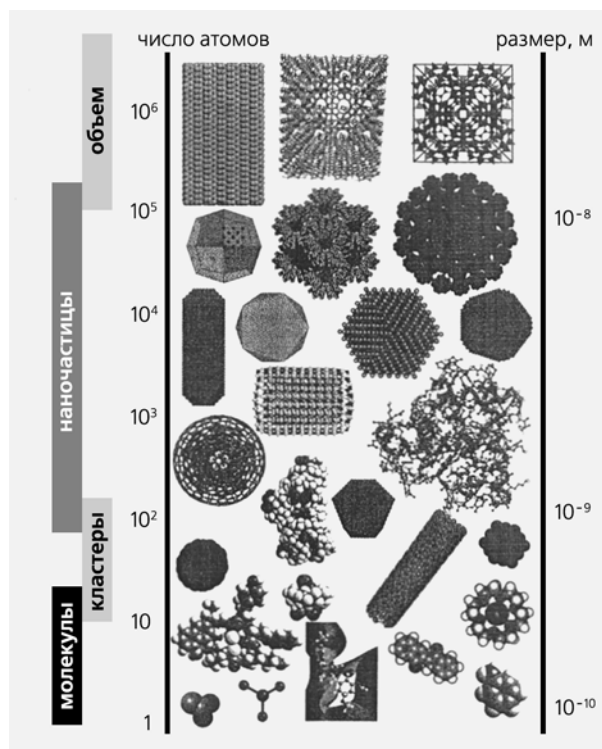


Рис. 1. Место наночастиц среди разных объединений атомов. На диаграмме показано число атомов в частице и масштаб размеров.

соответственно 10^{22} уровней. Для наночастиц подобное приближение не работает — у них всего 10^2 – 10^4 уровней, энергетическое расстояние между которыми увеличивается при уменьшении размера частиц, что должно привести к изменению электронных свойств таких объектов.

Однако наночастица, состоящая из малого числа атомов одного сорта, при обычных температурах не является стабильным образованием. С этой точки зрения создание прибора или устройства на основе просто наночастиц оказывается проблематичным. Поэтому в настоящее время ведутся активные поиски таких конфигураций и структурного состояния, которые делали бы наночастицы более стабильными, но сохраняли те достоинства, которые возникают при переходе в наномир.

Одно из таких перспективных направлений — создание композиционных наноструктур, состоящих из наночастиц металла, размещенных в матрице из иного, не взаимодействующего с наночастицами материала: металла, полупроводника или диэлектрика. При этом удается добиться стабильности наночастиц при умеренных температурах. Подобные гранулированные структуры демонстрируют ряд физических свойств, которые резко отличают их от обычных материалов. Так, гранулированные композиты, содержащие ферромагнитные металлические частицы, случайно распределенные в диэлектрической или металлической матрице, обладают гигантским магнито-сопротивлением. Кроме того, в композициях металл—диэлектрик открывается широкая возможность изменять величину удельного электрического сопротивления (на шесть и более порядков).

Наноструктура, которая растет сама

Получение нанокомпозитных структур — задача совсем не тривиальная. Вспомним, что частицы металла должны иметь размер на уровне нескольких (трех—шести) нанометров, а матрица должна разделять их мостиками размером 0.5–2 нм. Для этих целей в Воронежском государственном техническом университете была спроектирована и изготовлена установка, позволяющая получать наногранулированные структуры в виде тонких пленок с практически любой концентрацией металла в диэлектрической, полупроводниковой или металлической матрице [2].

Чтобы получить композицию металл—диэлектрик, необходимо распылить до уровня атомов мишень соответствующего состава и атомы направить на подложку, где формируется необходимая наноструктура. Распыление материала мишени осуществляется в вакууме с помощью источника ионов, который ионизирует атомы аргона, ускоряет их и направляет поток высокоэнергети-

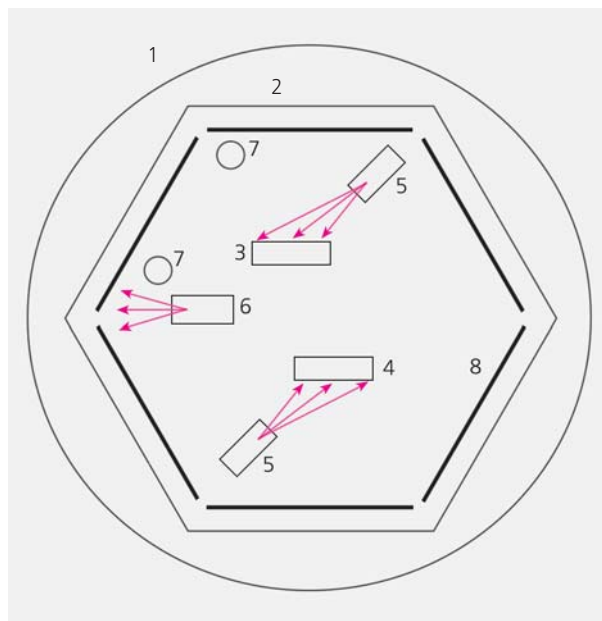


Рис.2. Схема установки ионно-плазменного распыления: 1 — вакуумная камера, 2 — вращающийся подложкодержатель, 3, 4 — водоохлаждаемая мишень, 5 — источник ионно-лучевого распыления, 6 — источник ионного травления, 7 — компенсатор, 8 — подложка.

ческих ионов тонким пучком на распыляемую мишень (рис.2). Два источника (5) служат для напыления металлических и диэлектрических компонентов структуры, еще один (6) — для очистки подложки. По периметру вакуумной камеры располагается держатель подложек (2), который может вращаться со скоростью до 2 об/мин. При напылении диэлектрических материалов с целью нейтрализации положительного потенциала, возникающего на диэлектрической поверхности, используется источник интенсивного электронного излучения, называемый компенсатором (7). При получении нанокомпозитов чаще всего используется составная мишень. Она представляет собой сплавную металлическую мишень заданного состава с закрепленными на ее поверхности несколькими пластинами кварца (SiO_2) или алюмооксида (Al_2O_3) толщиной ~2 мм и шириной ~9 мм, расстояние между которыми может меняться от 3 мм на одном краю мишени до 24 мм на другом (рис.3).

Варьируя число пластин диэлектрика и расстояние между ними, можно изменять соотношение объемов напыляемых металлического и диэлектрического компонента, добываясь таким образом изменения состава композита в нужном направлении. Важнейший критерий для выбора компонентов нанокомпозитов — их взаимная не-

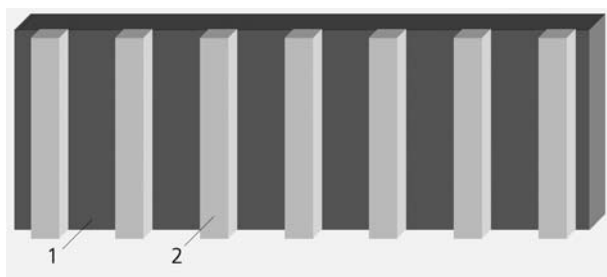


Рис.3. Макет составной мишени из сплавного основания металлического сплава (1) с пластинами из монокристаллического кварца (2).

растворимость друг в друге. Если компоненты будут растворяться друг в друге, возможность получения наногранул одного материала в матрице другого компонента близка к нулю. Следующий очень важный параметр, который нужно учитывать при создании наногранул одного состава в матрице другого материала, — это поверхностная энергия. Если вещества — кандидаты в нанокондиты — имеют примерно одинаковую поверхностную энергию, то при конденсации атомов на подложке появляются плоские образования, напоминающие большие плоские льдины на водной поверхности реки. Наилучшие результаты в смысле формирования наноструктурных композитов возникают тогда, когда поверхностная энергия одного вещества значительно превышает поверхностную энергию другого. Так, например, легко формируются наногранулы металлических элементов или их сплавов в диэлектрической матрице — потому что поверхностная энергия подавляющего большинства металлов весьма высока и лежит в пределах 1500–2000 мДж/м², тогда как в оксидах SiO₂ и Al₂O₃ она находится на уровне 500–600 мДж/м². При совместном распылении ионами аргона составной мишени на подложку

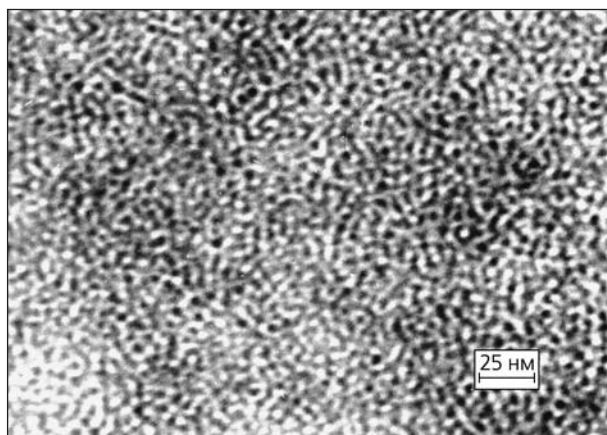


Рис.4. Микроструктура композита (Co₄₁Fe₃₉B₂₀)₃₈ (SiO₂)₆₂.

одновременно будут попадать атомы обоих компонентов и, поскольку они не взаимодействуют друг с другом, станут «самоорганизованно» группироваться вблизи атомов своего сорта. При этом компонент с большей величиной поверхностной энергии будет стремиться формировать образования, близкие к сферической форме, в матрице другого компонента.

Итак, создание структуры, состоящей из нанопространственных объектов, вполне разрешимая задача, хотя при этом необходимо использовать сложный комплекс физико-химических явлений, которые будут способствовать получению нужного структурного состояния.

На рис.4 представлена микроструктура композитов (Co₄₁Fe₃₉B₂₀)₃₈(SiO₂)₆₂, полученных ионно-лучевым напылением на охлаждаемую подложку. Темные области на электрономикроскопическом изображении соответствуют металлическим гранулам, поскольку они содержат более тяжелые элементы, менее проникаемые для электронов. Размеры гранул изменяются в пределах 2–8 нм, причем с увеличением содержания металлической фазы средний размер гранул возрастает. На микрофотографии видно, что гранулы окружены светлыми областями, которые соответствуют изолирующим барьерам из SiO₂. Металлические гранулы не абсолютно изолированы в диэлектрической матрице (даже в случае высокой концентрации SiO₂), а образуют небольшие конгломераты и цепочки, которые в свою очередь формируют лабиринтоподобную структуру [3].

Блуждание в лабиринте

Научный интерес к изучению электрического сопротивления в таких твердых телах связан с возможностью изменения его величины в широких пределах и выяснением различных механизмов электрической проводимости в нанокондитатах с одними и теми же компонентами, но в различных пропорциях. Так, при малой концентрации металлической фазы наногранулы электрически изолированы друг от друга в объеме матрицы, и поэтому электрическая проводимость в таких композитах в основном определяется диэлектрической компонентой, имеющей большое электрическое сопротивление. По мере роста числа наночастиц последние начинают образовывать между собой отдельные проводящие каналы, а при определенном соотношении фаз (называемом порогом протекания, или перколяции) металлические наночастицы (гранулы) образуют своеобразную «сетку», по которой осуществляется металлическая проводимость, величину которой задает ветвистая неупорядоченная структура проводящих каналов металлической фазы. В соответствии с теорией протекания, описывающей поведение подобных систем, вблизи

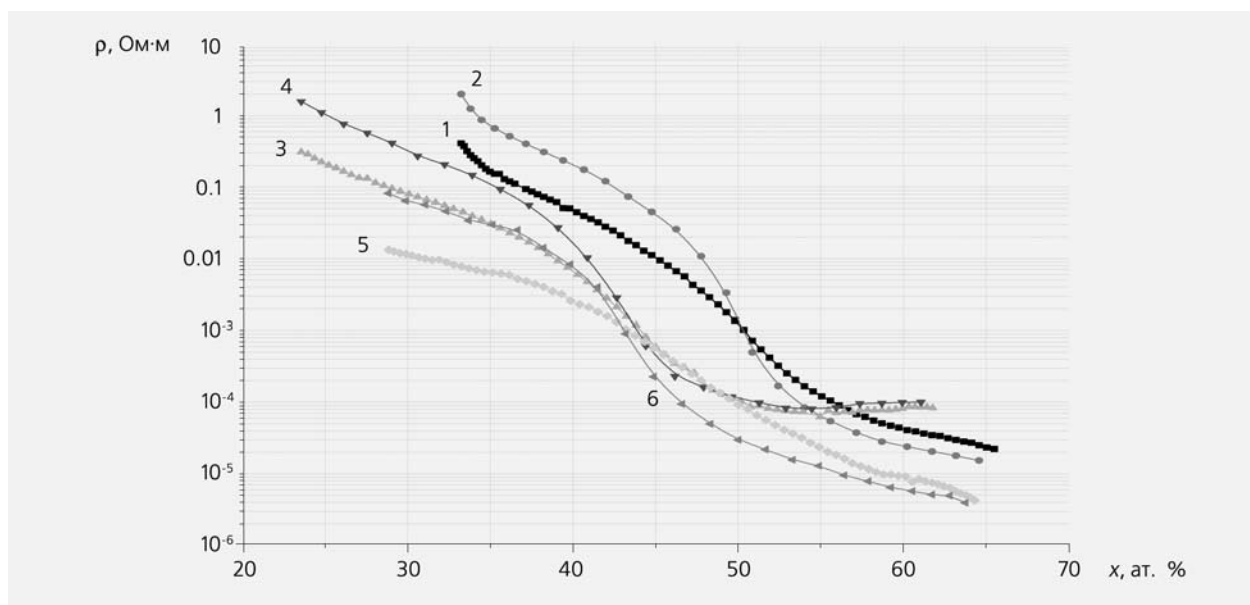


Рис.5. Зависимости удельного электрического сопротивления от атомной доли металла при комнатной температуре для композитов: $(\text{Co}_{41}\text{Fe}_{39}\text{B}_{20})_x(\text{SiO}_2)_{100-x}$ (кривая 1), $(\text{Co}_{84}\text{Nb}_{14}\text{Ta}_2)_x(\text{SiO}_2)_{100-x}$ (кривая 3), $(\text{Fe}_{45}\text{Co}_{45}\text{Zr}_{10})_x(\text{SiO}_2)_{100-x}$ (кривая 5) в исходном состоянии и после отжига в течение 30 мин при $T = 400^\circ\text{C}$ (кривые 2,4,6) соответственно.

порога перколяции зависимость электросопротивления от концентрации должна иметь S-образный вид.

И действительно, концентрационные кривые удельного электрического сопротивления нанокompозитов, измеренные при комнатной температуре, имеют S-образную форму, типичную для перколяционных систем. На рис.5 представлены характерные зависимости удельного электрического сопротивления от концентрации металлического компонента композитов $\text{Co}_{41}\text{Fe}_{39}\text{B}_{20}$, $\text{Fe}_{45}\text{Co}_{45}\text{Zr}_{10}$ и $\text{Co}_{84}\text{Nb}_{14}\text{Ta}_2$ в матрице SiO_2 в исходном состоянии после напыления на водоохлаждаемую подложку (кривые 1, 3, 5) и после отжига в вакууме при температуре $T = 400^\circ\text{C}$ в течение 30 мин (кривые 2, 4, 6) [3]. При изменении концентрации x от 25 до 64% проводимость системы немонотонно меняется на несколько порядков, причем отклонение от монотонного поведения наблюдается для составов вблизи порога протекания, что особенно заметно после термической обработки в вакууме. При этом термообработка нанокompозитов приводит к увеличению электрического сопротивления сплавов, находящихся до порога протекания, и к его уменьшению — за порогом протекания. По точке пересечения концентрационных зависимостей электрического сопротивления композитов в исходном состоянии и термообработанных можно уверенно определить порог перколяции. На рис.5 видно, что для разных композитов точка пересечения кривых, соответствующая порогу перколяции, находится при разных

концентрациях металлической фазы. Результаты последующих исследований показали, что значение порога протекания не является константой, а изменяется в зависимости от состава композита и условий напыления: температуры подложки, давления остаточных газов, скорости вращения подложки и др. Величина удельного электрического сопротивления нанокompозитов в области порога протекания определяется фрактальной структурой проводящих каналов из металлических гранул и составляет $\rho \sim 9 \cdot 10^{-4}$ Ом·м. Обратную величину этого электрического сопротивления $\sigma_{\min} \sim 11.1$ Ом $^{-1}$ ·м $^{-1}$ можно рассматривать как минимальную металлическую проводимость при переходе металл-диэлектрик (переход Андерсена) для этих систем.

Чтобы выяснить механизм электрической проводимости нанокompозитов, необходимо изучить ее зависимость от температуры. Соответствующие зависимости для композитов $(\text{Co}_{45}\text{Fe}_{45}\text{Zr}_{10})_x(\text{Al}_2\text{O}_3)_{100-x}$ в области низких температур, представленные на рис.6 в координатах $\ln(\sigma/\sigma_0) \propto (1/T)^{1/4}$ [4], демонстрируют, что до порога протекания, при $T = 80-180$ К выполняется закон «1/4» (закон Мотта). Справедливость закона Мотта свидетельствует: в такого рода композитах доминирует перенос заряда от гранулы к грануле путем прыжковой проводимости электронов по диэлектрической матрице от одной «оборванной» химической связи к другой (прыжковый механизм с переменной длиной прыжка по локализованным состояниям, лежащим в уз-

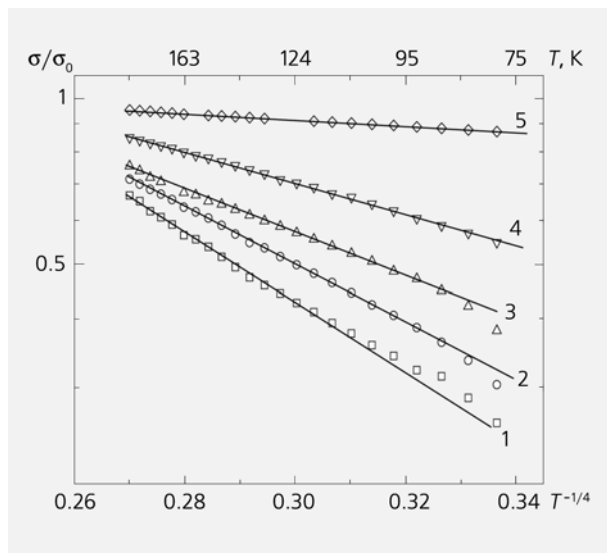


Рис.6. Температурные зависимости электрической проводимости в координатах $\ln(\sigma/\sigma_0) \propto (1/T)^{1/4}$ для композитов $(\text{Co}_{45}\text{Fe}_{45}\text{Zr}_{10})_x(\text{Al}_2\text{O}_3)_{100-x}$ в интервале 80–180 К при разных концентрациях металлической фазы x ат. %: 1–31.7, 2–34, 3–36.3, 4–37.3, 5–38.7.

кой полосе энергий вблизи уровня Ферми). В этом случае выражение для проводимости имеет следующий вид [5]:

$$\sigma = K \cdot \exp\left(-\frac{B}{T}\right)^{1/4}, \quad (1)$$

где

$$B \sim \frac{1.66}{g(E_F)}, \quad (2)$$

K — постоянный коэффициент, T — абсолютная температура, $g(E_F)$ — плотность состояний на уровне Ферми.

Зависимости $\ln(\sigma/\sigma_0) \propto (1/T)^{1/4}$ позволяют определить значения величин B для изучаемых составов композитов. Зная B для разных составов, можно определить значения плотности состояний на уровне Ферми, которые представлены на рис.7 и экстраполированы до значений, соответствующих порогу протекания [6]. Оценки плотности состояний дают очень высокие значения вследствие того, что источниками локализованных состояний могут быть не только оборванные химические связи матрицы (дефекты структуры диэлектрической матрицы), но и границы раздела матрица—гранула. Причем с увеличением концентрации металлической фазы и приближением к порогу протекания плотность состояний стремится к большим величинам, характерным для аморфных металлических сплавов. Снижение плотности состояний на уровне Ферми при увеличении концентрации диэлектрической фазы

происходит до значений, которые типичны для аморфных полупроводников, полученных распылением из газовой фазы. Интересно, что плотность локализованных состояний зависит от материала гранул: величина $g(E_F)$ растет в ряду нанокompозитов с гранулами $\text{CoNbTa} \rightarrow \text{CoFeB} \rightarrow \text{CoFeZr}$.

Наличие локализованных состояний в диэлектрической матрице сказывается на механизме проводимости и в более высокотемпературном интервале, когда на перенос заряда начинают влиять фононы. В этом температурном интервале электроны по отдельным проводящим каналам могут туннелировать от гранулы к грануле, не задерживаясь на оборванных связях, а изменяя свою энергию за счет взаимодействия с фононами (т.е. доминирует механизм неупругого резонансного туннелирования) [7, 8]. Согласно этой модели температурная зависимость проводимости в канале, содержащем n локализованных состояний, имеет степенной вид

$$\sigma_n \sim T^\gamma, \quad (3)$$

где γ — показатель степени, зависящий от среднего числа локализованных состояний в каналах между соседними гранулами.

Анализ полученных экспериментальных зависимостей показал, что в довольно широком интервале температур они удовлетворяют степенному закону (рис.8). Это позволило определить показатель степени γ и рассчитать среднее число локализованных состояний $\langle n \rangle$ в туннельных каналах между изолированными проводящими кластерами гранул. Результаты расчета показали,

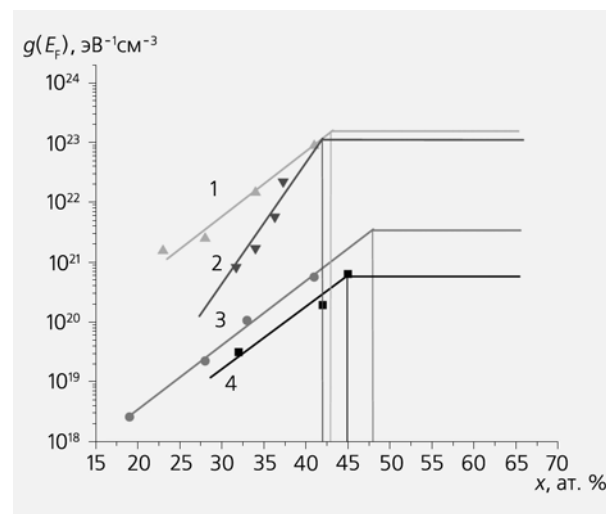


Рис.7. Концентрационные зависимости плотности состояний на уровне Ферми нанокompозитов $(\text{Fe}_{45}\text{Co}_{45}\text{Zr}_{10})_x(\text{SiO}_2)_{100-x}$ (1), $(\text{Fe}_{45}\text{Co}_{45}\text{Zr}_{10})_x(\text{Al}_2\text{O}_3)_{100-x}$ (2), $(\text{Co}_{41}\text{Fe}_{39}\text{B}_{20})_x(\text{SiO}_2)_{100-x}$ (3) и $(\text{Co}_{84}\text{Nb}_{14}\text{Ta}_2)_x(\text{SiO}_2)_{100-x}$ (4).

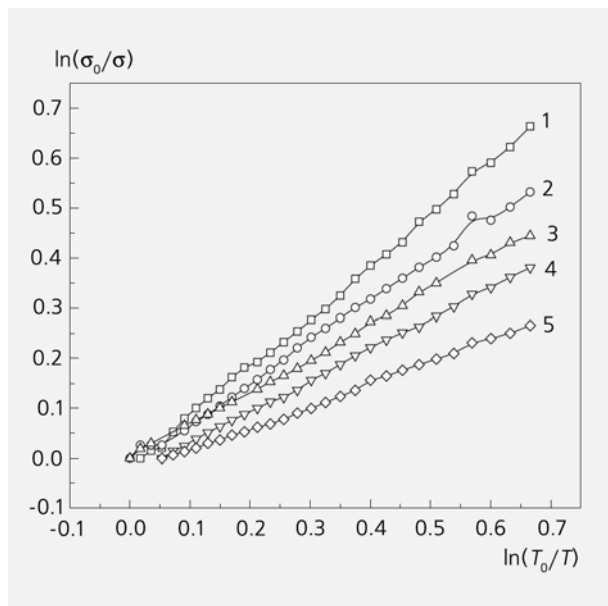


Рис.8. Относительные температурные зависимости проводимости образцов $(\text{Co}_{45}\text{Fe}_{45}\text{Zr}_{10})_x(\text{Al}_2\text{O}_3)_{100-x}$ в исходном состоянии при разных концентрациях металлической фазы x ат. %: 1 — 31.7, 2 — 34, 3 — 36.3, 4 — 37.3, 5 — 38.7.

что с увеличением доли металла в составе композита число $\langle n \rangle$, которое меняется в пределах нескольких единиц, уменьшается. При этом в области высоких концентраций диэлектрического компонента для композитов с матрицей из Al_2O_3 значения $\langle n \rangle$ почти не отличаются от таковых для композитов с матрицей из SiO_2 . Полученные оценки свидетельствуют о том, что хотя с ростом концентрации металлической фазы происходит общее увеличение плотности локализованных состояний, их среднее число между гранулами в канале, по которому осуществляется перенос заряда, снижается вследствие уменьшения расстояния между гранулами.

Для композитов за порогом протекания, когда образуются сплошные проводящие металлические каналы, температурная зависимость электрического сопротивления, естественно, полностью определяется механизмами проводимости металлической фазы. При этом сопротивление может как возрастать с ростом температуры (в случае кристаллической структуры наногранул), так и уменьшаться (для композитов с аморфной структурой наночастиц). Можно подобрать такой состав аморфного металлического сплава, у которого в широком интервале температур температурный коэффициент электрического сопротивления близок к нулю. Подобные нанокompозиты представляют собой прекрасный материал для тонкопленочных прецизионных резисторов больших номиналов.

Под действием магнита

Явление магнитосопротивления, как известно, заключается в изменении электрического сопротивления твердых тел под действием внешнего магнитного поля. В обычных материалах (металлы, металлические сплавы, гомогенные полупроводники) причина магниторезистивного эффекта кроется в искривлении траекторий при движении носителей заряда (электронов) в магнитном поле. Для гомогенных проводников магнитосопротивление приобретает вполне измеряемую величину, когда носители заряда движутся перпендикулярно магнитному полю. Обычно оперируют понятием «относительное магнитосопротивление»:

$$\Delta R/R = \{[R(H) - R(0)]/R(0)\} \cdot 100\%. \quad (4)$$

Здесь $R(H)$ — электрическое сопротивление в каком-либо фиксированном магнитном поле; $R(0)$ — электрическое сопротивление в нулевом магнитном поле. У металлов и сплавов относительное электросопротивление при комнатной температуре весьма невелико и составляет 0.01—0.1% в полях величиной порядка 10 кЭ. Как правило, такое магнитосопротивление положительное, т.е. увеличение магнитного поля приводит к возрастанию электросопротивления. Все это справедливо для гомогенных проводников.

В гранулированных нанокompозитах ферромагнитный металл — диэлектрик воздействие магнитного поля приводит к совершенно противоположным результатам. При увеличении напряженности магнитного поля происходит уменьшение удельного электрического сопротивления материала (рис.9). Причем в отличие от гомогенных систем, в полях 10 кЭ уменьшение достигает нескольких процентов (до 10—12%). Благодаря таким большим значениям эффект получил назва-

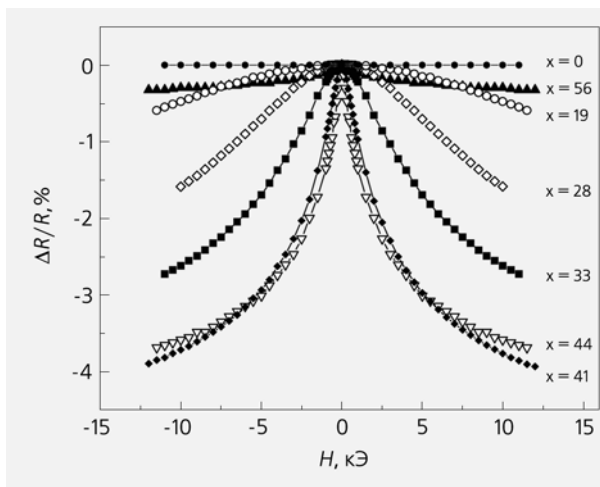


Рис.9. Магнитосопротивление аморфных гранулированных композитов $(\text{Co}_{41}\text{Fe}_{39}\text{B}_{20})_x(\text{SiO}_2)_{100-x}$ при 300 К.

ние «гигантское магнитосопротивление», однако в последнее время чаще стал применяться термин «туннельное магнитосопротивление», отражающий физический механизм отрицательного магнитосопротивления.

Причиной наблюдаемого магнитосопротивления является спин-зависимое туннелирование поляризованных электронов (т.е. электронов с различным направлением спина) между ферромагнитными наногранулами [9]. Дело в том, что в гранулах, находящихся в ферромагнитном состоянии, плотность электронных состояний с противоположными спинами различна по следующей причине. Наличие ферромагнитного упорядочения спинов приводит к смещению энергетических электронных подзон по шкале энергии. Энергетическая подзона электронов со спинами, параллельными намагниченности гранулы, $n\uparrow$, оказывается практически полностью заполненной, в то время как в соседней подзоне электронные состояния со спинами, противоположными намагниченности, $n\downarrow$, заполнены лишь частично. Поэтому плотность электронных состояний на уровне Ферми в двух подзонах гранулы и становится различной.

В том случае, когда две ферромагнитные гранулы разделены диэлектрическим барьером толщиной несколько нанометров, между ними возможно туннелирование электронов. Однако вероятность туннелирования будет максимальна лишь тогда, когда ориентация магнитных моментов гранул параллельна. В этом случае электроны, находящиеся на плотнозаселенном уровне Ферми одной гранулы, могут туннелировать в незанятые состояния (с той же ориентацией спина) соседней гранулы. Если магнитные моменты гранул антипараллельны, то для электронов с плотнозаселенного уровня Ферми одной гранулы практически нет доступных состояний в соседней грануле и вероятность туннелирования минимальна. Таким образом, туннелирование электронов между ферромагнитными наногранулами зависит от спиновой поляризации электронов и от взаимной ориентации магнитных моментов гранул. Следовательно, управляя намагниченностью наногранул, можно влиять на туннельную проводимость наносистемы. Этот принцип положен в основу интенсивно развивающегося в настоящее время нового направления электроники — спинтроники.

Исследования магнитосопротивления в композитах ферромагнетик—диэлектрик показали, что при комнатной температуре характер концентрационной зависимости магнитосопротивления заметно немонотонен, однако он одинаков для такого рода сред независимо от элементного состава фаз: наблюдаются четко выраженный максимум вблизи порога протекания и снижение величины ΔR до нуля за порогом (рис.9) [9]. Концентрационное положение максимума обусловлено геометрическими особенностями композитов,

находящихся вблизи порога протекания — минимальной толщиной диэлектрического барьера, через который осуществляется туннелирование поляризованных электронов между ферромагнитными гранулами. Характерной особенностью, обнаруженной при исследовании наногранулированных композитов, является корреляция между максимальными значениями магнитосопротивления и плотностью состояний на уровне Ферми: максимум магнитосопротивления выше у композитов, имеющих большее значение величины $g(E_F)$ (рис.10). Аналогичная корреляция наблюдается и между максимальными значениями магнитосопротивления и магнитоотрицательности насыщения (величиной деформации ферромагнитного материала в насыщающем магнитном поле) металли-

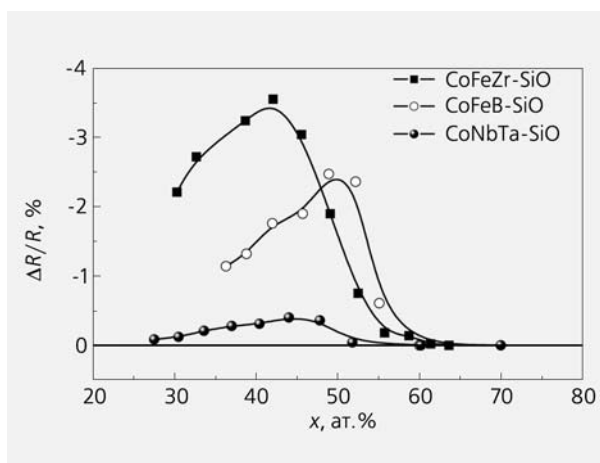


Рис.10. Концентрационные зависимости магнитосопротивления нанокompозитов $(\text{Fe}_{45}\text{Co}_{45}\text{Zr}_{10})_x(\text{SiO}_2)_{100-x}$, $(\text{Co}_{41}\text{Fe}_{39}\text{B}_{20})_x(\text{SiO}_2)_{100-x}$ и $(\text{Co}_{84}\text{Nb}_{14}\text{Ta}_2)_x(\text{SiO}_2)_{100-x}$.

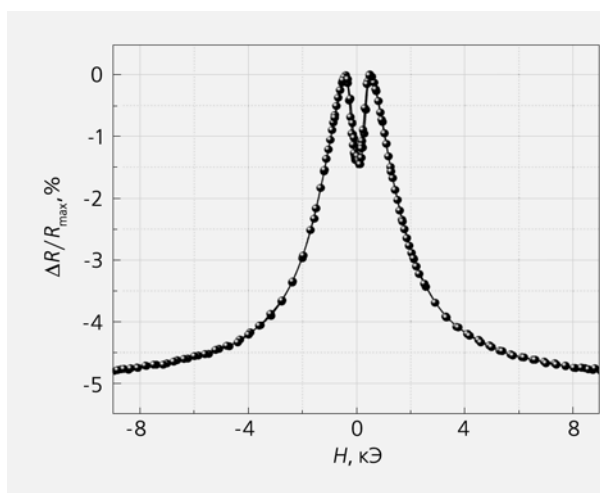


Рис.11. Полевая зависимость магнитосопротивления наногранулированного композита $\text{Co}_{58}(\text{Al}_2\text{O}_3)_{42}$.

ческой фазы, из которой сформированы гранулы [10]. При увеличении значений магнитострикции насыщения ферромагнитных включений, обусловленном изменением элементного состава гранул от CoNbTa к CoFeV и далее к CoFeZr, магнитосопротивление линейно возрастает. Наблюдаемые корреляции между магнитострикцией насыщения ферромагнитной фазы и максимальными значениями магнитосопротивления связываются с возрастанием вклада d -электронов в спин-зависимое туннелирование при последовательном изменении материала гранул: CoNbTa \rightarrow CoFeV \rightarrow CoFeZr.

Наши исследования показали, что если в нанокompозитах существует локальная анизотропность, то помимо обычного, ставшего уже классическим, отрицательного магнитосопротивления, может наблюдаться и положительное магнитосопротивление, причем значительно большее, чем это имеет место в гомогенных материалах (рис.11) [9]. Такое поведение вызывается наличием в структуре композитов, расположенных вблизи порога перколяции, нанобъектов, которые значительно различаются по величине магнит-

ной анизотропии. Сравнительно небольшим значением магнитной анизотропии характеризуются отдельные наногранулы, большим значением — перколяционные кластеры (цепочки физически контактирующих друг с другом гранул). Разные значения магнитной анизотропии обуславливают переориентацию магнитных моментов при различных значениях поля, а наличие диполь-дипольного взаимодействия между кластерами и гранулами приводит к тому, что максимальная степень разупорядоченности магнитных моментов (а значит, и минимальная туннельная проводимость) реализуется не в нулевом поле, а в некотором небольшом поле, соответствующем максимуму на зависимости магнитосопротивления от напряженности магнитного поля. Этот эффект еще слабо изучен, но перспективы его практического применения очевидны.

Итак, управляя поляризацией спинов электронов, можно изменять электрическое сопротивление ферромагнитных гранулированных наносистем. Впереди захватывающие эксперименты в наномире, новые открытия и привлекательные проекты для практики. ■

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проекты 03-02-96486 и 05-02-17012.

Литература

1. Yasaman M.J., Ascencio J.A., Liu H.B., Gardea-Torresdey J.L. // J. Vac. Sci Technol. 2001. V.B19(4). P.1091—1103.
2. Калинин Ю.Е., Пономаренко А.Т., Ситников А.В., Стогней О.В. // Физика и химия обработки материалов. 2001. №5. С.14—20.
3. Стогней О.В., Калинин Ю.Е., Ситников А.В. и др. // Физика металлов и металловедение. 2001. Т.91. №1. С.24—31.
4. Калинин Ю.Е., Ремизов А.Н., Ситников А.В. // Физика твердого тела. 2004. №11. С.2076—2082.
5. Мотт Н., Девис Э. Электронные процессы в некристаллических веществах. М., 1974.
6. Калинин Ю.Е., Ситников А.В. // Новые магнитные материалы микроэлектроники. Сб. трудов XIX международной школы-семинара, 28 июня — 2 июля 2004 г. М., 2004. С.354—356.
7. Глазман Л.И., Матвеев К.А. Неупругое туннелирование через тонкие аморфные пленки // Журнал экспериментальной и теоретической физики. 1988. Т.94. Вып.6. С.332—343.
8. Глазман Л.И., Шехтер Р.И. // Журнал экспериментальной и теоретической физики. 1988. Т.94. Вып.1. С.292—306.
9. Золотухин И.В., Калинин Ю.Е., Ситников А.В., Стогней О.В. Нанокompозиты металл—диэлектрик с аморфной структурой // Современные проблемы физики твердого тела и материаловедения. Юбилейный сборник памяти В.С.Постникова. Воронеж, 2005. С.44—54.
10. Буравцова В.Е., Ганьшина Е.А., Гуцин В.С. и др. // Известия РАН, серия физическая. 2003. Т.67. №7. С.918—920.

Научные сообщения Всемирный потоп и великая хвалынская трансгрессия Каспия

А.А.Свиточ,

доктор географических наук

Московский государственный университет им.М.В.Ломоносова

Повесть о крупнейшей трагедии в истории человечества — Всемирном потопе, изложенное в Библии, издавна волнует людей, что нашло отражение во многих сказаниях, легендах и художественных произведениях. Не прекращаются поиски материальных следов этой катастрофы (остатков Ноева ковчега) и в наше время. Существуют некие международные фонды, экспедиции которых прочесывают территории от склонов Арарата до приморских районов стран Средиземноморья.

Подбираются аналогии Всемирному потопу и в научной среде. Так, московский геолог А.А.Чепалыга неоднократно высказывал мнение, что событие, описанным в Ветхом Завете, могла быть хвалынская трансгрессия (наступление) Каспийского моря, отмечавшаяся в самом конце последнего геологического периода и совпавшая с ним по времени [1]. Это представление было озвучено на заседании четвертичной комиссии РАН в 2004 г. и в 2005 г., на IV Всероссийском совещании по изучению четвертичного периода в Сыктывкаре. Но насколько правомерно сопоставление Всемирного потопы с хвалынской трансгрессией?

Мне, палеогеографу, много лет изучающему четвертичные отложения Каспия [2], оно представляется сомнительным. Но прежде обратимся к Книге Бытия [3].

Вот что можно прочесть о Всемирном потопе в Пятикнижии Моисея: «Гл. 7.11. В шестисотый год жизни Ноевой, во второй месяц, в семнадцатый день месяца, в сей день разверзились все источники великой бездны и окна небесные отворились. 12. И лился на землю дождь сорок дней и сорок ночей. <...> 17. И продолжалось на земле наводнение сорок дней и умножилась вода, и она подняла ковчег, и он возвысился над землей. 18. Вода ж усиливалась и весьма умножилась на земле, и ковчег плавал по поверхности вод. 19. И усилилась вода на земле чрезвычайно, так что покрылись все высокие горы, какие есть под всем небом. 20. На пятнадцать локтей над ними вода, и покрылись горы. 24. Вода же усиливалась на земле сто пятьдесят дней. Гл. 8.1. И вспомнил Бог о Ное и о всех зверях, и о всех скотах, бывших с ним в ковчеге, и навел Бог ветер на землю, и воды остановились. 2. И закрылись источники бездны и окна небесные и перестал дождь с неба. 3. Вода же постепенно возвращалась с земли, и стала убывать вода по окончании ста пятиде-

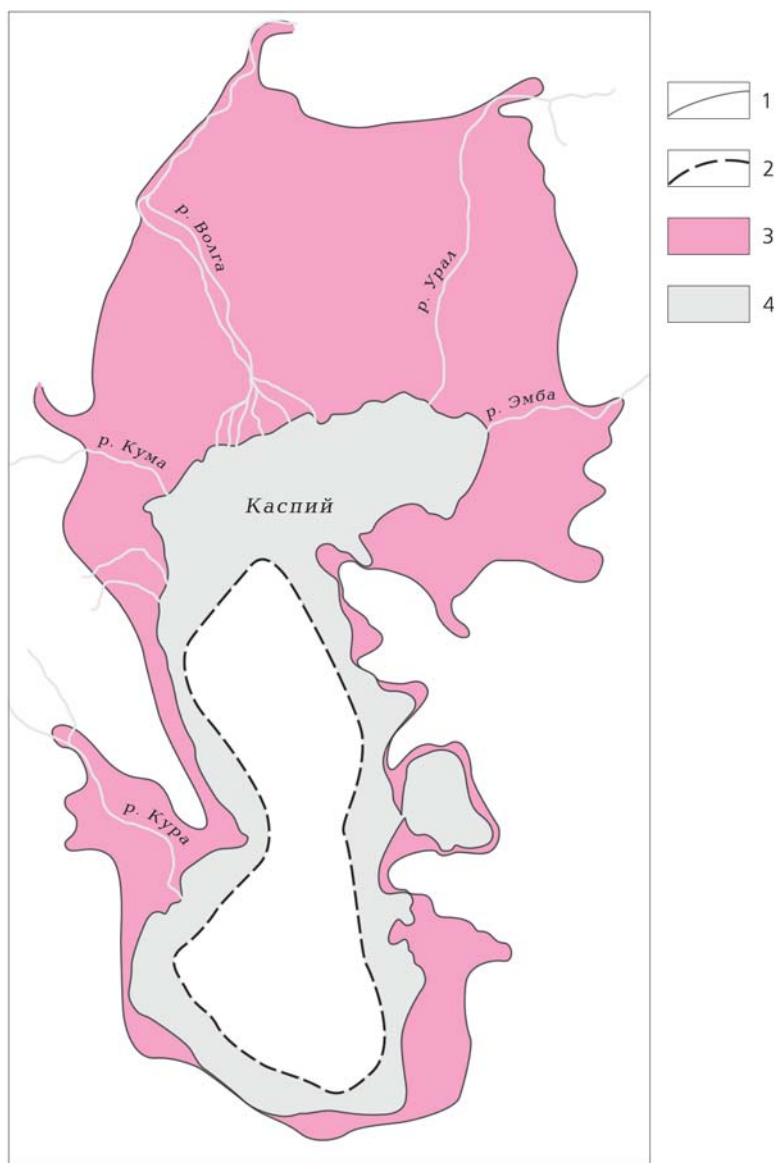
сяти дней. 5. Вода постепенно убывала до десятого месяца; в первый день месяца показались верхи гор. 13. Шестисот первого года к первому дню первого месяца иссекала вода на земле; и открыл Ной кровлю ковчега и посмотрел и вот, обсохла поверхность земли».

Судя по описанию этого драматического события, унесшего целое поколение людей, оно было не очень продолжительным, а в геологическом времени просто кратковременным — дождь продолжался 40 суток, вода прибывала 150 дней, а убывала до 10 месяцев. Существует достаточно авторитетное мнение австрийских геологов [4], что бедствие началось в сентябре 9545 до н.э., или 11 545 лет назад. Причиной его действительно могли быть мощные продолжительные дожди, вызвавшие катастрофическое наводнение, затопившее всю сушу.

Что касается хвалынской трансгрессии Каспия, то ее история изучена достаточно полно [2, 5] — известны время, масштабы, последовательность, характер подъема вод, состав осадков и обитавших в море организмов. Название трансгрессии дано Н.И.Андрусовым по древнему наименованию Каспия. Воды этого древнего бассейна площадью почти 1 млн км² в Север-



Всемирный потоп: умножение воды (с рисунка Г.Доре, иллюстрация к Библии, 1860-е годы).



Хвалынская трансгрессия Каспия: границы максимального распространения (1) и предхвалынского сокращения (2), площадь затопления (3), обсыхавший шельф (4).

ном Прикаспии располагались от уступов Ергеней на западе до чинков Устюрта на востоке, на севере они доходили до подножий Общего Сырта, проникая по долине Волги до устья Камы.

Море затопляло Куринскую впадину, побережья Кавказа, Западно-Туркменскую низменность и низкие Каракумы. Уровень водоема достигал отметок +50 м, превышая современное

положение почти на 80 м. Если учитывать, что трансгрессия началась от отметки около минус 50 м, то общее поднятие уровня моря можно оценить в 100 м. Соленость хвалынского моря была близка солености современного Каспия, оно было заселено различными микроорганизмами (остракодами, фораминиферами, диатомеями) и моллюсками. По составу послед-

них хорошо реконструируется характер трансгрессии.

В ее начале в Северном Прикаспии существовали моллюски с резким преобладанием *Dreissena polymorpha* и *Didacna trigonoides* — форм, свидетельствующих о значительном опреснении моря. По мере усиления трансгрессии происходило постепенное осоленение вод, о чем можно судить по появлению таких видов, как *Didacna parallela* и *D. protracta*. В максимум трансгрессии, когда эти формы господствовали, соленость каспийских вод составляла 12–13‰, что соответствует современной солености моря.

С наступлением регрессии снова отмечается опреснение моря, среди моллюсков вновь преобладают виды слабосоленоватых и пресных вод — *Didacna trigonoides* и *Dreissena polymorpha*.

Судя по радиоуглеродным датировкам, хвалынская трансгрессия имела место в конце позднего плейстоцена, с максимумом около 15–12 тыс. лет назад, а закончилась в начале голоцена (9–7 тыс. лет назад), что совпадает с завершением последнего (поздневалдайского, поздневюрмского) оледенения Русской равнины, а также с низким уровнем Мирового океана, находившимся на отметках около минус 25 м и ниже.

Результаты изучения ископаемых спор и пыльцы из отложений хвалынского моря указывают на существование на его побережьях ландшафтной зональности. В Северном Прикаспии господствовали сухие прохладные степи с марево-полынной растительностью и значительным участием растений мокрых солончаков и солонцов. На западном побережье были развиты мезофильные леса, а на восточном — разнотравно-маревые степи и полупустыни.

Какова причина хвалынской трансгрессии? Достаточно распространено представление, что она была обусловлена обильным поступлением талых

вод деградирующих ледников Русской равнины и даже из подпрудных водоемов Западной Сибири. Однако с этим мнением трудно согласиться. Дело в том, что в Северном Прикаспии — районе основного поступления упомянутых талых ледниковых вод — опреснения не отмечается. Более того, соленость хвалынского моря в этом районе, судя по комплексам ископаемых дидакн (господство *D.protracta*), была близкой к солености современного Южного Каспия (около 13‰) и превышала в два раза соленость современного Северного Каспия.

Более вероятной причиной великой хвалынской трансгрессии было похолодание климата всего обширного Восточно-Европейского региона и, как следствие, уменьшение испарения с поверхности моря, приведшее к увеличению водного баланса. Интересно, что максимальные размеры трансгрессии определялись не этими причинами, а высотой Манычского порога, находившегося на отметках около +50 м абс. выс. в местечке Зулга-Толган на восточном окончании Манычской низины. Низина располагалась между Каспийским и Черным морями и периодически превращалась в соединявший их пролив. В плейстоцене это случалось неоднократно — во время бакинской (около 400 тыс. лет назад), ранне- (200 тыс. лет назад) и позднехазарских (~100 тыс. лет назад) и хвалынских трансгрессий Каспия, когда происходил обширный сброс каспийских вод в котловину Черного моря. В последний раз солоноватые хвалынские воды переливались в новоэвксинский пресноводный водоем, располагавшийся в котловине Черного моря на отметках около минус 100 м абс. выс., что существенно ниже уровня пролива Босфор. Ширина Манычского пролива в это время достигала 40 км, а перепад высотных отметок на протяжении 780 км составлял около 150 м.

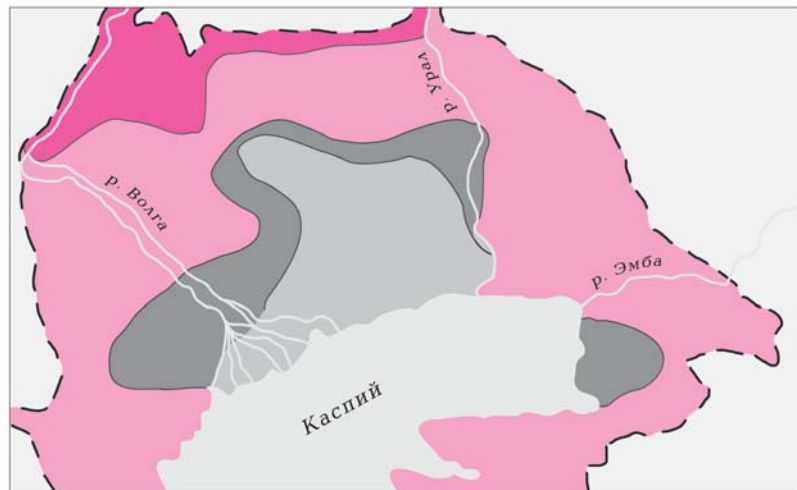


Схема солёности вод хвалынского моря по данным анализа комплекса моллюсков: ниже 5‰ (1), 5–9‰ (2), 9–13‰ (3), выше 13‰ (4); изолинии солёности (5), границы трансгрессии (6).



Каспий наступает. Дагестанское побережье, 1995 г.

Фото автора

Представляются крайне любопытными два обстоятельства. Во-первых, сброс больших масс каспийских вод в новоэвксинский водоем не привел к существенному повышению его уровня и переливу через Босфор в Мраморное море. Во-вторых, не происходило сколько-нибудь заметного осолонения новоэвксинского пресноводного бас-

сейна каспийской водой — в осадках Черного моря полностью отсутствуют каспийские солоноватоводные моллюски рода *Didacna*, крайне редки они и в Азовском море — на западном выходе Манычского пролива. Здесь в начале прошлого века Андрусовым, по данным подводного бурения, отмечены единичные *Didacna moribunda* —

вида, сходного с тригонойными каспийскими дидакнами, выдерживающими наибольшее опреснение. По геологическим данным, такие характерные солоноватоводные моллюски, как *Didacna protracta* и *D. parallella*, далее Восточного Маныча по проливу не проникали. Сокращение хвалынского моря, проходившее стадийно, неоднократно прерывалась различными по высоте и продолжительности повышениями уровня в раннем голоцене. Самая крупная из них, произошедшая около 9—7 тыс. лет назад, выделяется как позднихвалынская трансгрессия Каспия, однако ее воды до Маныча не доходили.

Таким образом, хвалынская трансгрессия по геологическим меркам была тоже относительно непродолжительной (не более 10 тыс. лет). Начавшееся около 15—17 тысяч лет назад повышение уровня моря затопило низменные побережья Каспия до отметок +50 м. Трансгрессия совпала с холодной климатической эпохой и низким уровнем океана. По депрессии Маныча происходил сброс хвалынских вод в новоэвксинский водоем Черного моря. Однако поступление каспийских вод на его солевой режим заметно не повлияло и не вызвало резкого повышения его уровня.

Хотя сравнение научных представлений с библейскими сказаниями вряд ли правомерно, все же рискнем это сделать.

Сопоставим существующие сведения о библейском потопе и хвалынской трансгрессии по масштабам и времени существования. В Библии сказано, что, затопив всю земную сушу, Всемирный потоп уничтожил все живое, спасся только Ной и другие обитатели его ковчега. От хвалынской же трансгрессии пострадали лишь племена, обитавшие на низменных территориях вокруг Каспийского моря. На побережьях Черного моря ее влияние было небольшим (затопление нижней части шельфа) и совершенно отсутствовало в Малой Азии и Восточном Средиземноморье — местах основных библейских событий.

Всемирный потоп продолжался меньше года, это небольшой срок даже для одного поколения людей, поэтому он и остался в памяти человечества как катастрофа с трагическими последствиями. Хвалынская трансгрессия была несравненно продолжительней, по времени она охватывала жизнь около 150 поколений людей, носителей каспийской культуры восточных побережий Каспия. Однако для них это не было катастрофой, поскольку ежегодный подъем воды, по-видимому, не превышал нескольких сантиметров, и племена имели возможность откочевать в более безопасные районы. По этой причине ее тем более неправомерно называть потопом — событием быстро-

течным. К тому же следует заметить, что более негативные последствия для побережий Каспия имеют кратковременные и интенсивные подъемы уровня моря. Так, в 1978—1995 гг. уровень Каспийского моря непредсказуемо поднялся на 2,42 м. В результате на его побережьях произошла существенная перестройка природных процессов и особенно резкие изменения геоэкологической обстановки в береговой зоне городов, где частично либо полностью были разрушены жилые строения, промышленные объекты и полностью уничтожена система рекреации.

Ни по масштабам произошедшего, ни по времени прохождения рассмотренные события несопоставимы. В памяти людей, несомненно, отразилась великая трагедия, описанная в Пятикнижии, — катастрофическое наводнение. Но чем оно было вызвано? Возможно, не только выпадением дождя, как указано в Библии, но и мощным цунами в результате землетрясения или извержений (похожая катастрофа потрясла жителей Земли не так давно, в 2004 г.). Ясно только, что Всемирный потоп никак не мог быть хвалынской трансгрессией Каспия. Последняя отмечалась только на его побережьях, а в котловине Черного моря отразилась подъемом уровня на 30 м, в результате которого была затоплена часть черноморского шельфа. ■

Литература

1. Леонов Ю.Г., Лаврушин Ю.А., Антипов М.П. и др. // Доклады РАН. 2002. Т.389. №2. С.229—233.
2. Свиточ А.А. Колебания Каспийского моря в плейстоцене // Каспийское море: палеогеография и геоморфология. М., 1991. С.1—100.
3. Библия. Книга священного писания ветхого и нового завета. М., 1989.
4. *Christan-Tollman E., Tollman A.* // Mitt. Oster. Geol. Ges. 1991. Bd.84. S.1—63.
5. Федоров П.В. Плейстоцен Понто-Каспия. М., 1978.

Путешествие по карстовым пещерам Франции

Е.В.Трофимова

Карстом называют процессы, возникающие в горных породах, растворяемых природными водами. В результате образуется широко распространенный в мире рельеф, внешне привлекательный, но часто крайне опасный. Его составная часть — карстовые пещеры, предмет неиссякаемого интереса исследователей, хозяйственников, туристов и спортсменов.

Представляя Россию в карстовой комиссии Международного географического союза, я получила возможность изучить богатый европейский опыт исследования и использования карста, и в частности во Франции. Во время шестимесячной стажировки в спелеологической лаборатории Академии наук этой страны мне удалось своими глазами увидеть несколько здешних карстовых районов, познакомиться с работами специалистов в пещерах разного назначения, наблюдать самую современную технику слежения за тем, что происходит внутри этих уникальных подземных емкостей.

Более трети территории Франции сложено карстующимися горными породами: известняками, гипсами, солями, в которых сформированы крупнейшие в мире пещеры. Самая протяжен-



Елена Владимировна Трофимова, кандидат географических наук, доцент Иркутского государственного университета. Область научных интересов — карсто- и спелеогенез, пещерные льды, рекреационное использование и охрана пещер.

ная из них — карстовая система Кум-де-Уернедо с 38 отдельными входами, раскинувшая под землей свои лабиринты на 95 км. Самая глубокая — пропасть Жан-Бернар — протянулась по вертикали на 1535 м. Гордость и национальное достояние страны — многочисленные подземные полости с изумительными цветами из хрупкого арагонита.

Впервые пещеры Франции обследовались в 1785 г., а в конце XIX — начале XX в. известный французский спелеолог Е.-А.Мартель посетил и описал практически все известные к тому времени карстовые области страны. Наиболее крупные экспедиции были организованы в районах Коссов и на территории водосборного бассейна всемирно известного карстового источника — фонтана Воклюз.

Это самая глубокая в мире затопленная пропасть глубиной 315 м, на водосборной площади которой (около 1240 км²) было обнаружено около 400 карстовых воронок и провалов, глубина которых варьирует от 2 до 667 м (максимальную глубину имеет провал Каладаир) [1].

Существуют разные данные о количестве карстовых пещер и пропастей на территории Франции — точная оценка затруднена. Так, только в одном карстовом массиве Сен-де-Бигур (Пиренеи) площадью менее 100 км² их насчитывается более 800.

Карстовые пещеры во Франции использовали и используют в разных целях. В трех из них, где имеется возможность проникновения внутрь массива для непосредственного изучения

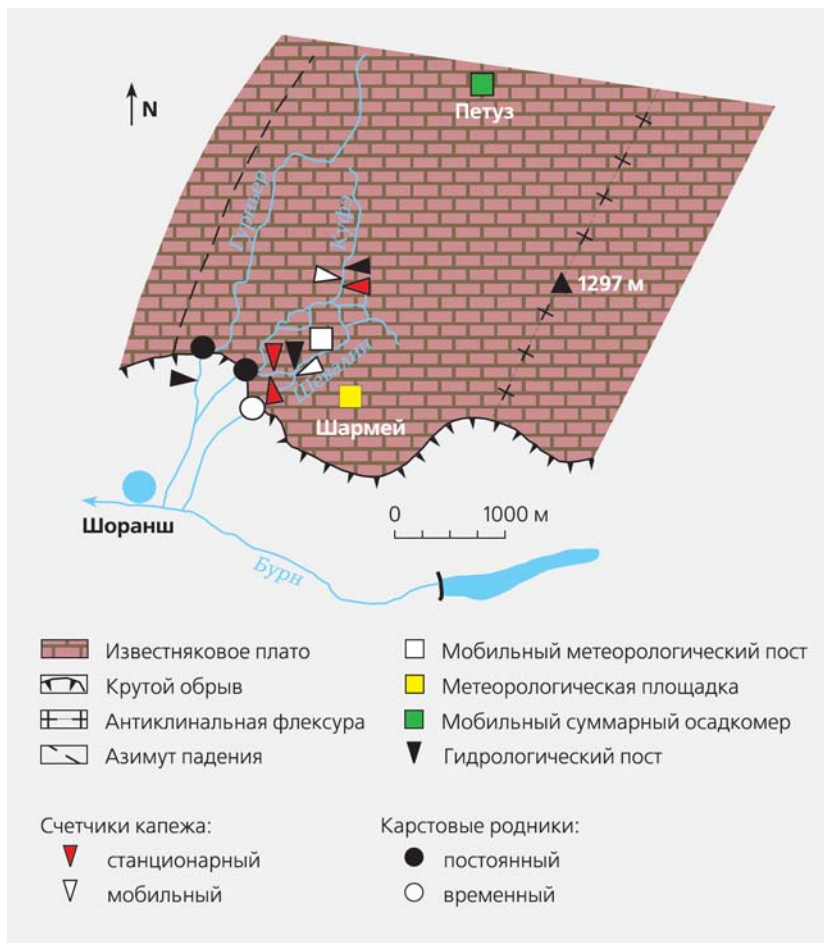


Схема расположения стационара пещеры Шоранш.

природных процессов, происходящих в карсте, устроены подземные лаборатории.

Пещеры-лаборатории

Первая — *Шоранш*, площадью 1350 км², — располагается во французских Альпах. Система состоит из трех пещер — Гурнье, Куфэ и Шевалин, протянувшихся более чем на 45 км. Гидрогеологическими границами подземной системы являются с запада — сброс Гурнье, представляющий собой вертикальное разрывное тектоническое смещение горных пород, а с востока — антиклинальная флексура Кулм — выпуклый ступенеобразный изгиб горизонтально залегающих отложений.

Основные научные направления лаборатории (работы проводятся специалистами Савойского университета) — изучение эволюции карстового массива Веркор, отложений пещер, а также гидрологических и гидрогеологических особенностей развития карстовых процессов.

В подземной лаборатории Шоранш в разных целях исследуют натечные вторичные минеральные отложения — сталактиты, сталагмиты и др., образование которых обусловлено поступлением в подземную полость по трещинам воды, насыщенной карбонатом кальция.

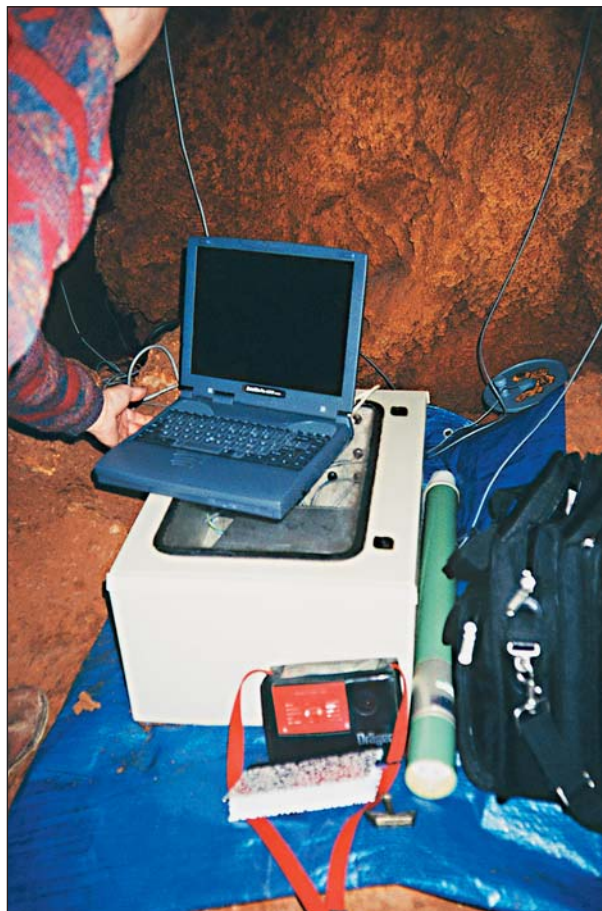
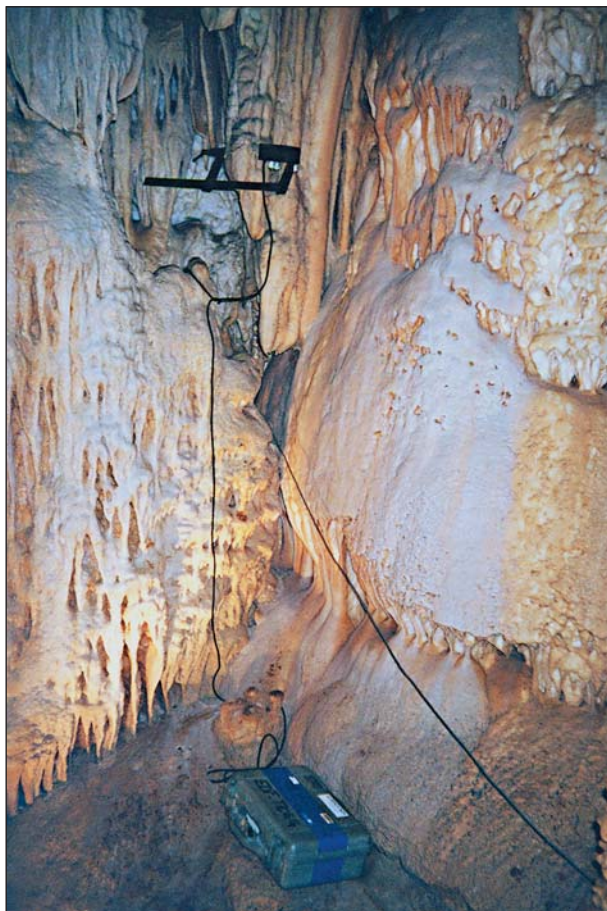
Анализируется их расположение, а на ключевых участках определяется возраст. Делается это по продольным срезам сталагмитов, на которых четко вид-

ны концентрические минеральные слои: светлые формируются в зимний сезон, а темные — в теплое время года. Сопоставляя расположение в пещере разновозрастных натечных образований, можно восстановить этапы изменения гидрологических и гидрогеологических условий массива Веркор.

В настоящее время в пещере-лаборатории с помощью мобильного суммарного осадкомера измеряют объем поступления поверхностных вод, а стационарный и мобильный счетчики капежа позволяют оценить разгрузку подземных вод — дебит постоянного и временного карстовых родников. Динамика поверхностных и подземных вод анализируется по данным гидрологических постов. Наблюдения за температурой и влажностью воздуха на поверхности осуществляются на метеорологической площадке, а в пещере — на мобильном метеорологическом посту, с помощью специальных датчиков, причем информация собирается каждые 15 мин и фиксируется в компьютерной базе данных.

Изучение продольных срезов сталагмитов послужило основой и для восстановления истории освоения массива Веркор: концентрические минеральные слои с прослойками каменного угля по времени совпадают с неолитическими поджогами древесно-травяного покрова, связанными с охотой. В более поздний период (300—100 лет до н.э.) происходила распашка земли и разработка угольных копей на плато, что находит отражение в минеральных слоях с зонами больших плотностей глинистых включений и угля [2].

Основанная еще в 1945 г. лаборатория в пещере *Мули*, принадлежащая Французской академии наук, расположена в Малых Пиренеях. Подземная полость в долине р.Арьеж, на краю маленького селения с одноименным названием, в 115 км



Пункт микроклиматических наблюдений в системе Шоранш с датчиками и компьютером.

Фото автора

к югу от г. Тулузы, имеет общую протяженность 900 м. В лаборатории готовили диссертации такие известные французские исследователи, как Б.Гез, Ф.Тромб, М.Бакалович и др. Основные научные направления — биоспелеология, микроклимат подземных полостей, геоморфология карстовых массивов. В частности, здесь оценивается величина интенсивности эрозии известняков для суточного, месячного и годового интервалов времени.

Лаборатория создана также в пещере *Пьер-Сен-Мартен* (Пиренеи) на высоте около 1500 м, в непосредственной близости от одноименного франко-испанского перевала. Это крупнейшая в мире подземная полость глубиной 1371 м и общей протяженностью более 50 км, включающая

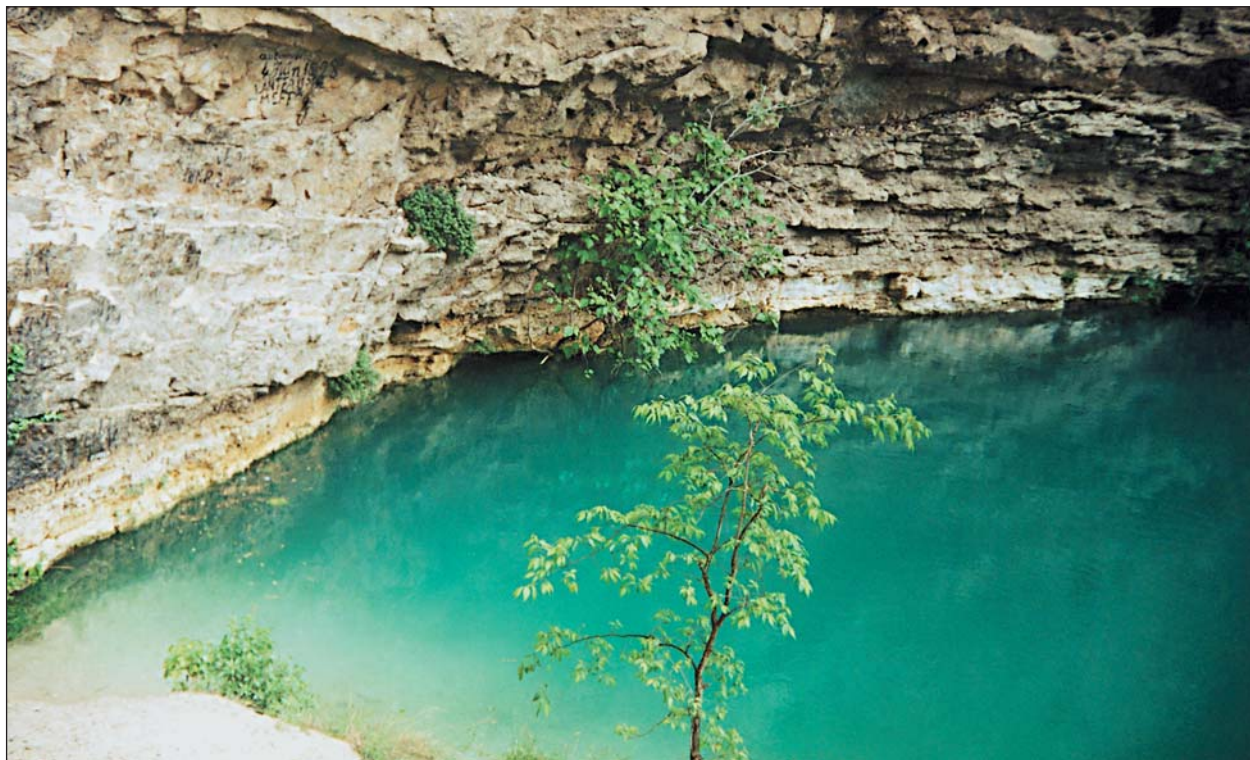
такие всемирно известные объекты подземного карстового рельефа, как зал Верна, с объемом, в восемь раз превышающим Нотр-Дам-де-Пари, и входной отвесный колодец глубиной 320 м, способный вместить Эйфелеву башню. Пещера отличается сложной сетью переплетающихся подземных ручьев и рек. Для координации научно-исследовательских работ в 1993 г. создана Ассоциация международных спелеологических исследований пещеры Пьер-Сен-Мартен, включающая 38 спелеологических клубов преимущественно из Франции, Испании и Бельгии. Научное руководство работами осуществляется университетом Бордо-III. Спектр изысканий Ассоциации весьма обширен — от орнитологических наблюдений до изучения градиента содержа-

ния CO_2 в подземных водах по глубине.

Естественно-исторические музеи

Среди открытых для посещения пещер — широко известные Мадлен, Мас-д'Азиль, Ориньяк. Это настоящие естественно-исторические музеи.

Пещера-музей Мадлен «работает» с 1969 г. Она находится в 7 км к востоку от дер.Сент-Ремез, на левом обрывистом (с превышением до 300 м) берегу р.Ардеш (правого притока Роны в нижнем течении). Пещера представляет собой результат многовековой работы подземных вод в известняках нижнемелового возраста: стены, пол и потолки подземной полости



Ярко-бирюзовое очарование карстового источника Воклюз (эти две фотографии — слева и справа — практически создают полную панораму источника).

Фото автора



Арагонитовое чудо пещеры Малаваль в Лозере.

Фото Ж.Биго

изобилуют удивительными сталактитами и сталагмитами феерических цветов, кораллитами, колоннами-органами высотой до 30 м и т.д.

В отложениях подземной полости найден богатый и разнообразный инвентарь, гарпуны, орнаментированные кости, украшения из раковин и т.д., что позволило выделить в ней новую археологическую культуру кон-

ца позднего палеолита — мадлен [3. С.243], соответствующую позднеледниковому времени (16—10 тыс. лет назад). Во Франции просматривается ряд этапов развития этой культуры.

В 110 км к югу от г.Тулузы располагается уникальная в Европе пещера Мас-д'Азиль (Малые Пиренеи, долина р.Аррьеж). Пересекаемая р.Ариз, эта полость известна своим огромным туннелем протяженностью 450 м. В 1850 г. он был превращен в дорогу, которая существует и сегодня. На правом берегу реки находится ансамбль подземных галерей в несколько этажей, хранящих многочисленные следы археологической культуры азиль (от названия пещеры), а также остатки фауны периода последнего оледенения. Эта археологическая культура первой половины мезолита отличается мелкими кремневыми орудиями: вкладышами геометрических очертаний (микролитами), плоскими гарпуна-

ми из рога благородного оленя и так называемыми азильскими гальками — плоскими речными гальками с нанесенными красной охрой условными рисунками [3. С.15]. Культура азиль наиболее распространена на территории Франции, ее возникновение относится примерно к началу голоцена.

Небольшая по своим размерам пещера *Ориньяк* (100 км на юго-запад от г.Тулузы), раскопанная в 1860 г., расположена на левом берегу р.Гаронны, в пределах верхнего, V-образного, участка долины реки. Музей открыт для посещения с 1969 г. Археологические находки подземной полости послужили основой к выделению одной из самых ранних археологических культур в Центральной и Западной Европе (верхний палеолит) — ориньяк, характеризующейся каменной индустрией на пластинках с краевой ретушью, резцами, скребками с выемками, а также костяным инвентарем [3.



С.305]. Наибольшее распространение культура ориньяк получила во Франции, ее основное развитие происходило в третью фазу вюрмской ледниковой эпохи: по радиоуглеродным датировкам — 32—25 тыс. лет назад. Выделяется пять этапов развития культуры ориньяк, последний — ориньяк-V — соответствует времени 19 тыс. лет назад [4]. В отложениях пещеры найдены человеческие кости и черепа, а также множество зубов плотоядных и травоядных млекопитающих: большого пещерного медведя, пещерной гиены, лошади и др.

В отличие от перечисленных «музеев», пещера *Шове*, обнаруженная в канун 1994 г. в верхней части каньона Ардеш, напротив знаменитого карстового моста, протянувшегося над рекой, закрыта для публичного осмотра. Она хранит более 400 наскальных рисунков: лошадей, носорогов, пещерных медведей и т.д. Возраст рисунков 32—26 тыс. лет [5], хотя имеются отдельные находки, позволяющие их отнести к более раннему периоду — 14—19 тыс. лет назад [6]. Отсут-

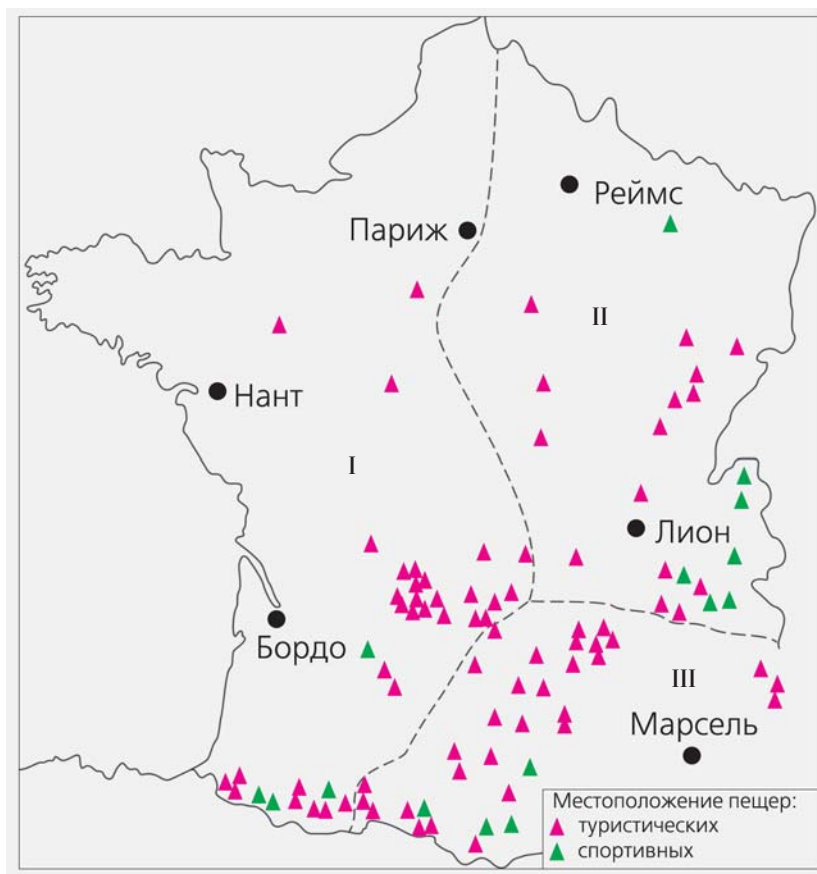
ствие процессов выветривания, а также значительных структурных перестроек в карстовых массивах верхнего течения долины р.Ардеш predeterminedили превосходную сохранность бесценных творений человека на протяжении тысячелетий. Несмотря на многочисленные дискуссии, пещера Шове рассматривается как убежище культуры ориньяк — одного из самых древних пещерных искусств на Земле.

У пещеры два входа. Первый, ближайший к наскальным рисункам, перекрыт бронированной дверью с голосовым индикатором, справа от которого находится доска чести с указанием имен первооткрывателей. Второй оборудован металлической решеткой с замком. В подземной полости проводятся археологические обследования, наблюдения за микроклиматом, радиационной обстановкой, состоянием натечных отложений, а также геологические изыскания. Специалисты работают здесь только в специальных комбинезонах и обуви. Исследования ведет подземная лабора-

тория Центра научных исследований Франции Мули и Лаборатория исследования исторических памятников. Разрабатывается проект оборудования небольшого участка пещерных ходов под туристические маршруты.

Для туристов, спортсменов и гурманов

В настоящее время во Франции 106 пещер оборудовано для проведения туристических экскурсий [7]: в подземных полостях построены пешеходные дорожки, лестницы, обзорные площадки, проведено освещение, установлены громкоговорители, дополняющие рассказы гидов и в отдельных гротах транслирующие записи музыкальных фрагментов. Ежегодно эти пещеры посещают 6 млн. человек. В 1963 г. была основана Национальная ассоциация пользователей пещер для туристов, она и занимается координацией оборудования подземных полостей. Наиболее посещаемые пещеры по своему местопо-



Районирование основных туристических и спортивных пещер на территории Франции.

ложению делят на три большие группы (I, II, III).

Первая — это 32 подземных полости в пределах карстовых районов плато и равнин Западной Франции — Гранд Коссов и Коссов Куерси — и горного массива Западные Пиренеи. Большая часть этих пещер (Гаргас, Пеш Мерль, Руффиньяк и др.) богато украшена конкрециями, в них обнаружены следы пребывания древнего человека, а также наскальные рисунки различных археологических культур.

Вторая, во Французских Альпах, состоит из 15 пещер среднегорных и высокогорных районов, отличающихся широким распространением горизонтальных разветвленных галерей и вертикальных участков. Выделяется своими размерами зал в пещере Пудрей, в диаметре достигающий 200 м при высоте

60 м. Имеются подземные полости с сифонами (Драй Бланш) и даже живописными подземными водопадами (Бом-ле-Месье). Как и в пещерах первой группы, здесь наблюдается изумительное разнообразие пышных форм подземного рельефа, образуемое многочисленными сталактитами, сталагмитами, сталагматами, драпировками, а на дне озер встречается даже пещерный жемчуг.

В третью группу входят 30 пещер региона, находящихся в пределах низко- и среднегорных районов южных Предальп, Средиземноморья и Восточных Пиренеев. Отличительная особенность этих подземных полостей — широкое развитие отложений из арагонита. Всемирную известность получила пещера Арманд, скрывающая в своих лабиринтах «лес» из бо-

лее чем 400 сталагмитов, один из которых имеет наибольшую в мире высоту — свыше 30 м. Ряд подземных полостей снабжены лодками для катания по подземным рекам (Лабуиш и др.). Около пещеры Девез открыт Музей французской спелеологии.

Основные 15 спортивных пещер региона находятся преимущественно в горных районах страны. Здесь выделяются пещеры-пропасти с глубинами более 1000 м: Бержер, Жан-Бернар, Мирольда, а также пещеры-галереи, растянувшиеся более чем на 10 км под землей — Сигалер, Данде-Кроль, Гурньер, Ру-дю-Пьи. Во многих подземных полостях обнаружены сифоны. Посещение таких пещер требует специальной и длительной подготовки спортсменов-спелеологов.

Пещеры издавна используют в хозяйственных целях, в основном для производства сыров, хранения фруктов и вина. Мировую известность за свой вкус и аромат получил «Рокфор» — «сыр королей», приготавливаемый в южных Пиренеях из овечьего молока с добавлением грибка *Penicillium roqueforti*. Созревание «Рокфора» происходит в течение не менее трех месяцев в пещере Комбалу при температуре 8—10°C. Грибок *Penicillium roqueforti* специально разводится на стенах этой же подземной полости. В пещерах массива Люнас созревает сыр «Гофф фрер», в подземной полости Сердо — сыр «Бле-де-Же». С начала XX в. здесь же при постоянной температуре 13°C хранятся фрукты. Известны примеры использования пещер для хранения вина, к примеру, в Коссах Ларзак. Для рассматриваемых подземных полостей характерны широкие галереи с высокими стрельчатыми сводами, предопределяющими их хорошую аэрированность.

В горно-складчатых районах Альп и Пиренеев встречаются пещеры с источниками минеральных термальных вод. Температура воды в них варьирует от 16° до 70°C, воды углекислые,



Горное селение Мули в Пиренеях.

Здесь и далее фото автора



Пещера-музей Мас-д'Азиль.



Бронированная дверь пещеры Шове с доской чести ее первооткрывателей.

хлоридно-натриевые и т.д., встречаются также воды с содержанием радиоактивных элементов. Минеральные термальные воды подземных полостей используются в бальнеологии — для лечения различного рода заболеваний, прежде всего опорно-двигательного аппарата.

* * *

В целом можно заключить, что пещеры во Франции — объ-

ект бережного отношения. Существует множество пекущихся о них государственных, научных и общественных организаций: центральных — таких как Ассоциация французской карстологии, Федерация французской спелеологии и др., и региональных — например, Группа спелеологических и археологических научных исследований г.Монтпелье, Общество памятных природных объектов Лон-

гедок, и т.д. Все они занимаются изучением и сохранением этих необыкновенных форм подземного карстового рельефа для будущих поколений. Возможно, что одна из причин особого отношения к пещерам во Франции в том, что многие из них «обрели хозяина», поскольку носят имена первооткрывателей, которые затем сами организуют экспедиции в «свои» подземные полости, поднимая их научный и общественный престиж.

Хорошо бы и в России, где немало красивейших карстовых пещер, перенять этот опыт. Наша страна, без преувеличения, владеет неисчерпаемыми спелеологическими ресурсами. Имеются пещеры с изумительными «бездонными» озерами, бурлящими реками, завораживающими водопадами и, что характерно для условий умеренного и континентального климата нашего региона, с огромным числом изумительных ледяных форм — сталактитов, сталагмитов, обширных наледей и даже ледников.

Длиннейшая в России пещера Орешная (Восточные Саяны) имеет протяженность около 58 км при глубине 240 м. Более чем на 10 км под землей раскинулись лабиринты пещеры Ботовской (Средне-Сибирское плоскогорье), Кулогорской-Трои (Пинежье), Крестика-Туриста (Адыгея), Воронцовской (Краснодарский край), Ящика Пандорры (Кузнецкий Алатау) и Дивьей (Урал). Глубочайшая пещера Горло Барлога имеет глубину 870 м при общей протяженности более 1000 м. Пятисотметровый рубеж превысили Крестик-Турист, Парящая птица, Ольга в Адыгее, Ручейная-Заблудших, Назаровская в Краснодарском крае, Майская и Ростовская в Карачаево-Черкесии. Пещеры активно посещают, о чем наглядно свидетельствуют груды мусора, ежегодно извлекаемые спортсменами-спелеологами из подземных систем, где не «работают» процессы выветрива-



Натечные украшения Розового зала пещеры Пеш Мерль.
(Эти фото — подарок коллеги-спелеолога.)



Гномик-сталагмит (пещера
Аргаракан, долина р.Лены).

ния, не обитают гнилостные бактерии...

После развала Союза на территории нашей страны остался один официальный туристический маршрут — Кунгурская ледяная пещера на Урале, ежегодно принимающая до 80 тыс. экскурсантов. Здесь специалисты исследуют геолого-географические условия Ледяной горы, в которой сформировалась подземная полость. На Урале же ра-

ботает небольшая группа спелеологов, изучающая влияние микроклимата пещер на здоровье человека.

Таким образом, широким использованием пещер мы похвастаться вряд ли можем. И все же будем надеяться, что хозяин наших подземных просторств — сказочный гномик-сталагмит — чаще будет встречать в своих апартаментах нас, живущих под небесами. ■

Литература

1. Fontaine de Vaucluse. Histoire de la Fontaine / Ed. F.Haesevoets. Le Cannet, 1994.
2. Livret guide des excursions Grands Causses — Vercors / Ed. Y.P. et J.-J.Delannoy. Savoie, 1999.
3. Четырехязычный энциклопедический словарь терминов по физической географии / Ред. А.И.Спиридонов. М., 1980.
4. Meroc L. Edouard Lartet et l'élaboration de la Préhistoire Aurignac et l'Aurignacien, centenaire des fouilles d'Edouard Lartet // Bulletin de la Société Méridionale de Spéléologie et de Préhistoire. 1963. T.VI—IX. P.7—18.
5. Clottes J., Chauvet J.-M., Brunel-Deschamps E. et al. Les peintures de la Grotte Chauvet-Pont d'Arc, à Vallon-Pont-d'Arc (Ardèche, France): datations directes et indirectes par la méthode du radiocarbone // C. R. Acad. Sci. Paris, 1995. T.320. Série IIa. P.1133—1140.
6. Züchner Ch. The Chauvet cave: radiocarbon versus archaeology. Fois, 1996. P.25—27.
7. Viola C. Dictionnaire de la spéléologie. Lion, 2000.

Экспедиция ЮНЕСКО по следам индонезийской катастрофы 2004 года

К годовщине землетрясения у берегов Суматры

В.К.Гусяков,

доктор физико-математических наук

*Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН
Новосибирск*

Т.К.Пинегина,

кандидат географических наук

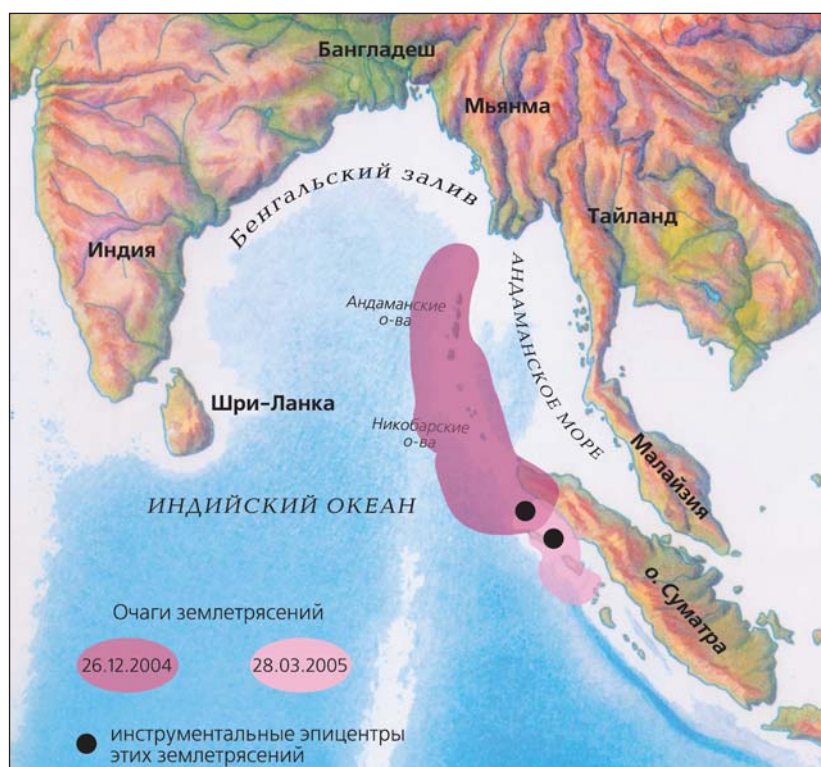
Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН

В.А.Салтыков,

кандидат физико-математических наук

*Камчатский филиал Геофизической службы РАН
Петропавловск-Камчатский*

Землетрясения с магнитудой более 8 возникают на Земле в среднем один раз в год. Наблюдавшуюся же в конце 2004 — начале 2005 г. вспышку сейсмичности на восточной окраине Индо-Австралийской плиты следует рассматривать как экстраординарное явление. Первое сильнейшее землетрясение в этом регионе было зарегистрировано 23 декабря 2004 г. около о.Маккуори (между Австралией и Антарктидой). Событие с магнитудой $M_w = 8.1$ произошло на стыке Тихоокеанской и Индо-Австралийской плит. Координаты гипоцентра — 50.14° ю.ш., 160.36° в.д., глубина $h = 10$ км [1]. Одно из сильнейших за последние несколько лет, землетрясение прошло практически незамеченным в силу удаленности от населенных мест, отсутствия разрушений и цунами. Но всего через три дня в северо-восточной части Индийского океа-

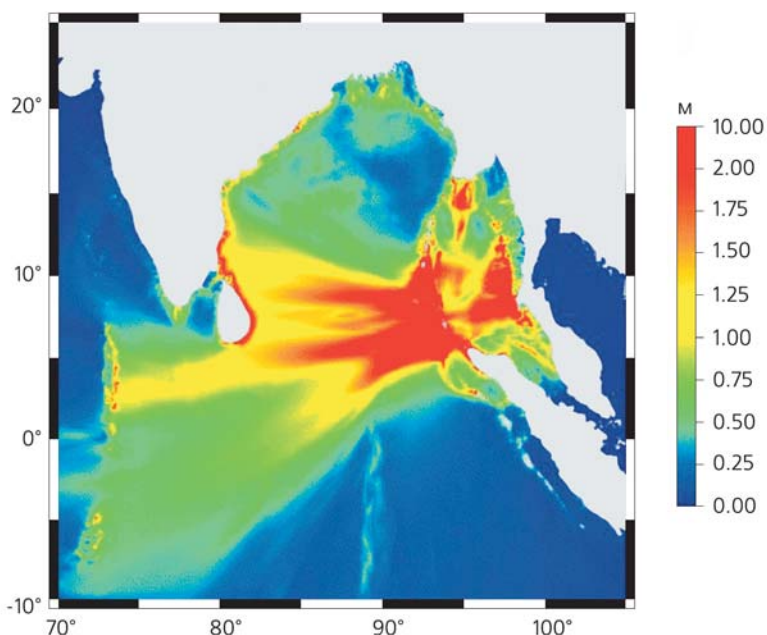


Расположение очагов землетрясений у берегов о.Суматра в декабре 2004 г. и марте 2005 г.

© Гусяков В.К., Пинегина Т.К.,
Салтыков В.А., 2006

на случилось землетрясение, которое стало не просто сильнейшим на Земле за 40 лет, но по своим последствиям (а именно, человеческим жертвам) оказалось величайшим стихийным бедствием за последние несколько веков [2].

Суматро-Андоманское землетрясение 26 декабря 2004 г. имело моментную магнитуду $M_w = 9.0$ [3]. Таким образом, по своей энергии это событие разделило четвертое-пятое места с Камчатским землетрясением 1952 г. в рейтинге сильнейших землетрясений планеты с 1900 г. [2. С.36—43; 4]. Его инструментальный гипоцентр располагался в точке с координатами 3.30° с.ш., 95.96° в.д., $b = 30$ км, к западу от северной оконечности о.Суматры [5]. Следует напомнить, что очаг землетрясения имел протяженность более тысячи километров, а в поперечнике — несколько сотен километров. Механизм землетрясения — надвиг с углом наклона сместителя 8° . Однако основные разрушения и жертвы были связаны не с самим землетрясением, а с сопровождавшим его



Модель цунами, обрушившегося на Индонезию и другие страны Юго-Восточной Азии в декабре 2004 г. [7].

цунами [2]. Большая часть погибших (общее число жертв — 283 100 человек) отнесена именно к цунами, которое обрушилось на побережье не только Индонезии, но и Таиланда, Ин-

дии, Шри-Ланки и других стран, вплоть до Кении и Сомали. В этом регионе 28 марта 2005 г. произошло еще одно землетрясение из категории сильнейших. Его магнитуда —

Вести из экспедиции



Группа российских и индонезийских ученых, участвовавших в экспедиции ЮНЕСКО в Индонезии.

Таблица

Высота цунами на островах Суматра и Ниас

Пункт	Северная широта	Восточная долгота	Тип измерения	Высота, м	Комментарии
Суматра					
Локсемаве	5.2494	96.9128	I	2.90	Водная отметка на стене
Локсемаве	5.2347	97.0597	I	1.70	Наблюдения очевидцев
Сиболга (рыбный порт)	1.7183	98.7971	I	1.60	Водная отметка на стене, 310 м от берега
Сиболга (рыбный порт)	1.7193	98.7951	I	1.63	Водная отметка на стене, 75 м от берега
Сиболга (пассажирский порт)	1.7289	98.7852	I	1.50	Наблюдения очевидцев
Сиболга (мареограф)	1.7288	98.7852	T	2.60	Максимальный уровень воды в 14.00
К югу от Сиболги	1.6636	98.8257	I	1.50	Наблюдения очевидцев
Пасарсоркам	1.8712	98.5651	I	1.00	Водная отметка на двери
Барус	2.0082	98.4027	R	1.70	Заплеск на берегу
Сигли	5.3871	95.9639	I	4.40	Водная отметка в доме, 35 м от берега
Сигли	5.3882	95.9629	I	4.00	Водная отметка на доме, 50 м от берега
Сигли	5.3881	95.9624	I	3.50	Водная отметка на доме, 110 м от берега
Сигли	5.3880	95.9619	I	3.10	Водная отметка на доме, 160 м от берега
Ниас					
дер.Муаве	1.4012	97.2124	R	2.80	Заплеск на берегу, 1.45 км к востоку от Муаве
дер.Муаве	1.3958	97.1700	I	3.80	Водная отметка на двери
дер.Медрехе	1.0032	97.4047	R	1.50	Точка максимального затопления
дер.Муаве	1.0077	97.4050	I	3.50	Водная отметка на дереве в джунглях
дер.Муаве	1.0158	97.3933	I	4.50	Плавник на дереве возле берега
дер.Сиромбу	0.9569	97.4244	I	2.00	Точка максимального затопления 915 м
дер.Сиромбу	0.9514	97.4189	I	4.60	Водная отметка на двери
дер.Сиромбу	1.0075	97.4050	I	5.30	Уровень высоты плавника
дер.Сиромбу	1.0042	97.4086	I	4.50	Уровень высоты плавника
дер.Сиромбу	0.9508	97.4214	I	4.65	Уровень высоты плавника
дер.Хилирихоно	0.5742	97.7316	I	2.50	Водная отметка на стене. Максимальное затопление 400 м
дер.Хилирихоно	0.5680	97.7090	I	2.90	Водная отметка на стене
Гунунгситоли	1.2880	97.6090	I	1.50	Наблюдения очевидцев

R — высота заплеска, I — уровень воды при затоплении, T — данные мареографа.

Все высоты откорректированы на нулевой уровень моря по таблицам приливов—отливов.

Вести из

$M_w = 8.7$, координаты инструментального гипоцентра — 2.07° с.ш., 97.01° в.д., $b = 30$ км. Очаг мартовского события прикнул с юга к очагу землетрясения 26 декабря 2004 г. [6]. Цунами от этого землетрясения было существенно слабее предыдущего, но под завалами, вызванными непосредственно сейсмическим воздействием, погибло более тысячи человек, большие разрушения произошли на островах Ниас и Симёлуэ (уже пострадавших от цунами 26 декабря 2004 г.).

Мы расскажем о результатах экспедиции под эгидой ЮНЕСКО, которая проводилась на северо-западе Индонезии в январе 2005 г., в период между двумя разрушительными землетрясениями.

По существующему положению Межправительственной океанографической комиссии ЮНЕСКО (The Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO), в течение двух недель после возникновения цунами в районы его проявления должны быть направлены экспедиции для обследования последствий и измерения параметров цунами (см. табл.). Следы цунами исчезают достаточно быстро вследствие различных причин — начиная с тропических ливней и заканчивая новыми стихийными бедствиями (что и произошло с островами Ниас и Симёлуэ).

От России в экспедицию ЮНЕСКО вошла группа в составе В.К.Гусякова (руководитель), Т.К.Пинегиной, В.А.Сал-

тыкова и В.А.Чернобровова (Фонд «Космопоиск», Москва). Кроме нас принимали участие ученые из Турции и США. В этом же районе работала еще одна группа из России под руководством В.М.Кайстренко (Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН) и специалисты из Японии. Со стороны Индонезии активное участие в организации и проведении объединенной международной экспедиции приняли Министерство рыболовства и судоходства (Ministry of Fisheries and Marine Affairs) и Метеорологическое и геофизическое агентство (Meteorological and Geophysical Agency). Именно благодаря совместным усилиям различных ведомств удалось в течение достаточно короткого

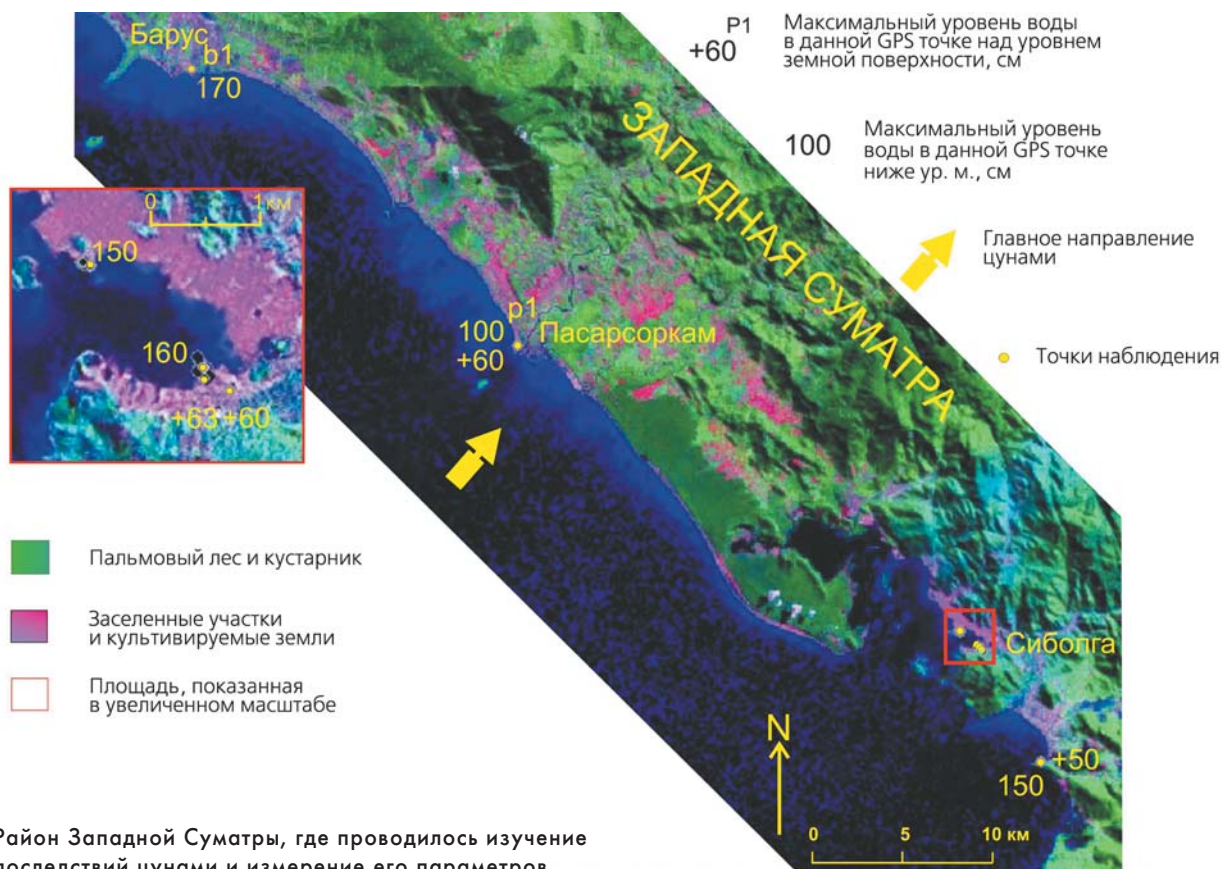
времени исследовать максимально большую территорию.

На организационном семинаре в Джакарте для нашей группы, куда были включены и индонезийские ученые Динар Катур Истиянто (Dinar Sатур Istiyanto) и Виджо Кингко (Widjo Kingko), определили следующие объекты исследования: о. Ниас, города Сиболга, Сигли, Банда-Ачех и их окрестности. Другие группы осматривали о. Симёлуэ (ближайшая к очагу суша), города Мёлабох и Медан. Таким образом, с учетом доступности (так как во многих местах были разрушены дороги и мосты), запланированные работы охватывали всю зону, где цунами проявилось достаточно ярко.

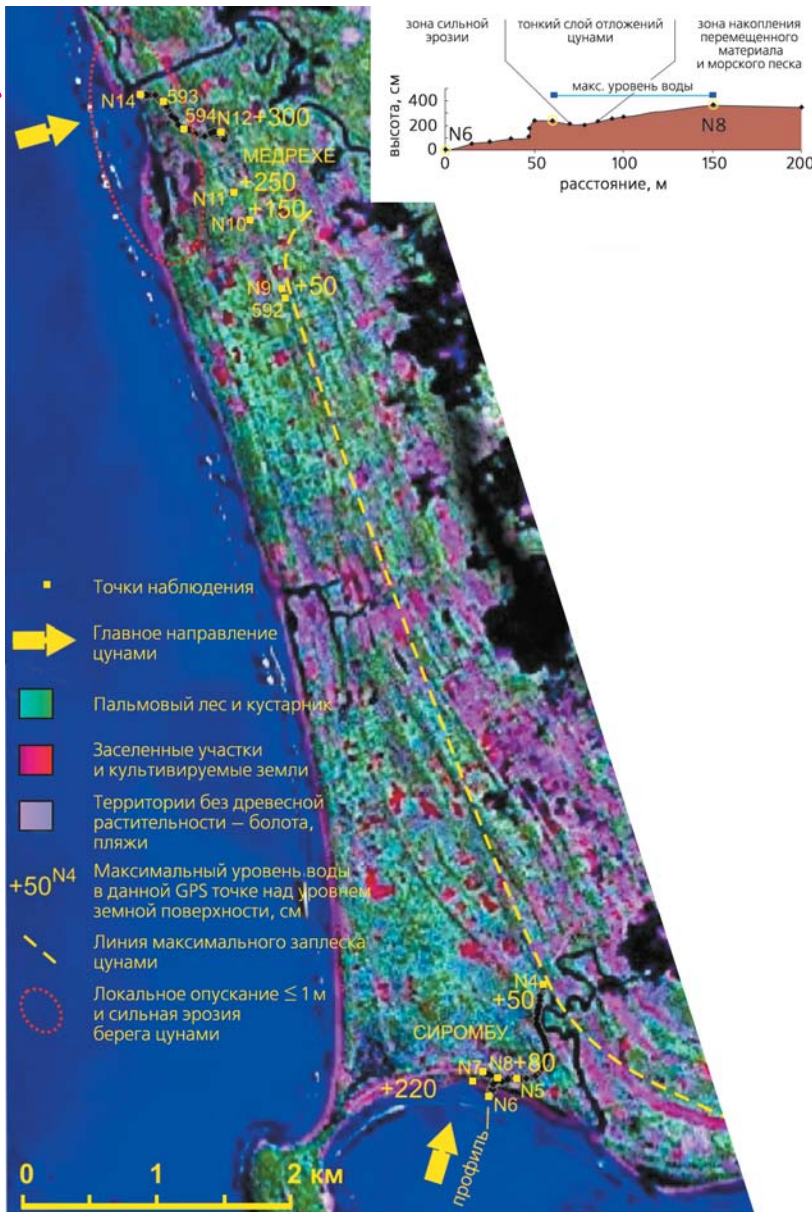
Сиболга находится примерно в 400 км к югу от эпицентральной зоны. Здесь, а также в соседних городах Пасарсоркам (в 20 км севернее) и Барусе (в 50 км к северу) землетрясение ощущалось слабо. Эти горо-



Города и острова Индонезии, где работала международная экспедиция.



Район Западной Суматры, где проводилось изучение последствий цунами и измерение его параметров.



Параметры цунами, измеренные на о. Ниас, в районе деревень Сиromбу и Медрехе.

да располагаются в восточной части залива Телук Тапанули. Широкий и пологий шельф протянулся здесь свыше чем на 70 км. Глубины на большей части шельфа не превышают 50 м, встречаются обширные мели и небольшие острова. Вдоль побережья Западной Суматры на расстоянии 100–140 км вытянулась цепочка крупных островов. С севера на юг расположены Симёлуэ, Ниас, Танахбала,

Сиберут, Сипура, Пагаи, Селатан (последние четыре образуют архипелаг Ментавайи). Таким образом, острова и широкий мелкий шельф в какой-то мере защищают западное побережье Суматры от прямого воздействия цунами.

Побережье вдоль всего обследованного участка (свыше 60 км) представляет собой террасу высотой 1.5–3 м над ур.м. Вершина современного берего-

вого вала обычно выше террасы. В целом же геоморфологическое строение берега свидетельствует о преобладании отрицательных тектонических движений в голоценовом периоде.

По словам очевидцев, в течение нескольких часов после землетрясения море в этом районе было спокойным. По данным мареографа, находящегося в пассажирском порту Сиболги, цунами подошло сюда около 9 ч 40 мин по местному времени (временной сдвиг относительно UTC +7 ч), его высота была не более 60 см. И оно оказалось практически никем не замеченным. Более высокая волна подошла в 12 ч 40 мин, а максимальный уровень воды наблюдался с 14.00 до 15.00. Цунами проявилось здесь в виде спокойного подтопления, при котором сильных вдольбереговых и приливных течений не возникло. Корабли и лодки, находившиеся в порту, практически не пострадали, и их даже не сорвало с якорей. Сначала уровень моря медленно опустился примерно на 2 м, многие суда при этом легли на борт, затем море так же медленно поднялось до отметки 1.5–1.7 м. Высота воды при подтоплении на берегу составила 0.5–1 м.

Ниас — самый крупный (его наибольшая длина с севера на юг 112 км, с запада на восток — 40 км) из островов архипелага, протянувшегося в 100 км к западу вдоль о. Суматры. Шельф с западной стороны острова довольно узкий (7–20 км), уступ крутой, резко опускающийся до глубины 5000 м.

Первая волна цунами подошла к острову примерно через полтора часа. Всего, по словам очевидцев, было три-четыре волны. Во время цунами на острове погибло 178 человек. Большинство же населения покинуло прибрежные участки и спаслось на холмах.

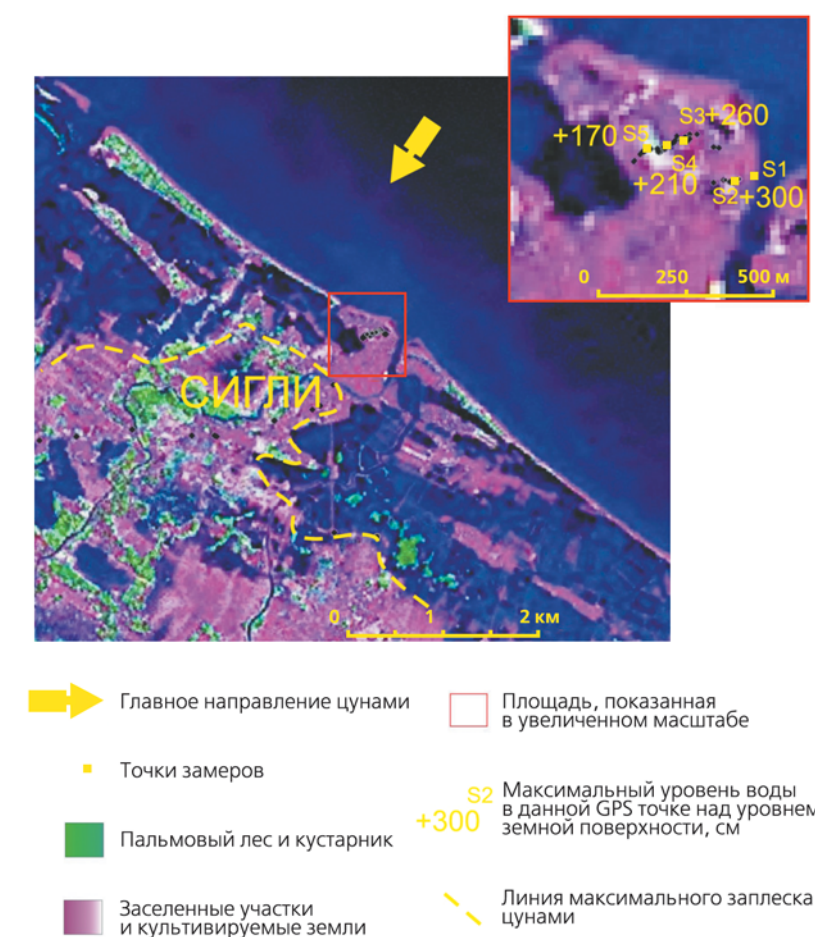
Сильнее всего от цунами пострадали деревни Сиromбу и Медрехе на западном побережье острова. Дома в них раз-

рушились. Деревня Медрехе находится в джунглях, пути для эвакуации у населения не было, люди спасались на пальмах. Во время цунами здесь погибло около 150 человек. Высота цунами, по данным наших измерений, составила около 5 м, скорость потока, судя по вывороченным деревьям и разрушенным постройкам, была очень высокой. На отдельных участках волна прошла в глубь берега на 2–2.5 км. На побережье видны следы опускания суши. Амплитуда опускания, определенная по затопленным корням пальм и по оказавшемуся под водой фундаменту разрушенной церкви, составила около 1 м.

На севере и юге острова высота цунами не превышала 3.8 м. Здесь также разрушились постройки, но человеческих жертв было значительно меньше. На восточном побережье цунами проявилось в виде медленного подтопления и не превысило 1.5 м.

Банда-Ачех. Северо-западное побережье Суматры (провинция Ачех) пострадало от цунами гораздо сильнее других регионов Юго-Восточной Азии. Столица провинции — Банда-Ачех, имевшая до катастрофы население более 300 тыс. человек, располагается на прибрежной равнине. Непосредственно от землетрясения в городе разрушилось всего несколько домов, по-видимому, из-за низкого качества строительства (по соседству с разрушенными зданиями стоят абсолютно неповрежденные). Скорее всего, официальная оценка интенсивности землетрясения в Банда-Ачехе (IX баллов) будет существенно пересмотрена в меньшую сторону.

Первая волна подошла спустя 15–20 мин после землетрясения. Население ничего не знало о возникновении цунами, поэтому никаких активных действий не предпринималось. По словам немногих выживших, самой высокой была третья волна. В результате цунами столица



Параметры цунами, измеренные в окрестностях г.Сигли. Высота цунами здесь не превышала 4–5 м.

провинции была практически полностью разрушена. Здесь погибло около 150 тыс. человек. На момент нашего пребывания в районе во многих местах еще не приступали к расчистке завалов, в которых все еще находились люди. Цунами распространялось с огромной скоростью, ломая на своем пути стволы деревьев и постройки. Суша была затоплена водой до уровня 15–20 м. Высота отдельных заплесков (при набегании волны на крутой склон или преграду), по данным последующих измерений, превысила 30 м. Максимальная высота заплеска, замеренная в 15 км к югу от Банда-Ачеха, составила 34.6 м. Высота морской террасы, на которой стоит город, 3–5 м. Цунами по-

дошло к городу с двух сторон — с севера и с запада, затопив прибрежную полосу шириной в 5 км, а в отдельных местах — в 10 км. На расстоянии 2–3 км от берега практически все постройки были разрушены и перенесены вглубь, обломаны или вырваны из грунта громадные деревья. Бетонные и каменные блоки превратились в крошку. В рельефе промыты борозды и каналы шириной до 5–10 м и глубиной в несколько метров. Склоны гор оголились до высоты 15–20 м. На расстоянии 3–5 км от берега поток воды становился настолько нагруженным несомым материалом, что был подобен лахару.

Побережье на севере и северо-западе Суматры испытало

косейсмическое опускание. Прибрежные формы рельефа были размыты и эродированы цунами. На эти процессы наложились просадки грунтов. Суммарное опускание прибрежной суши, по нашим оценкам, составляет 2—3 м.

Сигли расположен в 70 км к юго-востоку от Банда-Ачеха, в дельте реки на высоте 1.5 м над ур. м. Высота цунами здесь не превышала 4—5 м, однако город пострадал очень сильно. Многие дома разрушены полностью, в остальных выбиты стены, двери, окна. Принесенный мусор и ил откладывались на удалении 1—1.5 км от берега, заполняя улицы и дома. Возле Сигли раньше существовало множество рыбозаводных ферм, все они так-

же разрушены, искусственные водоемы занесены толстым слоем ила и песка.

* * *

Цунами 26 декабря 2004 г., унесшее жизни почти 300 тыс. человек, было не только одним из самых крупных в истории человечества, но и первым историческим трансокеаническим событием в Индийском океане. Помимо о.Суматры, от него пострадали Таиланд, Шри-Ланка, Индия, Мальдивы, Африка (даже там высота цунами достигала 3—4 м). В геологическом прошлом такие события в Индийском океане уже случались, но данных о них очень мало. И этот пробел необходимо восполнить с помощью бу-

дущих палеосейсмологических исследований. Что же касается полевых работ, проведенных сразу после катастрофы учеными многих стран в пострадавших районах Юго-Восточной и Южной Азии, то следует отметить оперативность организации экспедиций. Полученные результаты после детальной обработки заносятся в научные базы данных и будут использованы не только при решении фундаментальных научных проблем, связанных с цунами, но в первую очередь — при проведении цунамирайонирования и выработке рекомендаций, которые должны уменьшить риск и последствия таких природных катастроф в будущем. ■

Обработка полевого материала проводилась при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проект 03-05-64584.

Литература

1. http://neic.usgs.gov/neis/eq_depot/2004/eq_041223/
2. Цунами глазами специалистов // Природа. 2005. №5. С.23—43.
3. <http://www.seismology.harvard.edu/CMTsearch.html>
4. Никонов А.А. Курильская катастрофа полвека назад // Природа. 2003. №1. С.48—54.
5. http://neic.usgs.gov/neis/eq_depot/2004/eq_041226/
6. <http://earthquake.usgs.gov/eqinthenews/2005/usweax/>
7. <http://www.ingv.it/%7eroma/reti/rms/terremoti/estero/indonesia/indonesia.htm>

Рекорд продолжительности подводных плаваний в акватории Тихого океана поставили в марте—апреле 2005 г. четыре необитаемых морских планера. Два автономных подводных аппарата двухметровой длины, имеющих торпедообразную форму, прошли расстояние в 1860 миль за 191 сут. Они собирали информацию по акустике океана параллельно с регистрацией температуры и других параметров океанской среды. *Geotimes*. 2005. V.50. №6. P.13 (США).

Сейсмический толчок, который стал причиной цунами,

обрушившегося на берега Южной Азии 26 декабря 2004 г., по мощности был в три раза сильнее по сравнению с первоначальной оценкой: его магнитуда составляла 9.3 по шкале Рихтера, а не 9. Такой вывод следует из анализа сейсмографической информации со всего мира, что позволяет переклассифицировать это землетрясение как второе по мощности после чилийского землетрясения 22 мая 1960 г., магнитуда которого составила 9.5 балла.

Sciences et Avenir. 2005. №697. P.23 (Франция).

9 февраля 2005 г. в парке Версальского дворца было срублено самое старое дерево, ставшее жертвой сильнейшей летней жары 2003 г. и зимней бури 1999 г. Этот дуб был посажен в 1681 г. и вырос до 35-метровой высоты. Он носил имя королевы Марии-Антуанетты, любившей отдыхать в тени его ветвей. Вскоре на его месте будет посажен дуб вида *Quercus robur* — черешчатый, или обыкновенный, имеющий репутацию весьма устойчивого к неблагоприятным воздействиям.

Sciences et Avenir. 2005. №697. P.27 (Франция).

Мониторинг потока флюидов в зонах субдукции

205-й рейс «ДЖОИДЕС Резолюшн»

И.А.Басов,

доктор геолого-минералогических наук
Геологический институт РАН
Москва

Изучение круговорота вещества в зонах субдукции — между погружающимися и надвигающимися плитами — необходимо прежде всего для понимания процессов, происходящих в сейсмогенных зонах, особенно тогда, когда они возникают на неглубоких уровнях литосферы (до 50 км) и служат причиной разрушительных землетрясений и цунами.

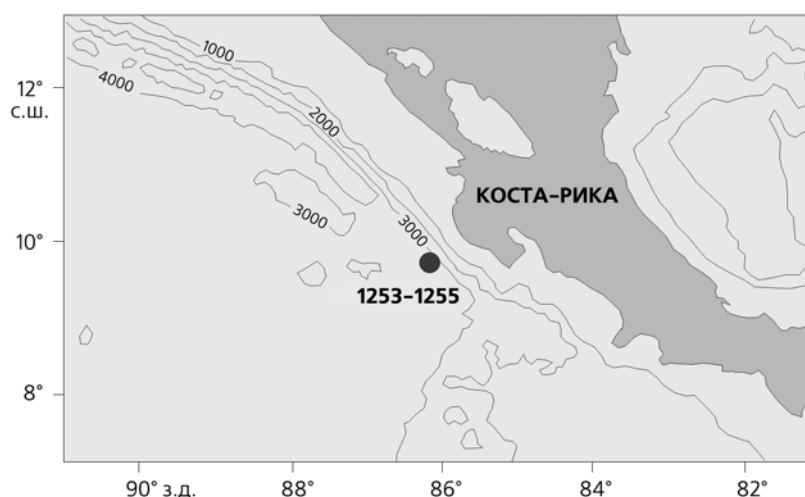
Один из районов, благоприятных для изучения этих процессов, — зона субдукции вдоль Центральной Америки между Никарагуа и Коста-Рикой. Здесь погружающиеся осадки литосферной океанской плиты Кокос обогащены карбонатом кальция, что позволяет изучать круговорот углекислого газа в глубинных частях литосферы. К тому же имеющиеся данные о сейсмичности данного региона, скорости погружения океанской плиты и состава лав, изливающихся в вулканической дуге, свидетельствуют о корреляции этих процессов с динамикой осадконакопления и формирования аккреционной призмы.

205-й рейс «ДЖОИДЕС Резолюшн» был посвящен изучению характера миграции флюидов в различных частях зоны субдукции: в фундаменте океанической плиты, вдоль зоны тектоничес-

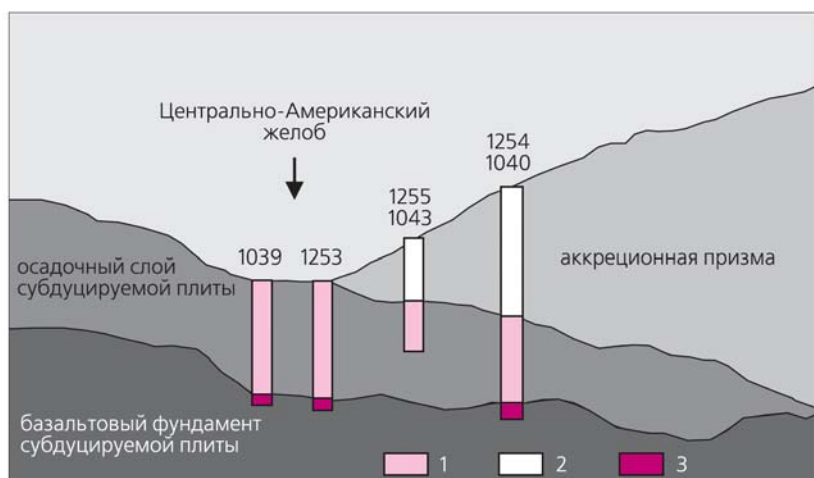
кого срыва, т.е. в основании аккреционной призмы, и в верхней части погружающегося осадочного разреза. Работы проводились в районе Центрально-Американского желоба вблизи п-ова Никойя в период со 2 сентября по 6 ноября 2002 г. под руководством Дж.Д.Моррис (Отдел геологии и планетологии Университета Вашингтона, США) и Х.У.Виллингера (Бременский университет, Германия). Программу океанского бурения представлял А.Клаус [1]. Кроме отбора образцов для изучения состава осадков и содержащихся в них растворов, основной задачей

в рейсе была установка в скважинах долговременных геохимических станций для мониторинга процессов и сбора данных по поведению флюидов в указанных частях зоны субдукции.

В рейсе пробурено четыре скважины в трех точках (1253—1255) в интервале глубин 4175.6—4376.3 м. Скважины 1254 и 1255 находятся в непосредственной близости от скважин 1040 и 1043, пробуренных здесь в 170-м рейсе «ДЖОИДЕС Резолюшн» [2]. Вместе со скважиной 1039 (тот же 170-й рейс) они образуют трансект через Центрально-Американский же-



Положение скважин, пробуренных в 205-м рейсе «ДЖОИДЕС Резолюшн».



Схематическое строение зоны субдукции вблизи п-ова Никойя в районе Центрально-Американского желоба: стратифицированные неоген-четвертичные осадки субдуцируемой плиты (1), нестратифицированные неоген-четвертичные осадки аккреционной призмы (2), океанические базальты (3).

лоб, маркирующий зону субдукции. Наибольшая глубина проникновения (600 м) достигнута в скважине 1253, которая прошла осадочный разрез погружающейся плиты и вскрыла габбровый силл, вниз по разрезу предположительно переходящий в лавовые потоки фундамента. Скважины 1254 и 1255 прошли тело аккреционной призмы на глубину соответственно 367.5 и 157.0 м и достигли ее основания.

В сочетании со скважинами 170-го рейса они дают полное представление о строении зоны субдукции. Осадочный разрез погружающейся плиты (скв. 1039, 1053) имеет в данном районе мощность около

400 м и сложен в нижней половине нанопланктонным писчим мелом миоценового возраста, который вверх по разрезу переходит сначала в алевроиты плиоцена, а затем в пелагические и диатомовые илы плейстоцена. Такой же характер разреза сохраняется и в основании аккреционной призмы (скв. 1040, 1043, 1254, 1255). Выше зоны срыва, которая проходит внутри толщи плейстоценовых диатомовых илов, залегают осадки плиоценового-плейстоценового возраста, слагающие собственно тело аккреционной призмы. В отличие от слоистых осадков погружающейся плиты, они характеризу-

ются хаотичным строением, и их мощность быстро увеличивается в сторону континента от нулевой в скважине 1253 до 150 м в скважинах 1043/1255 и до 375 м в скважинах 1040/1254.

В двух скважинах, пробуренных в рейсе (1253 и 1255), были установлены постоянные геохимические станции для мониторинга потока флюидов в разных тектонических зонах погружающейся плиты и аккреционной призмы, где, как предполагается, проходят основные пути их миграции. Одна из таких геохимических обсерваторий размещена в скважине 1253 с различными элементами системы в интервале глубин 452.8–520.0 м. С помощью системы будет производиться мониторинг флюидных потоков, их температуры и давления в фундаменте погружающейся литосферной плиты. Вторая станция развернута в скважине 1255 в интервале глубин 125–145 м с целью сбора информации о поведении флюидов и их параметрах в зоне срыва между погружающейся плитой и аккреционной призмой.

Через один-два года установленные станции будут извлечены из скважин, и зарегистрированные данные будут подвергнуты тщательному анализу, который сможет пролить свет на многие невыясненные пока аспекты круговорота вещества в сейсмогенных зонах субдукции, имеющие важное фундаментальное и прикладное значение. ■

Литература

1. Morris J.D., Villinger H.M., Klaus A. et al. // PODP. Init. Repts. 2003. Leg.205.
2. Kimura G., Silver E.A., Blum P. et al. // PODP. Init. Repts. 1997. Leg.170.

Эоловые скульптуры Мангышлака

А.А.Шарков,

кандидат геолого-минералогических наук

Федеральное государственное унитарное предприятие

Всероссийский институт минерального сырья им.Н.М.Федоровского

Москва

Полуостров Мангышлак (в переводе с казахского «Тысячи поселений») находится в юго-западной части Казахстана в полупустынной зоне. С юга и северо-запада он омывается водами Каспийского моря, а на севере ограничивается полосой высохших соленых озер (соров), протягивающихся в широтном направлении от залива Кочак до сора Кайдак. На востоке границей Мангышлака служат западные обрывы и уступы (чинки) плато Устюрт.

В центральной части полуострова расположены невысокие (до 550 м) горные хребты: Каратаучик, Западный и Восточный Каратау, составляющие одну цепочку возвышенностей, представленных пермско-триасовым комплексом пород. Параллельно им к северу и к югу протягиваются меловые хребты — Северный и Южный Актау [1]. Они отделены от Каратауских гор широкими Прикаратаускими долинами, соответствующими выходам на поверхность в основном юрско-нижнемеловых отложений. К югу и западу от них простирается обширное плато степного Мангышлака с крупными бессточными впадинами, среди которых выделяется наиболее глубокая — Карагие с мини-

мальной абсолютной отметкой 132 м ниже ур.м.

По своему географическому положению Мангышлак представляет собой сравнительно обособленную территорию, характеризующуюся своеобразными климатическими условиями. Здесь температура воздуха в летнее время в разгар дня достигает 50—60°C. При этом наблюдаются частые и сильные ветры, переходящие в песчаные или пыльные бури. В зимнее время господствуют северо-западные ветры, а в летнее — юго-восточные.

Атмосферных осадков выпадает очень мало (около 130 мм/год), причем главным образом осенью и зимой. Постоянная гидрографическая сеть на полуострове практически отсутствует. Основной сток поверхностных вод происходит в осенне-зимний период со стороны горного Мангышлака после дождей и весной во время таяния снега.

Мангышлакский п-ов сложен комплексом мезо-кайнозойских отложений, залегающих на дислоцированной толще метаморфизованных пермско-триасовых пород. В вертикальном разрезе эти отложения четко подразделяются на три резко отличающихся геолого-структурных комплекса: пермско-триасовый, юрско-палеогеновый и неоген-

новый. Наибольший интерес из них вызывают отложения верхнего олигоцена и средней юры.

В верхнеолигоценовых осадках, в пределах впадины Карагие, в середине прошлого столетия были обнаружены уникальные месторождения урана и редких земель, которые образовались 40 млн лет тому назад. Эти месторождения представляют собой геологический феномен, известный только в одной формации Земли — олигоцен-миоценовой [2].

Другие экзотические образования Мангышлака — гигантские каменные фигуры причудливых форм. Я впервые столкнулся с ними в 1965 г. в горной части Мангышлака, в пределах Прикаратауской долины (в районе пос.Шетпе). Здесь обнажаются среднеюрские отложения, представленные в основном мелко- и среднезернистыми песчаниками. После выхода на поверхность они в течение длительного периода времени подвергались эрозии.

Месторождения урана и редких земель образовались в результате эндогенных (глубинных) процессов, тогда как фантастические фигуры возникли под действием экзогенных (поверхностных) процессов.

Вполне естественно, что сравнение этих двух природных явлений несоизмеримо как по



Гигантские каменные грибы,
созданные богом ветров Эолом.

Деформированные грибы
с разрушенным основанием.

своему значению, так и по масштабам. Поэтому открытие уникальных месторождений получило за последние десятилетия достаточно полное освещение в печати [2, 3], в то время как о существовании природных скульптур в пределах Горного Мангышлака известно мало, поскольку они находятся в слабо освоенном и труднодоступном районе.

Рассмотрим более подробно вопрос о происхождении столь удивительных фигур, созданных без какого-либо участия человека, а исключительно самой природой. Это — реликтовые образования, возникшие в отложениях среднеюрского возраста в результате разрушительной эоловой деятельности.

Выходы средней юры, представленной преимущественно

песчаниками, алевролитами и единичными маломощными прослоями глин, наблюдаются в наиболее приподнятой центральной части Мангышлака. Они узкой прерывистой полосой обрамляют ядра складчатых пермско-триасовых сооружений. К западу, северу и югу от этой зоны отложения юры погружаются на значительную глубину [4]. Для песчаников и алевро-

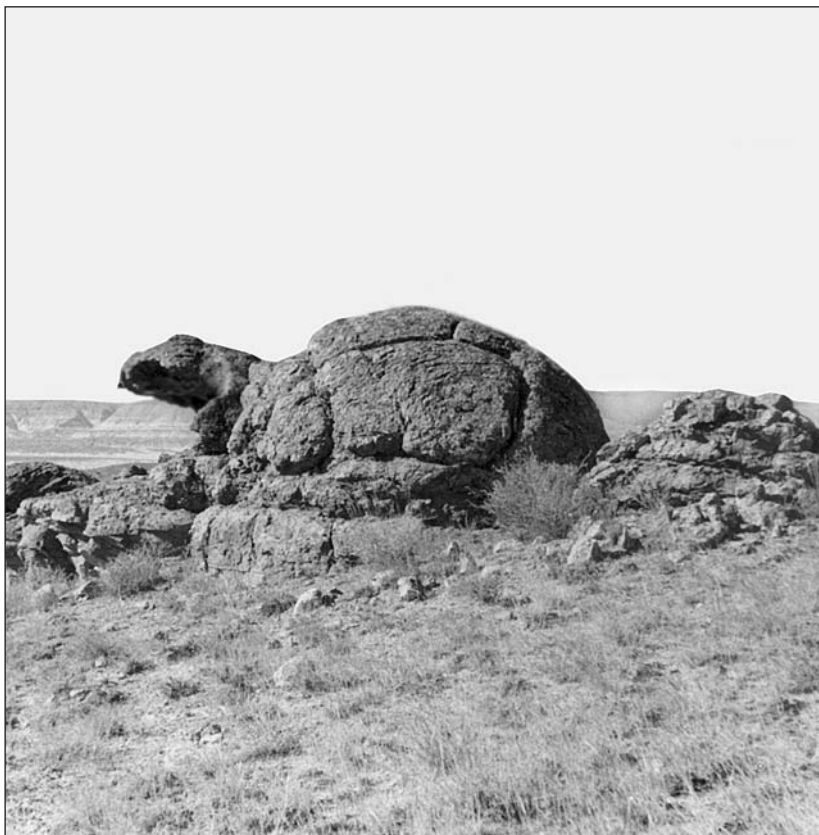
ролитов характерна светлая и серая окраска, слабо выраженная слоистость и разнородный состав. Общая мощность отложений средней юры колеблется от 150 до 500 м.

Каменные фигуры связаны с определенным горизонтом песчано-алевролитовых пород, обладающих разнородным литологическим составом и соответственно различными физическими свойствами. В основном они не слоистые, мелко- и среднезернистые, средне- и слабосцементированные. В отдельных интервалах вертикального разреза в них наблюдаются пласты темных слоистых ожелезненных песчаников (0,8–1,5 м) с кремнистым цементом.

Разрушительная деятельность ветра складывается из выдувания (дефляции) и обтачивания (корразии) горных пород. При эоловом выветривании обычно происходит перенос минеральных частиц воздушными потоками во взвешенном состоянии и выпадение их из воздуха или перемещение рыхлого материала по земной поверхности.

Наиболее интенсивному выдуванию песка способствовал засушливый климат, и в рельефе данного района на возвышенных участках сохранились только останцы. Постоянно действующие сильные ветры в совокупности с песком, несущимся с огромной скоростью по воздуху, обусловили обтачивание и шлифование песчаных пород.

Эоловые формы рельефа образовались на Горном Мангышлаке в горизонтально залегающих песчано-алевритовых породах в результате выдувания ветром слагавших их частиц, главным образом слабосцементированных глинистым веществом. В меньшей степени подвергались обтачиванию крепкие крупнозернистые ожелезненные песчаники с кремнистым цементом. Такие скульптуры, как правило, увенчаны лучше сохранившимися каменными



Черепаша и юрта — очередные фантазии Бога ветров.



Пустотелые шаровидные конкреции — конечный результат интенсивного выдувания внутренней части.

Каменные шары, хорошо обработанные и отполированные Эолом для атлантов и совершенно неподъемные для человека.

шляпами. Фантастические грибы поражают гигантскими размерами. Высота их составляет 3–4 м, диаметр основания в нижней (самой тонкой части) 1–2 м и 3–4 м — в верхней. А диаметр грибных шляп толщиной 1.5 м достигает 5–7 м.

Встречаются и деформированные фигуры, основания которых частично или полностью разрушены, а шляпы лежат рядом на земле.

Другая форма эоловой деятельности представлена многочисленными огромными шаровидными конкрециями, размер которых колеблется от 0.3–0.5 до 3–3.5 м. Они несколько удалены от каменных грибов и приурочены к единому горизонту песчаников, залегающих выше по вертикальному разрезу.

Сфероидальные фигуры состоят из средне- и крупнозернистых песчаников, пропитанных сидеритом (FeCO_3). Они характеризуются концентрически-скорлуповатой структурой, четко проявившейся при эоловом выветривании и обусловившей образование пустотелых форм.

Обращает на себя внимание очень хорошо обточенная и отшлифованная поверхность у большинства шаровидных поверхностей. Такая почти идеальная форма проявилась под воздействием постоянно бушевавших песчаных бурь, не только выдувавших слабо цементированные частицы из внутренней части конкреций, но и полировавших их поверхность.

Совершенно иные скульптуры возникли при выветривании

крепких кварцево-граувакковых песчаников с кремнистым базальным цементом. Они встречаются значительно реже. Это огромные «черепахи» размером до 3 м в длину и 1.5 м в высоту или «казахские юрты» диаметром до 5 м и высотой до 4 м.

В заключение еще раз подчеркнем, что все перечисленные эоловые скульптуры сконцентрированы в среднеюрских песчано-алевролитовых породах. Главные факторы, обусловившие их формирование, — литологический состав и физические свойства пород, засушливый знойный климат и мятежные песчаные бури. Сочетание их и послужило основой для создания столь диковинных фигур в этом пустынном отдаленном районе. ■

Литература

1. Дьяков Б.Ф. Геотектоническое районирование и прогноз нефтегазоносности Мангышлака // Тр.ВНИГРИ. 1963. Вып.218.
2. Шарков А.А. // Литология и полез. ископаемые. 2000. №3. С.290–307.
3. Шарков А.А. Уникальные месторождения урана // Природа. 2002. №3. С.3–12.
4. Шлезингер А.Е., Плещеев И.С. История формирования рельефа Мангышлака и связь его с тектоническими структурами // Бюл. МОИП. Отд. геологии. Т.XXXIV(3). 1959. С.61–74.

«МАТЕМАТИКА ДЛЯ МЕНЯ — ЭТО КЛЮЧ К МИРОВОЗЗРЕНИЮ»



Рисунок Н.Я.Симанович-Ефимовой.
1924 г.

Священник Павел Александрович Флоренский (1882–1937) незадолго до гибели писал из концлагеря своим детям, что идеи его будут восприняты через пятьдесят лет. Это совершилось, и празднование 100-летия со дня его рождения стало важным событием в культурной жизни страны, а его труды по математике, богословию, философии, естествознанию, искусствоведению и другим вопросам публикуются во всем мире.

Последние годы своего существования на свободе он руководил созданным им Отделом технического материаловедения во Всесоюзном экспериментальном электротехническом институте (ВЭИ). Он интенсивно публиковался, и не только по рабочей тематике, но продолжал размышлять над более общими вопросами, нередко возвращаясь к своим прошлым мыслям и наблюдениям, в том числе и наблюдениям школьных и студенческих лет. Летом 1928 г. он был арестован по «Сергиевopосадскому делу» и после месяца, проведенного в Бутырской тюрьме, выслан в Нижний Новгород. Человек, осужденный по 58-й статье, оказывался вне общества, но редакция «Природы», как будто не замечая этого, продолжала публиковать работы Флоренского. Вот свидетельство смелости (НАДО БЫ ПОЛУЧШЕ СЛОВО!!) редколлегии — список статей «осужденного П.А.Флоренского», напечатанных «Природой» в годы великих переломов.

1927 *Солнечные пятна во время затмения [4 апр. 1912 г.] (№ 7/8).*

Град с куриное яйцо (№7/8).

1928 *Новые данные о космических лучах (№11).*

Новая «залежь» метеоритного железа [совместно с А.Славатинским] (№11).

Новый термоэлемент с селеном (№12).

1929 *Из истории неевклидовой геометрии (№3).*

Трибоэлектричество металлов (№4).

Независимость диэлектрического коэффициента диэлектриков от радиоактивного воздействия (№5).

В октябре 1934 г. Павел Александрович Флоренский — «враг народа» — прибыл со спецконвоем на Соловецкие острова. Была прервана его работа по изучению вечной мерзлоты на опытной мерзлотной станции в Сквородине (БАМЛАГ), где он находился после осуждения особой тройкой. На Соловках Флоренский присоединился к исследованиям по практическому применению беломорских водорослей. Последние три неполных года его жизни были связаны с водорослями — их сбором, определением, тщательным изучением морфологии и анатомии, разработкой технологических процессов комплексной переработки водорослевого сырья*.

* «...Словно в мире нет ничего, кроме водорослей». Из писем П.А.Флоренского // Природа. 1993. №11. С.30–42; №12. С.50–67.

Студенческая жизнь П.А.Флоренского

П.В.Флоренский,
доктор геолого-минералогических наук
Москва

Насколько был сложен и многообразен внутренний мир Павла Александровича Флоренского, настолько же сам он стремился скрыть его, избегая заметных действий, а тем более не стремясь к лидерству — даже лекции его имели окраску беседы с друзьями. Но жизнь заставляла совершать поступки, и биография его стала прямой противоположностью, например, размеренной жизни Канта. Тем интереснее сохра-

ненные им же самим свидетельства о таких поступках, их обстоятельства и его мотивация.

...В конце октября 1902 г. по математической аудитории Московского университета на Моховой был пущен листок: «В ближайшем будущем предполагается открытие студенческого общества при нашем факультете: цель его — занятия по всем отделам теоретической и прикладной математики (механики, астрономии, физики и т.п.). Посещать собрания общества могут студенты всех факультетов. Так

как условием скорейшего открытия собраний общества является наличие известного количества рефератов (около семи), то все, надеющиеся в скором времени представить сообщения, приглашаются подписываться и обозначать крайний срок, когда они могут сделать сообщения. За справками обращаться к студентам 3-го курса Флоренскому и Успенскому». Когда листок вернулся к отправившему его, на нем оставили свои подписи восемь добровольцев: С.Г.Деринг, Н.А.Семенников, В.В.Фридман*, Н.Н.Тавдгеридзе, В.С.Люботович, Ф.В.Трегубов, В.А.Костицын**, С.С.Бюшгенс***.

© Флоренский П.В., 2006



Семья Флоренских перед отъездом старшего сына Павла в университет. Тифлис, 1900 г.

* Фридман Владимир Вильгельмович (1881—19??). По окончании учебы преподаватель Московского университета, автор книги «Теория относительности и антирелигиозная пропаганда» (М., 1932), содержащей разгромную критику теории относительности, а также книги П.А.Флоренского «Мнимости в геометрии» и трудов А.Ф.Лосева.

** Костицын Владимир Константинович (1883—1963) — математик, ученик Д.Ф.Егорова, астрофизик, эколог. Развивал математические подходы к задачам геофизики и геохимии. Занимался математическим описанием эволюции биологических макросистем. См.: Эволюции атмосферы, биосферы и климата. М., 1984. О нем см.: Незнакомый Костицын // Природа. 2001. №4. С.70—80; №5. С.69—79. То же в кн.: Российская научная эмиграция. Двадцать портретов. М., 2001. С.28—56. — *Примеч. ред.*

*** Бюшгенс Сергей Сергеевич (1882—1963) — математик, впоследствии профессор МГУ.



Павел Флоренский по окончании
Московского университета.
1904 г.

Так родилось студенческое математическое общество Московского университета, инициатор чего студент Флоренский. Общество просуществовало до 1905 г. Биографии многих его участников свидетельствуют о том, что оно сыграло определенную роль в развитии московской математической школы [1].

На первом и втором курсах Флоренский только начинал осваиваться с обстановкой, непривычной для юноши, выросшего в достаточно герметичной атмосфере своей семьи, и даже друзья у него — не университетские, а оказавшиеся в Москве тифлисы.

Герметичность семьи, которую созидали родители — Александр Иванович, инженер путей сообщений (в конце жизни действительный статский советник), и Ольга (Саломэ) Павловна (из знатной семьи Сапаровых), — сочеталась с уважением к личности детей, их стремлениям, желаниям, с уверенностью в них. Такая атмосфера привела к исключитель-

ной индивидуальности каждого из семерых детей. Священник Павел, врач-психиатр Юлия, натуралист и историк Александр, художница-революционерка Елизавета, художница-мистик Ольга, военный инженер Андрей и тихий иконописец Раиса — такие разные и такие похожие целеустремленностью, высотой духа люди. В каждом из них, в их судьбе семья, родители, детство, проведенное на Кавказе, оставили неизгладимый след.

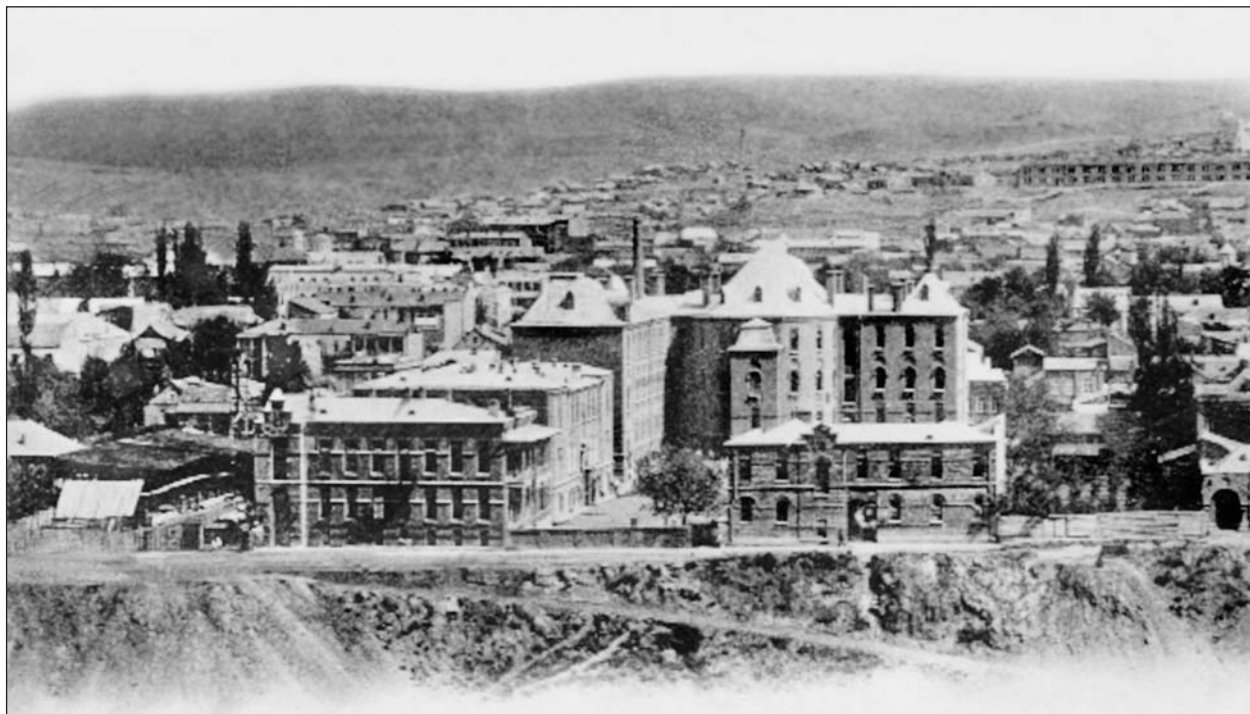
Представление о математическом мировоззрении сформировалось у Флоренского еще в гимназические годы, о чем он писал матери 4 октября 1900 г.: «То, чего я хотел еще со второго класса от математики, я теперь начинаю мало-помалу получать и вполне уверен, что получу больше, чем ожидаю и надеюсь. Математика для меня — это ключ к мировоззрению, такому мировоззрению, где нет ничего настолько неважного, чем не надо было бы заниматься, нет ничего не стоящего в связи с другим. При *математическом* мировоззрении нет надобности конкретно намеренно или бессознательно игнорировать целые области явлений, урезывать и достраивать действительное. Натурфилософия соединяется в одно целое с этикой и эстетикой. Религия получает совершенно новый смысл и находит соответственное место в целом, место, которого она была лишена раньше, почему ей приходится строить себе отдельное, изолированное помещение».

Он поглощен университетом и новой для него самостоятельной жизнью. Уже в первых письмах домой, в Тифлис, он юношески максималистски описывает своих профессоров: «Аналитическую геометрию читает [Б.К.]Млодзеевский, талантливый лектор, но как человек он мне почему-то внушает антипатию. Все какие-то необычайно плавные телодвижения, декламаторский тон. Можно поду-

мать, что он готовится поступать на сцену... Но читает он хорошо». (Письмо отцу от 17 октября 1900 г.). Через год, 19 сентября 1901 г., он пишет матери: «Из профессоров у нас читал пока только один новый — [Л.К.]Лахтин, его лекции мне нравятся и кажутся интересными. Он читает приложения дифференцирования к геометрии. Его привлекательная сторона — это то, что он постоянно делает отступления, сообщая многое такое, что редко где встретишь. Затем мне очень нравится, что он, доказав что-нибудь со всею строгостью, затем показывает то же самое, делает до осязаемости наглядным и удобно представимым целым рядом аналогий, метафорических выражений и почти поэтических сравнений».

Лишь к третьему курсу Флоренский приобретает единомышленников и друзей, которых намеревается объединить вокруг решения научных задач. Об идее создания студенческого общества математиков он сообщает в письме матери 28 октября 1902 г.: «Нас несколько человек с математического факультета подумывают устроить себе математико-физический кружок... Мне кажется, это совершенно необходимо, так как решительно не с кем бывает сказать математического слова, а к профессору слишком часто подходить неудобно, так как все они заняты, спешат».

Сама инициатива создания студенческого объединения и лидерство в нем противоречат характеру Флоренского, личности скорее интровертной, превращавшей даже публичные выступления в доверительную беседу с реальным или воображаемым собеседником. По-видимому, шаг этот можно объяснить тем, что он пытался воспроизвести в университете лучшее, что было для него во 2-й тифлисской гимназии, воссоздать атмосферу творческого сотрудничества, которое осеняло учебу, когда, как ему в то вре-



Вторая тифлисская классическая гимназия. Открытка 1910-х годов.

Заметки

мя казалось, он вместе с друзьями самостоятельно подошел к важнейшим вопросам мироздания.

Кроме того, это было еще и надеждой обрести нового учителя. Прежде учителей было несколько, но назовем двоих. Михаил Николаевич Городенский репетировал Флоренского при поступлении в гимназию. В 1895—1900 гг. учился в Санкт-Петербурге, регулярно посылал своему ученику подробные письма-инструкции по многим вопросам, но в первую очередь по проведению физических и химических опытов. Второй — Георгий Николаевич Гехтман, создатель и руководитель историко-философского кружка, по видимому, выдающийся педагог. Ведь это именно он воспитал блистательный выпуск гимназии 1900 г. Именно он predetermined жизненный путь таких разных людей, как философ П.А.Флоренский, философ В.Ф.Эрн, церковный публицист и священник А.В.Ельчанинов, революционер И.Т.Церетели,

психиатр М.М.Асатиани. Его учениками были и будущий пламенный революционер Л.Б.Каменев, и художники братья Д.Д. и В.Д.Бурлюки, соратники Маяковского. Этих людей разделили жизненные установки, пути и взгляды, но объединяют высокие устремления, максимализм мысли и поступков.

Кружковство — это характерная черта русской педагогики, в основе которой лежит, возможно, специфическая черта нашего менталитета. В истории России известны объединения молодых людей, где лидерами оказывались не руководители-преподаватели, а сами участники, стремящиеся оградить себя от влияния таких старших, которые перестали быть романтиками. В таком сообществе устанавливается четкая иерархия, подчиняющаяся юношеской высокой романтической этике, когда каждый находится под пристрастным взглядом друзей, тех, кого юноша любит и уважает больше всего. Возвращенные в подобной атмосфере люди на

всю жизнь сохраняют верность друг другу и принятым идеалам, передающимся из поколения в поколение.

В истории нашей культуры таким коллективом, кажущимся теперь идеальным, был Царско-сельский лицей выпуска 1817 г., где были великий поэт, декабристы и канцлер России, который, оставшись один, праздновал 19 октября при свечах в память о лицейском «отечестве». Другой пример — братство студентов Петербургского университета, куда входил В.И.Вернадский.

Есть и другая форма юношеских коллективов, постоянных, многолетних, сквозь которые, как течет вода в реке, проходят поколения молодежи. Подобным ярким явлением в культурной жизни России было историко-филологическое общество, основанное князем Сергеем Николаевичем Трубецким.

Отметим, что создаваемое Флоренским в 1902 г. математическое общество было не первым в истории Московского



Михаил Николаевич
Городенский — тифлисский
учитель и наставник Флоренского.

университета. В 1810 г. по инициативе студента М.Н.Муравьева (1796—1866) было образовано общество математиков, ставившее перед собой скорей просветительские цели: «распространение математических знаний посредством переводов, сочинений, преподавания в основном среди военных». Студенческие объединения кружковского типа на физмате были и позже, упоминание о чем мы встречаем в журнале «Вопросы философии и психологии» (книга 2(32) за 1896 г.), где в разделе хроники сообщается, что на заседании Московского математического общества 9 декабря профессор Н.В.Бугаев рассказал «об устройстве математического студенческого кружка при Московском математическом обществе». Именно поэтому в объявлении о первом заседании говорится не о начале, а о «возобновлении работы общества»:

«Возобновление заседания студенческого общества состоится при Московском математи-

ческом обществе. 1-е заседание имеет быть во вторник 26 ноября в 7 1/2 часов вечера.

Предмет заседания:

1) Сообщение Н.Е.Жуковского «О движении подпочвенных вод».

2) Сообщение В.Фридмана «Опыты [А.П.]Белопопольского по принципу Доплера».

3) Сообщение Флоренского «К вопросу о функциях, постоянных внутри данных контуров».

4) Сообщение Н.А.Семенникова «Теория планиметров».

Студенты, желающие быть на заседании, приглашаются в математическую аудиторию».

О подготовке этого заседания и связанном с ним визите к приват-доценту А.К.Власову Флоренский рассказывает в письме родителям от 24 ноября:

«Последние несколько дней мне приходится вести очень уж быструю жизнь и волноваться порядочно: к открытию нашего математического общества приходится устраивать всякие мелочи, а кроме того, я сидел, напр., вчера целый вечер и строил реферат. По поводу него пошел я к одному из наших приват-доцентов, Власову. Он предложил мне несколько книжек, а кроме того, с ним надо было поговорить относительно самого общества, т.к. оно функционировало, как раскрылось теперь, еще когда он был студентом. Вот по его-то совету придется завтра ходить по профессорам и просить к нам на заседание, т.к. иначе, как говорил он, они могут несколько обидеться. Хорошо то, что те профессора, которых я считаю нужным приглашать сам, все очень почтенные во всех смыслах, и я, действительно, буду очень доволен, если они придут. Впрочем, в этом отношении я неисправимый оптимист и minimum даже идеального настроения и талантливости заставляет меня уже совсем возносить до небес, а у нас такая крупная ученая величина, как Бугаев. Одним словом, придется любезничать, —

как говорил он, они могут несколько обидеться».

О том, какое математическое объединение задумывал Флоренский, можно судить по черновикам и наброскам речи, которую он собирался произнести на его открытии, но так и не произнес.

Из черновиков

«...Математические законы, принципами которых являются наиболее общие категории единства и множества, должны по этому самому быть наиболее применимыми ко всему, наиболее широким объемом, охватывающими всякое данное: одним словом, они должны царить надо всяким материалом. Но именно в силу этой крайней отвлеченности, крайней широты объема, обхвата, под них, под эти законы только может быть подведена всякая данность, но de facto не подводится, не подведена. Да и не /нрзб./ обыкновенно думают: сила математики в том, что она отвлекается от всего частного, конкретного, общего.

Это так: этим отвлечением математика действительно беспрельдно расширяет возможность своего царства, но... она не царит de facto, и мы должны признаться в этом. Ее власть, ее сила остается силой на бумаге; она владеет документами, дающими ей права на царство, но она забывает, что без подданных, над которыми она должна царствовать, и без страны, которая была бы покорна ей, она только будет пустой возможностью, схемой без схематизируемого, символом без символизируемого, правом без силы провести это право. Я знаю, что мне сейчас начнут говорить о коническом лучепреломлении Гамильтона, об Нептуне и т. п. Нет сомнения, что это есть некоторый угол царства математики. Но это только некоторый уголок.

Наследие Если математические законы — законы космоса, понимая его в самом широком смысле, то идеи законов этих должны быть руководящими принципами, путеводными нитями нашего представления о космосе. Я не о науках, подобных теоретической физике, говорю. Там математика только средство. Но она должна и может быть основой мировоззрения; тут дело идет не о затемнении конкретной наглядности физики символами, а о конкретизировании, наполнении содержанием символов математики. Есть минерал гидрофан. Он представляет собой некрасивую непрозрачную массу. Но если его смочить водой, то он делается прозрачным.

Не будем же математику уподоблять сухому гидрофану. Напитаем ее влагой конкретности. Основа, тончайшая структура остается прежняя, точность и глубина сохранится, но из чисто внешней и воспринимаемой формально-рассудочной системы символов получится навсказ пронизываемая разумом масса.

Тогда мы перестанем скользить безразличным взглядом по поверхности математики, а увидим всю ее внутреннюю структуру.

Формула не может и не должна оставаться формулой только. Она есть формула чего-нибудь, и чем богаче те ассоциации, которые у нас соединяются с формулой, чем многостороннее ее реальное содержание, тем мы лучше ее понимаем и тем стройнее объединяются ассоциированные конкретные явления в жизненный организм идей — мировоззрение...» [2].

Итак, речь не произнесена, но общество создано.

Нельзя сказать, что Флоренскому по душе пришлось организаторская, практическая деятельность, в чем он сознается в письме матери 9 декабря, после второго заседания, состоявшегося 3 декабря.

Рождественские каникулы прервали заседания, но желание продолжать их было велико, о чем Флоренский сообщает в письме матери от 21 января 1903 г.: «Собираемся в скором времени устроить заседание нашего математического общества. Дела его, видимо, оживились, т. к. не хватает места для рефератов, да, кроме того, некоторые профессора хотят делать небольшие сообщения. Так, например, Лахтин собирался сделать сообщение по геометрии, но его сообщение так разрослось, что часть его будет прочитана на заседании математического общества, а другая, демонстративная, у нас; я-то услышу обе, т.к. последнее время посещаю заседания математического общества при Университете». Вскоре Лахтин действительно выступил на заседании общества, о чем сообщает Флоренский матери 31 января: «У нас было на днях заседание общества, о котором ты уже знаешь, и заседание это сошло интересно, тем более, что проф. Лахтин сделал сообщение о своей работе, касающееся таких поверхностей, у которых имеется только одна сторона. Вообще дела общества идут довольно оживленно, и для рефератов даже не хватает времени, т. к. мы собираемся не более двух раз в 1 месяц». Третье заседание состоялось в середине февраля 1903 г. Флоренский прочитал на нем реферат по теории сетей.

Вероятно, к третьему курсу относится пик деятельности

Флоренского в математическом обществе, потому что в более поздних письмах упоминания об этом нечасты.

26 ноября 1903 г.: «Вчера у нас было математическое собрание, но сошло средне, хотя выяснилось, что в общем рефераты читаются чересчур хитрые, так что большинству они непонятны и скучны. Как раз сегодня имел по поводу этого большой разговор с проф. Млодзеевским. Я обратился к нему с вопросом, а он пригласил к себе и встретил очень любезно, так что два часа мы говорили о разных математических и нематематических вопросах». Последнее упоминание 4 декабря 1903 г., когда Флоренский пишет, что предполагает прочитать на заседании реферат.

Больше студенческое математическое общество в письмах Флоренского не упоминается. Однако известно, что оно продолжало функционировать по крайней мере до весеннего семестра 1905 г. Некоторое время его секретарем был Н.Н.Лузин.

Итак, студенческое общество, созданное Флоренским, состоялось, хотя и не в том виде и объеме, которое, судя по всему, предполагал его основатель. Вероятно, Флоренский не получил должной поддержки от профессоров университета. Он не встретил в университете того, кто стал бы для него новым Гехтманом. Учителем с большой буквы не успел стать для Флоренского Н.В.Бугаев, таковым не стали Б.К.Млодзеевский и Л.К.Лахтин. Подобную роль мог бы с наибольшим успехом сыграть Николай Егорович Жуковский, если бы студент Флоренский не избрал уже свой особый путь.

Литература

1. Половинкин С.М. О студенческом математическом кружке при Московском математическом обществе в 1902—1903 гг. // Ист.-мат. исслед. М., 1986. Вып.30.
2. Флоренский П.А. Черновик выступления на открытии студенческого математического кружка при Московском математическом обществе / Публикация и примечания С.С.Демидова, С.М.Половинкина и П.В.Флоренского // Ист.-мат. исслед. М., 1990. Вып.32—33.

Фрагмент переписки студенческих лет

П.А.Флоренский — О.П.Флоренской
08.09.1902

Дорогая мамочка!

Ехал от Ростова я хорошо; я встретился с несколькими студентами и двумя юнкерами из военного училища; вся компания была скромная, так что мы устроились вместе и прекрасно доехали до Москвы. После Тифлиса Москва мне показалась холодной, тем более что у нас¹ пока (кажется, в видах погашения прошлогоднего дефицита) еще не топят. Сегодня даже пошел было снег, но он скоро растаял.

В Москву теперь я въезжаю так же, как в Тифлис: чувствуешь, что приезжаешь в знакомое место. Жаль только, что я немного опоздал. Оказывается, в этом году профессора почему-то вдруг стали аккуратны и начали лекции вовремя, так что я пропустил целую неделю; но читались лекции, правда не все. Пока еще в университете не был, т.к. сегодня воскресенье, а вчера, когда я приехал, уже было довольно поздно, сегодня я устраивался в прежней комнате (я решил жить по-старому, тем более что одиночный номер есть свободный только один, а селиться с кем-нибудь Эрн не хотел). Да кроме того, я уж так привык к нашей комнате, что жаль покидать ее. После обеда заходил к Передерию². О нем я напишу после папе.

Университет наш быстро пустеет: Ключевский вышел в отставку, Трубецкой уехал (временно) за границу, Новгородцев, как говорят, переходит в СПб, Кирпичников — в Киев, впрочем, опять-таки, как говорят, и т.д. Только математический факультет пока еще держится.

Постараюсь заниматься осмысленно этот осенний семестр, пока есть бодрость и ничто не будет мешать. Будет удобно работать в библиотеке, да и курсы лекций есть интересные. Только без вас грустно. Мне очень не хотелось в этом году уезжать от вас, и если бы была возможность, я бы остался совсем. Жалею, что не увидел Лизы тети³; о намерении ее приехать к нам в Тифлис я узнал из твоего письма, которое вместе с отпуском получил сегодня.

¹ Флоренский жил в общежитии студентов на Б.Грузинской улице. Основано императором Николаем II в сентябре 1899 г.

² Передерий Г.П. — сослуживец отца.

³ Лиза тетя — Е.П.Сапарова, в замужестве Мелик-Беглярова, сестра матери.

А.И.Флоренский — П.А.Флоренскому
20.09.1902

Дорогой Павлик,

Из письма твоего я понял, что ты теперь совсем погружен в лекции, хотя по сообщенным курсам этот год для тебя будет очень интересный. Для ме-

ня интересно будет, к каким ты придешь выводам к концу года, так как этот год до известной степени будет решающий в твоей будущей деятельности. Внести в свою умственную жизнь некоторую дозу прикладной деятельности в широком смысле этого слова мне кажется одним из условий человеческого равновесия. Участвовать в общественной жизни дает такое удовлетворение, и нравственное, и физическое, что этого элемента заменить нельзя ничем.

Люся с тетей, вероятно, до 15 октября уедут¹. Можно было бы и скорей, но, по правде сказать, нам с вами расставаться не так легко: как будто отрываешь от себя кусок собственного тела. Что будет впереди, так темно! Одна надежда, скорее иллюзия, что кое-какие связи — сохранятся, что не забудется Вами, что вы все-таки принадлежите к одному очагу.

В доме идет все по-прежнему. Тетя Лиза приедет, как пишет, в конце этого месяца.

До свидания, мой дорогой. Пиши маме чаще.

Твой папа.

¹ Люся — Юлия Александровна Флоренская (1884—1947), сестра П.А.Флоренского. Тетя — Р.П.Сапарова (в замужестве Тавризова, Коновалова), сестра матери. Речь идет о поездке в Швейцарию.

П.А.Флоренский — О.П.Флоренской
06.10.1902

Дорогая мамочка!

Всю неделю я откладывал писание письма тебе, т.к. дела очень много, а времени я как-то расположить удобно не умею и не успеваю сделать положенного. Чтобы не забыть, сообщаю теперь же благодарность Варвары Николаевны за то, что ты посещаешь Альбину Константиновну¹. По-видимому, она, Варв. Ник., была этим очень обрадована.

У нас в Москве есть три музыканта, которые стараются знакомить публику с классическими произведениями; они (Шор, Крейн и Эрлих) дают обыкновенно утра, посвященные какому-нибудь одному композитору. Но теперь они затеяли более связанное дело, именно представить наглядно историю музыки, при помощи ряда отдельных наиболее выдающихся произведений дать картину хода развития в 6-ти утрах. Завтра будет первый концерт; я взял абонемент на все шесть, но это не отнимет заметно времени, т.к. растянется до Рождества. А помимо того, я считаю своего вторюю (после математика) задачей быть хорошо ознакомленным с искусством. По-моему, главнейший недостаток большинства систем в том, что там совершенно игнорируется весь тот огромный концентрированный материал, который дает искусство вообще; что же касается до музыки, то она, можно сказать,

Ласковое



Москва. Большая Грузинская улица. Здание студенческого общежития им. Императора Николая II, где Павел Александрович жил в 1900—1902 гг. Современное фото.

почти совсем не использована. Нельзя оставлять в мировоззрении такую исполинскую дыру, как отсутствие музыкального образования, хотя бы даже самого поверхностного, самого элементарного. А помимо всего остального, искусство является концентрированным опытом; оно разом неисчерпаемо, неадекватно понятию по бездонности содержания (как опыт вообще) и идеализировано, т.к. в нем совершена та работа обобщения и индукции, которую приходится при непосредственном опыте производить самому.

В университете идет много толков об учреждении того общества, о котором я ранее писал тебе. Завтра будет первое торжественное заседание — к сожалению, слишком торжественное: общество раздули чересчур. — Если потом дело не войдет в свою колею и не пойдет без шума, то, думаю, никакого проку из общества не выйдет. — Оно собирается первым номером своей издательской деятельности пустить собрание латинских диссертаций Канта в русском переводе². Я взял одну маленькую — страниц в 20 для перевода, а потом, если найду время, переведу еще другую, тоже небольшую. 5.X.1902.

Получил ли папа словарь Мейера (том 21-ый), который я ему выслал? Как идут занятия детей в гимназии? Картинку, которую я присылаю, дай Андрику. Он, вероятно, успел уже совсем забыть меня. Напиши мне, как пошла школа Екатерины Ивановны [Ельчаниновой].

У меня осталось много денег, вывезенных из Тифлиса, около 60 рублей, хотя я много купил книг. Кроме того я, вероятно, получу деньги за лекции, изданные в прошлом году (часть уже получил). Можно ли прислать деньги в Тифлис? Мне они совсем не нужны, а только приходится думать о том, чтобы не истратить их.

За последнее время я сравнительно близко познакомился с [П.В.]Преображенским, т.к. он читает у нас необязательный курс, и слушателей бывает не более трех человек.

Целую тебя, дорогая мамочка. Твой П.

Я тороплюсь окончить письмо, т.к. сейчас должен идти на собрание общества. На днях напишу папе.

¹ Варвара Николаевна — мать — и Альбина Константиновна — бабушка Семенникова, приятеля Флоренского по гимназии и университету.

² Издание собрания латинских диссертаций Канта не состоялось. Флоренским, насколько нам известно, была переведена только одна работа Канта, о которой здесь и идет речь. Она опубликована: *Кант И.* Физическая монадология. Вступительная статья «От переводчика» и примечания П.А.Флоренского // Богословский вестник. 1905. Т.3. №9. С.95—127.

П.А.Флоренский — О.П.Флоренской 26, 28.10.1902

Дорогая мамочка!

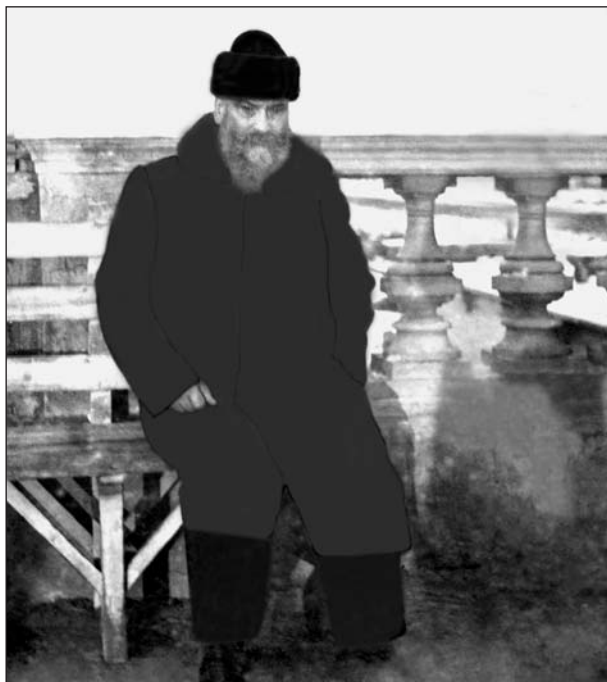
Наконец получил я письмо от тебя. Я знаю, что ты не можешь писать чаще, но все-таки бывает неприятно ждать его долго. В нем я нашел твой волос и очень был рад этому. Если можно, пришли мне в следующем письме еще.

Ты меня несколько раз спрашивала о моей работе. Можно только сказать, что она вполне на точке замерзания, т.к. все время уходит на лекции, на подготовку к ним и, так сказать, на более насущные интересы, т.е. на чтение, которое почему-нибудь хочется или нужно выполнить немедленно. Так что покуда я ею почти не занимаюсь; впрочем, я значительно изменил свой план, разбив работу на ряд отдельных, так что, напр., психологическую часть я собираюсь выделить в особый реферат, хотя и не знаю, когда напишу его.

Завтра утром с проф. Жуковским мы поедем в Мытищи (18 в. от Москвы по железн. дороге) осматривать водопровод. На эту поездку факультетом ассигновано несколько денег. Участвовать в ней будут студ. 4^{го} и 3^{го} курса, числом всего 27.

26.X.1902

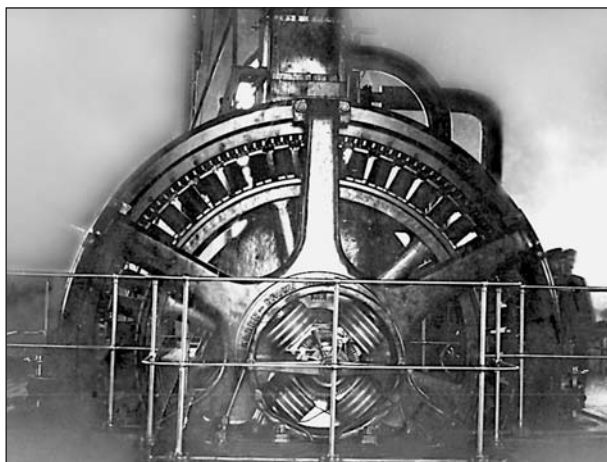
Были мы вчера, как собирались, в Мытищах. Там я видел довольно много интересного, а главное, интересно было побыть с Жуковским. Он замечательно милый человек, очень добрый и простой. Кроме ме-



Николай Егорович Жуковский.

Фото П.А.Флоренского и Н.А.Семенникова
Публикуется впервые

ханики, чистой и прикладной, он ни о чем не думает и поэтому интересно послушать его, так же как интересно бывать на его лекциях: чувствуется в каждом слове его, что это действительно знаток дела и, главное, относящийся к нему с любовью. Ему не наскучит выводить одно и то же, т.к. каждый



Фотография, посланная в письмо к отцу.
На обороте надпись: «Мытищи. Динамо-машина,
доставляющая энергию к насосам Фарко».
25 октября 1902 г.

Фото П.А.Флоренского и Н.А.Семенникова
Публикуется впервые



Однокурсники Флоренского во время экскурсии
с профессором Н.Е.Жуковским на Мытищинский
водопровод 25 октября 1902 г.

Фото П.А.Флоренского и Н.А.Семенникова
Публикуется впервые

раз он заново обдумывает, вводит новое, изменяет по тем или другим соображениям. Но т.к. на лекциях он всегда думает, то всегда почти путается, причем приходится студентам делать ему подсказки об ошибках, рассуждает сам с собою, и потому любителей до его лекций весьма немного, иногда бывает человека 4, а то и менее того.

Вчерашнее воскресенье целый день не пришлось быть дома; только что вернулся с экскурсии, как надо было идти на заседание общества, так что поэтому я письмо не смог отправить, как хотел.

Нас несколько человек с матем. фак. подумывает устроить себе математико-физический кружок, а потом, когда он уже будет устроен, присоединить его к обществу в виде секции. — Главным образом собственно настаиваю на этом я, да и идея моя. Мне кажется, это совершенно необходимо, т.к. решительно не с кем бывает сказать математического слова, а к профессору слишком часто подойти неудобно, т.к. все они заняты, спешат. Тут же, если профессор захочет председательствовать, то он уже добровольно будет сидеть с нами и разговаривать, да и притом все-таки в награду за время ему лишний титул «председателя».

Сегодня я получил письмо папы. Я отвечу ему на днях. Скажи ему, что в Мытищах я просил Колю снять для меня кое-что, как то большую трехпоршневую машину для всасывания и нагнетания воды в Москву, общий вид будочек с насосом Фарко, такая же будочка открытая и т.п. Если ему нужно, то я вышлю ему эти фотографии, а то могу и увеличить их, т.к. тут, у Преображенского, для этого удобные приспособления.

Эри тебе кланяется. Целую тебя, дорогая мамочка.

Твой П.

Заметки

П.А.Флоренский — О.П.Флоренской
04.11.1902

Дорогая мамочка!

Я завтра напишу тебе как следует: сегодня не успел, т.к. веду очень оживленную жизнь. Мне кажется, придется пустить в ход весь мой письменный материал, постепенно накопившийся за несколько лет; но его нужно подчищать и подправлять.

Поправился ли Андрик? Тут сильные морозы, сегодня утром уже доходило до -17° , а завтра, я думаю, будет еще больше, т.к. небо совершенно без облачка и снега нету порядочно до сих пор. Дома ли теперь папа. На днях я вышлю ему обещанные фотографии; мне надо еще напечатать их, а тут так мало, сравнительно, свету, что печатать приходится несколько дней один снимок. Пусть папа напишет, не нужно ли каких ему сведений по вопросу о водопроводах и т.д. Я с Жуковским немножко познакомился и по поводу устраивающегося общества (математического) иногда разговариваю, так что могу достать справки и сведения. Он собирается прочесть публичную лекцию о водопроводах и, вероятно, воспользуется фотографиями, которые снимали мы с Колей. Целую тебя, дорогая мамочка. Твой П.

П.А.Флоренский — А.И.Флоренскому
09, 11.11.1902

Дорогой папочка!

Вот уже скоро кончится этот семестр. Время с сентября пробежало совершенно незаметно, т.к. мне все кажется, что занятия пока только налаживаются, а не идут нормальным ходом. За последнюю неделю наше «математическое общество» совсем наладилось, главным образом потому, что я никому не давал покою. На днях проф. Жуковский заявляет в настоящем «мат. обществе» при нашем университете о желаниии студентов возобновить собрания, и мы будем собираться по вторникам после этого заявления. Хотя студенты в общем относятся к нему скептически, но тем не менее уже многие обещали мне рефераты, и материал, по крайней мере на первое время, уж обеспечен. Лично у меня тем есть сколько угодно, отчасти еще из гимназических работ, отчасти новые, и в ближайшем будущем думаю представить несколько работ: 1) о расширении области конкретных образов в аналитической геометрии (это та интерпретация мнимых величин, о которой я тебе говорил ранее, но значительно развитая)¹, 2) о земном магнетизме², 3) заметка о музыкальной функции, 4) приборчик для воспроизведения туманных пятен³ и др. Мне это общество полезно в том отношении, что заставит приниматься более энергично за некоторые полу-обдуманные темы, как то применение теории векторов к одному вопросу физиологической оптики, особый метод изучения особых точек трансцендентных кривых и др. <...>

Достал в библиотеке сочинение Гулака о трансцендентных функциях; пока я книгу только перелистывал, да и предмета совсем не знаю, но думаю, что эта совершенно неизвестная книга (библиотечный экземпляр даже не разрезан) очень оригинальна, и в биографии Гулака, которую я собираюсь писать, я считаю нужным поместить подробное ее изложение. Уже одно то, что Гулак дает классификацию трансцендентных уравнений, показывает ее важность.

И помимо всей кучи рефератов, сообщений и т.п. мне предстоит, быть может, еще одно, с одной стороны меня очень привлекающее, а с другой пугающее дело. У меня за несколько лет накопилась целая толстая тетрадь заметок по общим вопросам, по преимуществу психологическим. Может быть, мне представится возможность напечатать несколько статей, если только я эту кучу приведу в порядок⁴. Но, во-первых, она может и не представиться, а, во-вторых, я сильно колеблюсь, как поступить. Поэтому, пожалуйста, не говори об этом никому, кроме мамы, а то я не знаю точно, из каких источников, но мне пришлось раз от почти посторонних слышать о своей жизни весьма большие неправдоподобности, но эти неправдоподобности могли вырасти только из моих сообщений в письмах к вам.

Вчера получилось письмо от Люси, но вы, вероятно, знаете более меня, так что сообщать его содержание нечего. Поправился ли Андруша?

9.XI.1902

Целый день вчера сидел над небольшим сочинением, которое хотел сегодня дать для проверки Лахтину. Но хотя исписал целый ворох бумаги, окончить его все-таки не успел. Это, пожалуй, и лучше, т.к. успею прибавить еще кое-какие приложения к геометрии.

Почему мне не пишут дети?

Целую вас всех. Кончаю письмо, т.к. спешить надо на лекцию.

Твой П.

P.S. Пока фотографий выслать не могу, т.к. темно и печатается одна фотография по несколько дней.

¹ Этот текст, лишь несколько отредактированный, составил параграфы 2—6 книги «Мнимости в геометрии. Расширение области двумерных образов геометрии. (Опыт нового истолкования мнимостей.)» М., 1922.

² Скорее всего, Флоренский имеет в виду содержание своей заметки: Флоренский П. Об электрических и магнитных явлениях земли // Известия Русского астрономического общества. СПб., 1900. Вып.8. №4—6. С.108—109. В конце заметки указано место и времени написания: «Тифлис, 17 января 1899 г.».

³ Видимо, речь идет о заметке: Флоренский П. Опыт воспроизведения туманных пятен // Известия русского астрономического общества. СПб., 1900. Вып.8. №4—6. С.103—107. В конце есть указание места и времени написания: «Тифлис, 28 февраля 1899 г.».

⁴ По-видимому, возможность печататься, о которой говорит здесь Флоренский, связана с переданным через Ельчанинова предложением Мережковского давать тексты для «Нового пути».

П.А.Флоренский — А.И.Флоренскому
18.11.1902

Дорогой папочка!

Не могу сейчас писать много, т.к. тороплюсь, а потому сообщу, что тебе может быть интересным.

Через неделю у нас состоится собрание математ. общества. Предполагаются такие рефераты: 1) Сообщение Жуковского «О движении подпочвенных вод». Он говорит, что набрал по этому вопросу такое количество материала, что уже справиться почти не может; говорил также, что работает над сочинением по этому вопросу. 2) Об опытах Белопольского по принципу Доплера. Первое экспериментальное доказательство существования такого принципа для света; теоретического же, в сущности говоря, пока вовсе нет, т.к. все доказательства исходят из совершенно произвольных предположений. 3) «Теория планиметров». 4) Мое сообщение «О функциях, постоянных внутри данного контура». Сообщения 2) и 3) сделают тоже студенты.

Был недавно у Готлиба Феодоровича¹. Он рассказывал мне о твоём детстве, просил кланяться всем вам.

Не нужно ли тебе каких сочинений о водопроводах и т.п. технических вопросах на механической

подкладке? В настоящее время мне часто приходится беседовать с Жуковским, и достать будет совсем нетрудно от него многое такое, что иначе достать было бы затруднительно. В очень многих отношениях Жуковский напоминает тебя, только он беспредельно добродушен и никогда не острит, хотя на его лекциях часто смеешься, именно благодаря его истинным остроумам, которые он говорит, сам того не замечая. Мне в нём то нравится, что он никогда не ограничивает нас, а наоборот, с чем бы к нему ни прийти, он сейчас же начинает так относиться, как будто иначе и быть не могло, но требует зато основательности.

По правде сказать, на меня несколько неприятно подействовало, когда я обратился за новыми источниками для моей работы к Лахтину, он назвал несколько, а потом заметил: «довольно с вас и этих, ведь вы не диссертацию пишете, а зачетное сочинение», как будто нельзя отнести более или менее добросовестно и к зачетному сочинению.

Напиши мне, как мама. Целую тебя, дорогой папочка.

Твой П.

¹ Готлиб Феодорович Пекок — родственник по отцовской линии.

Известие о возобновлении заседания общества объявлено, состоится при Москов. матем. обществе ~~на заседании~~ ^{на заседании} в воскресенье 26 ноября в 7½ часа вечера в ~~Математическом обществе~~ ^{Математическом обществе} предмете собрания:

- 1) Сообщение К.С. Жуковского «О движении подпочвенных вод»
- 2) Сообщение П. Арриулана ^{Готлиба} ~~Феодоровича~~ Белопольского по принципу Доплера.
- 3) Сообщение Флоренского «К вопросу о функциях постоянных внутри данного контура»
- 4) Сообщение Деменикова ~~«Теория планиметров»~~

Смещение заседания ~~на заседание~~ ^{на заседание} в воскресенье в Математическое общество

Подпись моя от С.С. Флоренского в окт. 1902 г.

Объявление о возобновлении заседания студенческого математического общества, написанное рукой Флоренского 26 ноября 1902 г.

П.А.Флоренский — О.П.Флоренской
18.11.1902

Дорогая мамочка!

Опять я не успел написать тебе в срок. Порядочная суতোлка с нашим математическим обществом, хотя первое заседание его будет только через неделю. Мне бы очень было желательно, чтобы вышло из него что-нибудь, но, боюсь, что после нескольких заседаний не будет у нашей публики материалов.

Не имеете ли вы против того, что я не думаю приезжать домой на Рождество. Дело в том, что в этом году у нас занятия кончатся весной очень рано, и я думаю, что до Пасхи смогу быть дома уже. А кроме того, мне хочется на Рождество написать хоть часть своей работы, и книг с собою набрать нужных будет нельзя. Если вы хотите, я приеду, мне очень хочется повидаться в вами, но думаю, что лучше все-таки остаться. Если это будет так, то на 3—4 дня, может быть, для отдыха я поеду в Петербург знакомиться с вашими старыми знакомыми, другими новыми и повидаться с товарищами. Впрочем, этого не знаю, тем более, что Рождество не так-то близко еще. Там, вероятно, мне представится возможность познакомиться с некоторыми молодыми писателями¹.

На днях я выслал тебе 2 тома сочинений Гауптманна² и две книжки для детей. Напиши мне, когда получишь их; за книги и пересылку я оплатил, так что вы не вздумайте платить снова.

Денег мне не надо, и хотя я порядочно одолжил одному товарищу, у меня все-таки есть; но он скоро вернет мне их, и я считаю себя капиталистом.

Одно время было тут довольно холодно, доходило до 18°, но теперь выпал, наконец, снег и значительно полегчало. Но в общем погода достаточно мерзкая; то жарко сравнительно, то холодный ветер. Ввиду этого я, вероятно к твоему удовольствию, хожу в зимнем пальто, т.к. раз не рассчитал ветра и слегка простудился, что уже несколько дней как совсем прошло. Но ты не думай, что у меня была сильная простуда: только насморк и слегка опухшее горло. Но под моими руками всегда имеется терпентин и, как что, я сейчас же трусь им почти до крови, так что всякая простуда моментально проходит.

От Люси я получил одно письмо с дороги и одно из Лозанны. Сегодня пишу ей ответ на последнее письмо. Думаю, что и в Москве им не было бы весело: знакомых было бы мало, всякие концерты и зрелища, вероятно, также есть и в Лозанне. А тут, кроме того, и знакомиться трудно. В сущности говоря, за 3 года я не приобрел семейных знакомых, да и никаких настоящих знакомств, хотя, по правде сказать, имел возможность.

Целую тебя, моя хорошая мамочка, и вас всех. Уехал ли папа?

Твой П.

¹ Вероятно, Флоренский планировал поехать в Петербург именно для знакомства с Мережковским и его кругом, в который вошел в то время Ельчанинов. Поездка не состоялась.

² В начале прошлого века вышло несколько отдельных произведений, сборников и собраний сочинений Герхарта Гауптмана. Возможно, речь идет о собрании сочинений в 3-х томах под ред. К.Бальмонта. СПб., 1902—1905. Открытка с портретом Гауптмана хранилась среди семейных писем.

О.П.Флоренская — П.А.Флоренскому
25.11.1902

Милый мой Павлик,

Вот уже несколько дней как собиралась писать тебе, но все некогда, потому и запоздала немного с письмом. Говорю это к тому, чтобы ты и впредь не беспокоился, если не получишь вовремя известий из дому.

Благодарю тебя очень за милое внимание. Сочинения эти мне интересны и сами по себе, а теперь тем более буду дорожить ими. Но как же ты мог удумать такую сумму из своего скромного бюджета? Это нехорошо, если ты из-за нашего каприза вздумал отказывать себе в чем-либо существованием. — Детям присланное тобою тоже очень интересно. Рассказы из охотничьей жизни чрезвычайно талантливы, так что могут заинтересовать и не детей только. — Насчет приезда твоего на праздники мы с тобою как бы встретились мыслями. Папа и я тоже не советуем приехать теперь на такое короткое время, когда и сообщение-то затруднено вследствие холодной зимы. Ты прекрасно придумал съездить на праздники в Петербург. Боюсь только, как бы ты не простудился снова. Пожалуйста, береги себя, милый мой мальчик. Конечно, тебе очень хорошо видеть больше людей и не замыкаться в слишком тесном круге. Наши бывшие знакомые вряд ли могут быть тебе интересны, да и никого почти не осталось в Петербурге. Неужели ты до сих пор не заказал себе платья и думаешь являться всюду таким замухрышкой? Надо одеться порядочно, право, это необходимо. Где же ты думаешь остановиться там? — Теперь мне было бы очень интересно узнать, как прошло первое заседание вашего общества? Состоится ли второе, и не разбегутся ли члены от таких специальных вопросов? Все это, во всяком случае, хорошая школа, и если тебя и постигнет какая-нибудь неудача, на поприще общественной жизни, что случается, конечно, чаще всего, то, пожалуйста, не принимай к сердцу.

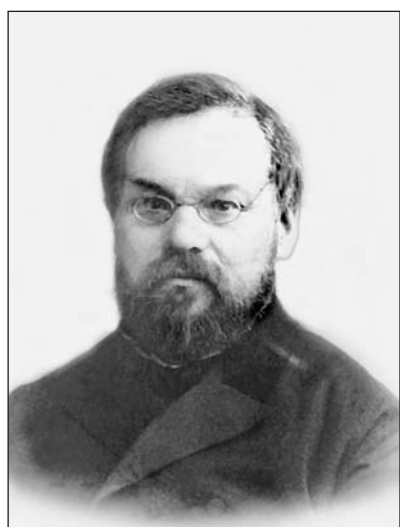
26 ноября. Вчера не удалось докончить письмо, но так и пошло. Напиши, поправился ли ты совершенно. До свидания, милый. Будь здоров. Если выедешь в Петербург, сообщи.

Твоя мама

П.А.Флоренский — О.П.Флоренской
02.12.1902

Дорогая мамочка!

Уже более месяца, как моя простуда совершенно прошла. Но тем не менее я подумал и решил, что в Петербург я не поеду. Дело в том, что я еще и Москвы совершенно не знаю, так что на праздни-



Профессора и преподаватели Московского университета. Верхний ряд: П.В.Преображенский, Болеслав Корнелиевич Млодзиевский, Леонид Кузьмич Лахтин. Нижний ряд: Николай Васильевич Бугаев, Сергей Николаевич Трубецкой, Алексей Константинович Власов.

ки будет что посмотреть, а главное, мой отъезд сопряжен с такими затруднениями, что не стоит возиться. Ведь мне необходимо взять отпуск из университета и разрешение из полиции. А для этого я должен буду сдать целую кипу библиотечных книг; их после праздника тогда может забрать кто-нибудь раньше меня, да и на Рождество тогда я останусь вовсе без нужных мне книг.

Первое заседание нашего математ. общества прошло благополучно, хотя прочли только 1/2 предполагавшегося материала, т.к. Жуковский торопился на какое-то заседание, где он должен был читать речь. Свой реферат я прочел¹, и, насколько мне известно, им остались довольны — даже профессора, к моему удивлению, т.к. я в нем уже начал издали подходить к мировоззрению в моем духе. Общая идея его та, что могут быть явления сами по

себе неопределенные, не определяемые вполне своими причинами, так что есть место для активного вмешательства личности. Кажется, что проводить можно что угодно, только умеючи подобрать слова такие, чтобы они не оскорбляли непривычное ухо. А там понемножку можно усиливать дозу и, наконец, говорить тем языком, который резче всего передает мысль. Я думаю, что в таком способе действия нет ничего плохого: нужно с каждым говорить тем языком, к которому он привык, который он способен понять; а иначе настраиваешь против себя с самого начала. Завтра у нас будет 2^{ое} собрание. Хотя читать там ничего не буду, но кое-что расскажу, вероятно, по поводу реферата «О кинетической теории газов». Ты писала о специальности тем; но ведь иначе нам придется пустословить, т.к. мы не можем (да это и не желательно) захватыв-

вать слишком широкие области даже сколько-нибудь самостоятельно. Конечно, не всякий реферат все поймут, т.к. у нас бывают со всех 4-х курсов, но и невозможно угодить на всех, т.к. если читать всегда и только всем доступное, то это будет большей частью слишком знакомо и скучно. Варвара Николаевна кланялась вам. Напрасно, мамочка, вы выслали денег. Я уж нарочно в прошлом письме написал, что у меня 30 р., потом я получил еще, на что купил книг себе, и потом, вероятно, получу снова. Наше издание лекций² уже почти кончилось, и мы подумываем о новом, конечно совершенно переработанном, т.к. в том пропасть опечаток и промахов.

Познакомился я с семейством³ того студента, с которым мы затеяли кутерьму относительно общества. Мне будет это знакомство очень интересно: его отец священник, имеет массу знакомых, особенно среди духовенства, хотя знаком и с некоторыми из наших приват-доцентов, так что можно через него будет завязать те знакомства, которые мне покажутся интересными. А интересной мне представляется среда профессорская и духовная, так что я буду иметь удовольствие не знаясь с нашими «интеллигентными деятелями». Впрочем, наши либералы присмирели до невозможности, и я, представь себе, в этом году не видел еще ни одной прокламации; тогда как в прошлом году через каждую минуту на лекции вшивали прокламацию величиной *tipitit* в размер телеграмм воскресного номера «Тифлисского листка», на которой неразборчиво оттекстграфированы какие-нибудь безграмотные стихи в благозвучном тоне или сенсационное известие, которое через 1/2 часа оказывается уже вздором. Я думаю, что слово-отводом послужило «филологическое общество»⁴, где есть историческая секция, секция общественных наук и т.д., где можно досыта публично наговориться, и потому потребности в прокламациях уже не ощущаются. Пошел я как-то на заседание «о Радищеве». Как и следовало ожидать, референт сделал из него какую-то либеральную кашку, слащавую и бесформенную. Он совершенно извратил всю действительно оригинальную и крупную фигуру Радищева, так что конфузно было слушать, и никто ничего не возразил.

Целую тебя, моя дорогая мамочка. Твой П.

Папе напишу на днях.

¹ Это реферат «К вопросу о функциях, постоянных внутри данного контура». Он посвящен развитию аритмологической («бугаевской») темы — рассмотрению особого вида прерывных функций — «рестрикторов». Сейчас такие функции называют «характеристическими функциями интервалов вещественной прямой».

² Возможно, речь идет об издании лекций Бугаева по интегральному исчислению. В это время Флоренский мог работать также над подготовкой к изданию лекций Млодзевского. См.: Медведев Ф.А. О курсе лекций Б.К.Млодзевского по теории функций действительного переменного, прочитанных осенью 1902 г. в Московском университете // Историко-математические исследования. Вып.30. М., 1986. С.130—148.

³ Вероятно, речь идет о Ф.С.Успенском.

⁴ Историко-филологическое общество С.Н.Трубецкого.

П.А.Флоренский — О.П.Флоренской

09.12.1902

Дорогая мамочка!

Завтра уезжает Эрн. Он так скоро собрался, что я не успел заготовить того, что хотел, но все-таки он привезет несколько безделушек детям. Достал я для тебя снимок с одной картины Бёклина¹, но он не поместился в чемодан, и я вышлю его на днях почтой. Последнее время у меня была настоящая сутолока, т.к. надо было сдавать зачеты, в общезжитии устраивали бал и т.д. Хорошо, что скоро закончатся лекции и все затихнет, так что я займусь после некоторого отдыха, наконец, своей работой и одним рефератом, который я почти кончил². Кроме того, на праздники мне предстоит составить одну статейку³, перевести одно сочиненье (совсем маленькое) Канта и изготовить 2 «конспекта» лекций, т.е. попросту составить 2 курса с добавлениями из книг. Хочется написать еще, впрочем, одну сказку для наших детей и одну главу своей работы, да книг прочесть надо целую кипу.

Вчера ходил с Колей в Политехнический музей; там бесконечно много зал, так что мы не прошли и 1/2 всего, а осматривать надобно несколько лет. Но большинство отделов для меня лично мало интересны, и я с удовольствием останавливался только в отделе физики и демонстрационных приборов механики.

Как вы собираетесь проводить Рождество? Это первый раз, как мне его придется проводить одному. Варвара Николаевна предлагала поселиться на это время у них, но я, конечно, отказался, т.к. прежде всего дорожу свободой занятий, да и, помимо того, доставил бы им слишком много хлопот.

Относительно моей практической деятельности ты неверно представляешь дело. С самого начала она сама по себе мне внушала легкое отвращение, и заранее я чувствовал апатию; но т.к. я считаю общество наше нужным, то, несмотря ни на что, буду поддерживать его и не отстранюсь, пока только будут желающие послушать его собрания. Но дело до этого еще очень далеко, т.к. во втором собрании присутствовало много студентов, и даже несмотря на то, что мы пересолили, ~~сразу~~ в один дух дав 4 реферата и 2 отдельн. замечания, несмотря на это, до 12 часов ночи все же оставалось еще порядочно человек. Понятное дело, что подобной глупости мы более не сделаем и уж более 2 рефератов назначать не станем, если только они не очень малы.

Напрасно ты думаешь о разочаровании в знакомых. Обыкновенно я приступаю ко всякому новому знакомству с предвзятой мыслью, что оно отчаянно скучно и что я обязан поддерживать его ради наблюдений; если же потом окажется хоть что-нибудь интересное, то я начинаю приходить в восторг, так что угодить мне вовсе не трудно.

Как здоровье Андрика? Нельзя ли Гесе рассказать что-нибудь захватывающе интересное про наш двор, чтобы заставить ее выходить туда почаще?

Целую тебя, моя хорошая мамочка. Твой П.



Друзья Флоренского по гимназии и университету: Владимир Францевич Эрн, Александр Викторович Ельчанинов, Михаил Михайлович Асатиани.

Папе напишу на днях, после того как побываю на заседании математического общества, которое будет завтра.

¹ Бёклин Арнольд (1827—1901) — швейцарский живописец, его произведения относят к стилю модерн. Об этом эпизоде Флоренский позднее (1920) вспоминал: «Отец мой, сторонник всего естественного, органически не выносил театра, видя в нем дешевую бутафорию и ломание, и игнорировал его как искусство; определить что-нибудь как актерство было у него наихудшим осуждением. Помнится, уже будучи в Университете, я послал домой хорошее воспроизведение бёклиновского морского прибора. Отец вообще весьма ценил всякую внимательность с нашей стороны и бережно хранил наши подарки в особом шкафу. Но в данный раз вместо благодарности я получил лишь жестокое осуждение, и в письме, и по приезде домой — устно. «Это — не прибор, а какой-то ломающийся актер», — писал и говорил он почти с гневом и в противоположение прислал мне «настоящий прибор» — открытку с воспроизведением какой-то английской картины, на которой был изображен берег острова Уайт и носящиеся над влажным дымом и волнами чайки. В данном случае отец был отчасти прав, и картина Бёклина мне мало нравилась, когда я ее разглядел, взял же я ее у Аванса <художественный магазин на Кузнецком мосту> от смущения, потому что долго не находил ничего подходящего. Но и противопоставленная картина еще менее удовлетворила меня, как типичное дело натурализма, весьма недалекое от моментальной фотографии, но действительно эффектного вида» (Священник Павел Флоренский. Детям моим. М., 1992. С.185).

² Декабрем 1902 г. датирована работа «Заметки по теории сетей (опыт изучения главы из геометрии положения)».

³ Вероятно, статья «О суеверии и чуде».

П.А.Флоренский — О.П.Флоренской
16.12.1902

Получил твое письмо. — Кто тебе говорил о статье для «Нового Пути»? Во всяком случае, ниче-



Студент Николай Николаевич Лузин.

го подобного не было. Только Ельчанинов писал мне, что если я захочу, то, быть может, удастся устроить статью там. Сначала я думал писать, но теперь, вероятно, не стану, т.к. слишком уж чувствую слабость своих познаний. Тем зато очень много. Думал я писать «О суевериях», т.е. сделать анализ этого понятия и указать истинный смысл его, ну, и мимоходом, конечно, значение суеверия в мировоззре-

нии. Хотелось бы также разработать вопрос о математике в ее современных течениях с точки зрения идеализма: именно целый ряд результатов исследования основ математики прямо напрашивается на сопоставление с взглядами идеалистов. Но этого-то, во всяком случае, писать теперь не стану, т.к. рано еще высказываться с тем скудным запасом сведений, какой у меня. Ты напрасно интересуешься журналом «Новый Путь». Он всецело направления, с которым ты враждуешь даже, когда оно во мне; да и лица, участвующие в нем, все не в твоём вкусе. Вот-то будут негодовать наши либералы! Я заранее чувствую злость и кипение «Мира Божьего», «Русского Богатства» и т.п., а с Михайловским, верно, сделается удар.

Варвара Николаевна кланяется тебе. Целую тебя, дорогая мамочка! Твой П.

П.А.Флоренский — А.И.Флоренскому 17.12.1902

Дорогой папочка!

Мама писала, что ты последнее время очень занят. Кажется, твое дело оказалось интересным, так что я очень рад этому, а то, делая все неинтересное, можно потерять самую способность интересоваться чем-нибудь.

Последнее время я понемножку просматриваю для реферата книгу по анализу Дюринга и нахожу в ней все твои взгляды об отрицательных мнимых и т.п. Но тем не менее он и не думает отказываться от них и делает даже сам остроумные истолкования мнимых (вроде моих). Выход у него понятный. Знак — перед числом — означает только то, что действие в данном случае невозможно, но что если бы мы известным образом изменили уравнение, из которого получилось это невозможное решение, то тогда бы получилось то же самое решение, но уже возможное, т.е. абсолютное число и т.п. Так что говоря $-a$, мы зараз рассматриваем 2 уравнения, корнями которых может служить число a ; взятое ж изолированно от уравнения, отрицательное число ничего не означает. В том же духе рассуждает он о мнимых, считая нужным писать $\sqrt{-a}$ вместо \sqrt{a} , т.е. ставя знак $\sqrt{-}$ только для обозначения невозможности и для указания, при каких условиях эта невозможность станет возможностью. Пишу это, потому что тебе, может быть, покажется интересным.

Понемножку занимаюсь конспектом по теории функций и все больше вхожу во вкус его; современная теория так строго развивается, так красиво создает новые объекты, что можно подумать обо всем этом с большим удовольствием, тем более, что при писании конспекта материал и остов дается лекциями, так что и прочитывать что-нибудь нет необходимости, а когда хочется пофантазировать, то можно это делать досыта.

Целую тебя, дорогой папа. Тороплюсь кончить письмо, т.к. уже давно пора идти в библиотеку.

Твой П.

А.И.Флоренский — П.А.Флоренскому 24.12.1902

Дорогой Павлуша, давно я тебе не писал, да и не особенно интересные, вероятно, мои письма. У нас под праздники, конечно, детская суматоха со всеми перипетиями, как всегда. Мама, как ежегодно, сначала дает торжественное обещание, что елки не будет; затем необъяснимые силы потихоньку-потихоньку заставляют нарушить свое обещание. Появляется масса бумаги, что-то делается и, наконец, елка, вопреки всему, осуществляется, т.е. будет завтра.

Из твоих писем о занятиях я только выношу одно, что математики за символами теряют всякие понятия о реальном числе. По списку, что ты должен сделать на праздник, мне кажется, что у тебя есть год или два свободного времени. Тема твоя, очевидно, с одной стороны (идейности) сильно тает, а с собственно математической — непрерывно растет. Это, по-моему, очень хорошо, так как, насколько я понимаю задачу зачетной темы, это только доказательство знакомства с курсом в узком значении этого слова, и первоначальная постановка тобою этой задачи скорее годилась бы как философская тема, чем как узко-математическая. Уметь себя самоограничить — великая вещь для будущего.

Насчет твоего участия в «Новом Пути» — ты напрасно считаешь, что мы можем быть этим недовольны. Напротив, я бы желал, чтобы ты на этом пути что-либо сделал, и тема о суевериях — очень интересная и важная. Выяснить значение в каждый данный момент известной суммы суеверий, предубеждений, необходимость их в общественном строе как связующего начала весьма важно для ослабления самой силы этого элемента. Поэтому, пожалуйста, пиши, только не распекай либералов. Слово это в своем специальном, специфическом значении, как употребляется у нас, означает также известную сумму суеверий, предубеждений, уже вымирающих, но значение которых среди других родов суеверий надо понять в историческом нашем ходе. Были говорюны, проповедники, теперь — секты. Но ведь это вечная история всех мировоззрений. Попробуй на эту тему; будет очень недурно разобраться в этом вопросе особенно для вашего поколения. Ведь вы, безусловно, дети этого мировоззрения, но забывающие о своих корнях.

Одним словом, дорогой, жду от тебя реальных проявлений активной деятельности в области мысли всякого рода, лишь бы мысли. Для меня не важно различие в мыслях, противоположность в мировоззрениях, а отсутствие мысли, хотя для общественной деятельности, для партийных людей, т.е. массы, за исключением вожаков, отсутствие мысли, кажется, есть основа силы партий.

Все старое отживает, дорогой; грустно все-таки стоять на рубеже, когда бывшее живое, двигавшее лучших людей, становится прахом, удобри-тельным слоем для нового, которое пока для меня все-таки X.

В первых числах января мы вышлем тебе 200 р. для всех твоих обязательных уплат.

Хотя от тети Ремсо и Люси и довольно часто получают письма, но я пока не уяснил себе, как Люся чувствует и остановилась ли на чем-либо определенном. В общем она, кажется, не особенно довольна Лозанной. Но времени прошло так мало, что трудно ожидать пока чего-либо определенного, а главное, ей надо физически поправиться.

На праздник мы ждем Маргариты¹.

До свидания, мой дорогой. Кланяйся всем знакомым. Готлибу Федоровичу передавай от нас поздравления с праздниками и пожелай всего хорошего.

Твой папа.

¹ Двоюродная сестра П.А. по материнской линии.

П.А.Флоренский — О.П.Флоренской 23, 25.12.1902

Дорогая мамочка!

Вы, вероятно, очень заняты перед Рождеством: я уже давно не получаю от вас писем. Я просил магазин послать для тебя одну фотогравюру — Бёклина. Пожалуйста напиши, когда ты получишь ее. Мне бы хотелось, чтобы она попала к Рождеству, но боюсь, что задержится на почте.

Вчера я был у Готлиба Феодоровича. Он посылает вам свои поздравления и кланяется. Рассказывал он о разных вещах и, между прочим, как он был этим летом у [Р.]Вирхова, когда тот приезжал сюда на съезд. Он держится очень бодро и, кажется, больше прежнего увлечен газетами и политикой.

Был недавно на заседании математического общества, но оно сошло очень неудачно: первый реферат читал какой-то приват-доцент из Варшавы (Брайцев) и, по-видимому, он сам не совсем понимал, что он насобирает из журналов и т.д., а кроме того, к нему начали вдобавок придираются, так что кончилось тем, что все профессора заговорили разом.

23.XII.1902

Получил вчера твоё письмо. Напрасно ты думаешь, что тут теперь особенно холодно. Недели 1 1/2 было совсем тепло, все растаяло, как весной. Теперь опять стало холоднее, но мороз небольшой.

Ты пишешь, что елка напоминает тебе дикарские обычаи. Конечно, это так, но ведь вся наша

жизнь и деятельность насковозь пронизаны нашим прошлым, всевозможными переживаниями. Вся культура складывается из переживаний, только одни переживания более заметны, задают тон, другие звучат чуть слышно. Отказаться от прошлого так же невозможно, как отказаться от самого себя, потому что все содержание личности дано прошлым. Нам бы в погоне «за веком» пришлось отказаться от языка, от всех эмоций, от всякого внешнего проявления духа, пришлось бы отказаться от искусства, от науки и т.д. Я не знаю, почему и для чего это нужно. Оставаясь тем, что мы сейчас, мы не можем перестать быть тем, чем были дикари и, чтобы не иметь «диких» обычаев, нам пришлось бы отказаться от всякой психической жизни вообще: нет и не может быть у нас никакой науки, иначе как символической, и все наши научные представления в физике через 500—600 лет будут казаться, вероятно, весьма мало различимыми от представлений теперешних первобытных народов. Вы хотите на наше прошлое, которое должно быть дорого нам, смотреть высокомерно: вот отсюда высокомерное отношение к религии, к обычаям, к известному укладу жизни, и в этом отношении наше воспитание является величайшим злом: вместо людей вы хотите воспитать абстракции, каких-то «чистых духов», и в результате этого выходит то, что никто не может быть чистым духом, а понимания уклада жизни тем более нет. Сейчас, напр., я считаю себя православным, а между тем, вполне признавая теоретически истинность воззрения Церкви, не могу исполнять и проводить их на практике. Символы должны быть привычными с детства, они должны срастись со своими идеями, а у меня, конечно, этого пока еще нет.

Последнее время почти целый день меня не бывает дома, и, главное, даже сам не можешь решить, на что собственно пошло время. Я расхаживаю по гостям и т.д., заглядываю в витрины магазинов и фланирую по улицам без конца. Сейчас я тороплюсь кончать письмо, т.к. Андросовы¹ просили придти к ним обедать сегодня. Уж наверно не вернусь от них ранее вечера.

Целую тебя, дорогая мамочка, и вас всех. Твой П.

¹ Супруги В.И. и М.Н.Андросовы и их дети — друзья Флоренских.

В заключение

К «похожему на папу» Жуковскому Флоренский испытывал особенно теплые чувства и часто упоминал его в своих письмах домой. Сведений о прямых контактах между ними нет. Однако сохранились три упоминания Жуковского в связи с Флоренским, о чем необходимо рассказать.

По окончании Университета Павлу Александровичу было предложено остаться там для продолжения научной карьеры. Ему сообщил об этом его друг по студенческому математическому обществу будущий академик Лузин, оставив на квартире Павла Александровича записку.

«Флоренский!

По поручению Николая Егоровича Жуковского сообщаю Вам отрадную весть: Вы оставлены при Университете. Н.Егорович просил Вас явиться к профессору Лахтину и возможно скорее.

Дай Бог Вам всего лучшего.

Ваш товарищ Николай Лузин



В ссылке в Нижнем Новгороде.

Фото В.П.Флоренского

Р.С. Прибыл к Вам в 4 часа 57'3" дня 31 мая 1904 года.

Однако Флоренский в августе 1904-го поступил в Московскую духовную академию, находящуюся в Сергиевом Посаде, предполагая в дальнейшем постричься в монахи и принять священство, о чем в мае в университете еще не знали. Такой поступок в то время вызвал непонимание в обществе, о чем красноречиво говорит письмо незнакомого киевского студента, сохранившееся в архиве Флоренских:

«Извините меня, пожалуйста, г-н Флоренский, как за мое неуместное письмо, так и за то, что я, быть может, даже неправильно пишу вашу уважаемую фамилию: вчерашний рассказ одного академика о вас вынудил меня побеспокоить вас письмом, ответ на которое был бы для меня очень желательным. Дело в том, что я — математик I-го курса и история

вашего перехода в академию заставила меня призадуматься. <...>

Конечно, я не имею права вмешиваться в чужую жизнь, требовать объяснений, но я все-таки прошу вас написать мне, неопытному и незнакомому с жизнью первокурснику, благоговейшему перед стройными законами и бесконечностью мироздания, перед дивной гармонией атомов материи, верящему в науку и ее представителей, к числу которых и вы могли быть без труда причислены, чем руководствовались вы, меня жизненный путь? Ответьте, если это вас не затруднит почему-либо. Впрочем, не настаиваю, ибо не имею права.

Сожалеющий о потере, которую, быть может, понесла в лице вас русская наука (и вообще наука) и уважающий вас, как математика, Иван Ильинский».

Однако поступок Флоренского, по-видимому, не шокировал

Жуковского. Николай Егорович сохранил к своему ученику теплые чувства, о чем свидетельствует другой его соратник по студенческому математическому обществу — Ф.С.Успенский в своем письме к студенту 2-го курса Духовной академии:

*«Дорогой Павел,
<...> был у Н.Е.Жуковского, он справлялся об Вас и просил меня передать от него Вам поклон».*

Сведений о дальнейших контактах Флоренского с его профессором нет, да и едва ли они были до весны 1921 г., когда священник отец Павел Флоренский отпевал и провожал своего Профессора в последний путь через всю Москву. Семь десятилетий спустя об этом поведал один из организаторов похорон Жуковского И.Н.Денисюк, в 20-е годы студент МВТУ, куда он поступил по окончании физико-математического факультета Московского университета.

Рассказ записал в 1991 г. и подготовил для печати А.И.Олексенко, исследователь жизни и творчества П.А.Флоренского.

Рассказ И.Н.Денисюка

«...Двадцать первый год, март месяц. Тает уже снег в Москве. Никаких не было дворников, никого... И вдруг — умер Жуковский, мой профессор, который у нас механику читал. Это был крупный, очень крупный ученый. И вот, представляете, надо его провожать в последний путь. Обычно военных провожают на лафете орудия. Жуковский считался отцом русской авиации, и провожали мы его на шасси самолета.

Дело было так. Я и еще один студент, Ковнер Семен Самсонович, ныне покойный, — он построил потом Московский планетарий — отправились на Ходынку организовывать похороны. Идти надо было пешком через весь город, потому что никаких трамваев не было. Какие трамваи в двадцать первом, когда голод страшный, когда стрельба, резня. Убивали людей за просто так. Это считалось делом чести, доблести и героизма. Как можно больше убить людей. Ужасно, но так было, так считалось. И вот пришли мы на военный аэродром, который тогда располагался на Ходынке. Там выдали нам под залог наших зачетных книжек шасси самолета: три колеса — два впереди, одно сзади, два крыла. Полный, настоящий самолет, только без мотора. Мы прикрыли его брезентом, чем могли, и за ночь с Ходынки — это

там, где теперь станция метро «Аэропорт»... — дотасили до МВТУ! А знаете, где МВТУ находился? Коровий брод...

В МВТУ тогда церковь была. Потом ее, конечно, испохабили, а тогда она во всей красе была, правда, в пристройке здания, построенного в XVII веке, где МВТУ размещался, но церковка была просто красавица, алтарь замечательный. Привязали мы наш самолет к дереву возле церкви, а сами пошли искать Жуковского. Вошли в церковь, я и еврей Ковнер. А там богослужение идет великолепнейшее. Смотрю я и вижу, как во всем великолепии служит в облачении священник. Это и был отец Павел Флоренский. Так я этого человека и увидел...

После отпевания и панихиды гроб установили на шасси и двинулись дальше. За самолетом по улице во всем облачении идет священник, отец Павел. Была распутица, грязь страшная. Он был в грубых сапогах. У меня сапоги совсем разбитые были, я их проволокой перехватил, чтоб держались. И вот мы идем, тянем шнуры шасси в сторонке, а священник-то должен за гробом идти, и вот отец Павел идет за гробом, то есть за хвостом шасси.

Дошли до технического отдела Академии наук на Мясницкой — снова панихида. Потом двинулись к университету на Моховой. Там церковь университетская была, Святой Татьяны, надпись на фронтоне «Свет Христов просвещает всех». Теперь там клуб МГУ, университетский театр. Останови-

лись, держим шасси. Во время панихиды я был на расстоянии протянутой руки от отца Павла. Воспоминания нахлынули. Ведь это моя юность, университет. Вот это Моховая, площадь, а раньше тут угол дома был. Тут тоже дома были, здесь ворота. Книжные магазины здесь были... А вот здесь, с этой стороны, была большущая аудитория, называлась «Богословская». Богословие всем студентам читали, общий курс, поэтому аудитория такая большая.

И снова процессия шла, теперь уже к Донскому кладбищу. В Донском монастыре сейчас возле самого главного собора находится большой памятник Николаю Егоровичу Жуковскому. Рядом могилы его родных. На памятнике сказано, что и Жуковский тут покоится, однако это не так. Его там нет, но это — отдельная тема*...

После погребения нам снова предстоял долгий путь. Ведь зачетные книжки наши лежат залогом за шасси, так что нужно обратно в аэропорт. Всю следующую ночь мы перли самолет на Ходынку. Там сдали его и получили назад наши зачетки. Так что находили тогда по городу километров тридцать, если не более. А от Флоренского я был в тот день на расстоянии всего двух, ну, трех метров. И видел, как он прощался с нашим Учителем». ■

* Что имел в виду рассказчик, остается неясным. Профессор А.П.Красильщиков, директор Научно-мемориального музея Н.Е.Жуковского, не располагает сведениями, подтверждающими этот факт. — *Примеч. ред.*

В подготовке публикации участвовали Л.В.Милосердова, А.И.Олексенко, А.А.Санчес, В.П.Флоренский, П.В.Флоренский, В.А.Шапошников, Т.А.Шутова.

Материалы — из архива семьи Флоренских, в том числе предоставленные игуменом Андроником (Трубачевым).

Работа осуществлена при финансовой поддержке РГНФ. Проект №04-03-00133а.

Благодарим также за помощь директора завода «Диод» В.П.Тихонова.

Лауреаты Нобелевской премии 2005 года

По физике — Р.Глаубер, Дж.Холл, Т.Хэнш

«Наука начинается там, где начинают измерять» — эти слова великого химика Д.И. Менделеева вполне уместно вспомнить на празднике высокоточных (прецизионных) измерений, который преподнес научному сообществу Нобелевский комитет, присудив премии 2005 г. по физике ученым, внесшим огромный вклад «в квантовую теорию оптической когерентности» (Р.Глауберу) и «в развитие прецизионной лазерной спектроскопии, включая технологию оптически-частотных гребенок» (Дж.Холлу и Т.Хэншу).

Рой Глаубер (Roy J. Glauber) родился в 1925 г. в Нью-Йорке (США). Диссертацию по физике защитил в 1949 г. в Гарвардском университете (Кембридж), где и работает до сих пор, оставаясь профессором.

За краткой формулировкой достижений, послуживших причиной заслуженной награды, скрывается важный результат, полученный новым нобелевским лауреатом в начале 60-х годов и проливший свет на квантовые свойства электромагнитного излучения лазеров. Сегодня лазеры используются повсюду — в исследовательских лабораториях, на производстве, в медицине, в военном деле, торговле и т.д. Но для развития лазерных технологий прежде всего необходимо было понять, что такое когерентность излучения квантового источника света — лазера.

В рамках классической теории электромагнитных волн Максвелла колебания электромагнитного поля описываются амплитудой, частотой и фазой. Наличие фазы у колебаний классического осциллятора электромагнитного поля позволяет объяснить явление когерентности излучения, демонстрируемое в многочисленных опытах по дифракции и интерференции света, в которых две волны усиливают друг друга, если они имеют одинаковые фазы, и гасят одна другую при фазах, смещенных на 180° . Но для квантовых колебаний осциллятора существует хорошо известное соотношение неопределенностей между координатой и импульсом $\Delta q \Delta p \geq \hbar/2$, которое в случае волны приводит к неопределенности между амплитудой и фазой колебаний, не позволяющей определить точно фазу. Это создает концептуальные трудности в строгом описании явления когерентности

света на языке квантовой механики, что нужно для построения теории лазерного излучения.

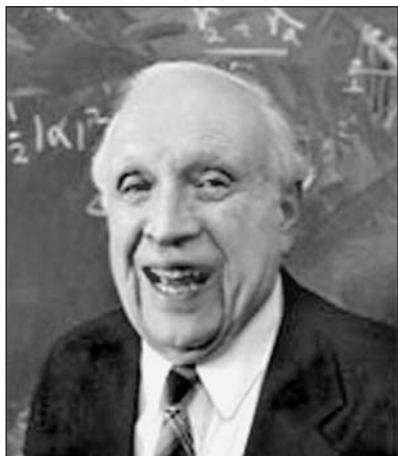
Р.Глаубер решил проблему, введя (в работах, опубликованных в 1963 г. в американских журналах «Physical Review» и «Physical Review Letters») понятие и термин «когерентное состояние осциллятора» электромагнитного поля и показав, что электромагнитное поле в этом когерентном состоянии максимально близко по свойствам к классическому, причем квантовое соотношение неопределенностей соблюдается строго.

Строгое выполнение квантового соотношения неопределенностей означает, что мы имеем дело с предельным случаем $\Delta q \Delta p = \hbar/2$. У электромагнитного поля аналогами координаты и импульса осциллятора являются напряженности электрического и магнитного полей. Из этого вытекает, что для когерентного состояния фотона квантовые флуктуации обоих полей минимальны, и фаза колебаний определена с наименьшей возможной неопределенностью.

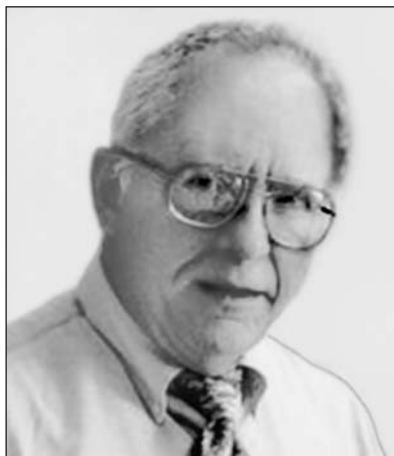
Таким образом удалось, используя схему когерентных состояний (их называют глауберовскими), построить строгую квантовую теорию когерентности электромагнитного излучения. Введенные понятия послужили теоретической базой исследования излучения лазеров и стали общепринятыми в современной квантовой оптике. Без «когерентных состояний» не обходится сегодня ни один учебник по квантовому механике и оптике.

Отметим, что, как это часто случается, имеются другие, более ранние работы, связанные в той или иной степени с данной проблемой. Математический формализм когерентных состояний в значительной мере был известен, в частности, по работам В.А.Фока. Гауссовские пакеты механического осциллятора в квантовой механике, идентичные по форме глауберовским когерентным состояниям, только в координатном представлении, рассматривались в конце 20-х годов в трудах Э.Шредингера, а также Е.Кеннарда. Позднее математический формализм теории когерентности, требующий использования теории обобщенных функций, был развит в работах Дж.Клаудера, Э.Сударшана и ряда других авторов.

Но применение данного формализма для понимания физического явления — когерентности



Р.Глаубер



Дж.Холл



Т.Хэнш

электромагнитного излучения в квантовой области — заслуга именно Глаубера. Одна из его публикаций 1963 г. по теории когерентности столь популярна, что на сегодняшний день насчитывается 2904 цитирования этой статьи (обычно работа считается важной, если число цитирований превышает 50).

У Глаубера есть и другие хорошо известные работы, в частности по теории многократного рассеяния в ядерной физике и физике элементарных частиц. В последнее десятилетие он развивает квантовую теорию движения ионов в ловушках, что может послужить моделью для реализации квантового компьютера. Как и в «нобелевских» исследованиях, при решении этой задачи Глаубер применяет теорию своих когерентных состояний осциллятора, но осциллятора с новым качеством: с частотой, зависящей от времени.

Надо отметить, что Глаубер неоднократно бывал в Москве, в частности в Физическом институте им.П.Н.Лебедева, и даже опубликовал работы (совместно с автором этих строк) в ЖЭТФ и Трудах ФИАН. Его лекции по теории квантовой когерентности, переведенные и изданные в СССР в 1968 г., до сих пор служат замечательным учебником по квантовой оптике. В заключение можно сказать, что не так часто нобелевские премии присуждаются за теоретические исследования, результатом которых стало «простое» понимание основ квантовой физики и ее связи с классической. Однако это понимание основ дало необходимую базу и для чисто экспериментальных работ Холла и Хэнша, награжденных нобелевской премией вместе с Глаубером. Научная общечеловечность, по моему убеждению, с глубоким удовлетворением встретила решение Нобелевского комитета в 2005 г. о присуждении награды Глауберу.

© Манько В.И.,

доктор физико-математических наук
Физический институт им.П.Н.Лебедева РАН

Джон Холл (John L.Hall), уроженец американского города Денвера (1934), получил ученую степень в 1961 г. в Технологическом институте им.Карнеги (Питтсбург). С 1964 г. работает в Боулдере: сначала был сотрудником Объединенного института лабораторной астрофизики (JILA) Колорадского университета, а с 1971 г. — также Национального института стандартов и технологий (NIST).

Теодор Хэнш (Theodor W.Hänsch) родился в Гейдельберге (Германия) в 1941 г.; Гейдельбергский университет присудил ему степень по физике в 1969 г. В 1975 г. Хэнш стал профессором Станфордского университета (США), а в 1986 г. вернулся в Германию, где совмещает работу в Институте квантовой оптики Общества им.Макса Планка (Гархинг) и Университете им.Людвига Максимилиана (Мюнхен).

Лазерная спектроскопия — одна из самых динамично развивающихся областей современной физики, которая стимулирует прогресс во множестве смежных дисциплин, таких как физика твердого тела, физика бозе- и ферми-газов, астрофизика, навигация и передача данных, метрометрия, метрология и т.д. И Дж.Холл, и Т.Хэнш, наряду с В.С.Летоховым, В.П.Чеботаевым, К.Коэном-Тануджи и некоторыми другими учеными были среди тех, кто стоял у истоков зародившегося в середине 60-х годов нового направления. Именно в то время в спектроскопических лабораториях мира начали использоваться лазеры и были проведены пионерские эксперименты по субдоплеровской спектроскопии атомов, когда удалось преодолеть ограничения, связанные с уширением линий за счет движения атомов, и сразу на несколько порядков повысить разрешающую способность установок. Несмотря на ограниченное количество лазерных источников и их относительно низкую стабильность, стало понятно, что научное сообщество стоит у порога новой эры спектроскопии — прецизионной лазерной.

В области стабилизации частоты лазеров f Дж.Холл смог достичь выдающихся результатов уже начиная с середины 60-х годов. В 1968 г. он впервые продемонстрировал спектральное разрешение $\Delta f/f \sim 1 \cdot 10^{-9}$ (методом однофотонной внутридоплеровской спектроскопии), зарегистрировав линию метана в среднем ИК-диапазоне с шириной, в 1000 раз меньшей ее доплеровской ширины. В 1973—1976 гг. он улучшил этот результат еще в 100 раз, демонстрируя удивленному сообществу коллег разрешенную магнитную сверхтонкую структуру линии метана и, далее, ее дублетное расщепление из-за эффекта отдачи при испускании и поглощении фотона (до него эффект отдачи в квантовых системах наблюдался лишь в эффекте Мёссбауэра при испускании γ -квантов).

Принцип построения уникального лазерного спектрометра на He—Ne-лазерах, созданного для виртуозных экспериментов по прецизионной спектроскопии метана и его галогеопроизводных, был затем перенесен Холлом на другие типы лазеров, перестраиваемых в широком спектральном диапазоне. В решении задачи создания перестраиваемых лазеров со сверхузким спектром излучения он всегда был лидером. Как известно, легкость перестройки частоты генератора противоречит его прецизионности (узкой ширине линии излучения и точности настройки на определенный диапазон). Первые эксперименты Холла по сужению спектральной ширины излучения лазера на красителе относятся к 1970 г. Разработанные им многочисленные методики стабилизации широкополосных лазеров по резонансам сверхдобротных интерферометров Фабри—Перо позволили на семь-восемь порядков сузить спектр излучения таких «шумящих» лазеров, как полупроводниковые и лазеры на красителях. Достаточно сказать, что в его работах продемонстрирована спектральная ширина излучения в доли герца (!) и такая же прецизионная перестройка частоты даже для коммерческого лазера на красителе — т.е. была обеспечена минимальная погрешность спектрометра по оси X . А придуманные им активные схемы подавления амплитудных шумов, применение сверхдобротного интерферометра для регистрации слабых линий и другие «ухищрения» снизили шумы и по оси Y (сигнал резонанса) — была достигнута чувствительность регистрации поглощения $\sim 10^{-13} \text{ см}^{-1}$. В результате открылась реальная возможность высокоточной стабилизации частоты лазеров по узким, но очень слабым спектральным линиям и создания на этой основе небольших, транспортируемых систем со стабилизированной частотой.

И вся мощь этой «лазерно-оптико-электронной» технологии была затем брошена на регистрацию сверхузких спектральных линий и сверхточные измерения. Методы были подхвачены в десятках лабораторий, независимо от способов выделения спектральных линий (однофотонные,

двухфотонные переходы и др.) и объектов исследования (атомы в газовых ячейках, охлажденные атомы и ионы в ловушках).

Подобными исследованиями, а именно двухфотонной спектроскопией атома водорода, в начале 70-х годов и занялся Т.Хэнш, чье имя уже начало приобретать известность благодаря работам в сотрудничестве с А.Л.Шавловым. Стояла задача уточнить постоянную Ридберга — фундаментальную величину, масштабирующую энергии уровней в атомных системах. Для этого было предложено измерять частоту двухфотонного перехода между уровнями $1s$ и $2s$ в атоме водорода, которая составляет около $2.5 \cdot 10^{15}$ Гц. Стеклянная кювета с водородом, находящимся в атомарном состоянии, облучалась светом лазера с частотой, вдвое меньшей указанной, и регистрировалось пропускание водородной среды. Когда переход между уровнями движущихся атомов вызван поглощением сразу двух фотонов с одинаковой частотой, но с противоположно направленными волновыми векторами, влияние линейного эффекта Доплера на ширину линии устраняется. За экспериментами с газом, содержащимся в кювете, последовали опыты на термическом, а затем и холодном пучке атомов H. Можно уверенно сказать, что именно спектроскопические исследования двухфотонного перехода $1s$ - $2s$ в атоме H стимулировали возникновение новых методов измерения частот оптического диапазона.

Дело в том, что прямое определение частоты электромагнитной волны с помощью фотодетекторов имеет ограничения, связанные с их структурой и быстродействием, и возможно лишь до значений около 50 ГГц. Измерение частоты видимого света в то время предполагало измерение длины волны излучения интерферометрическими методами (подразумевающими сравнение длины волны с эталоном длины), после чего она пересчитывалась в частоту через значение скорости света в вакууме. В результате различных усовершенствований разрешение водородного спектрометра постоянно увеличивалось, превысив разрешение интерферометрических методов. Возникла интригующая ситуация: была создана установка, способная генерировать световую волну со стабильной частотой, однако измерить эту частоту с необходимой точностью было нельзя.

И здесь вновь необходимо обратиться к результатам Холла. Его метановый стандарт сыграл важную роль в переходе на новый, единый эталон времени, частоты и длины и фиксации значения скорости света в качестве эталонного. Этот принципиальный для фундаментальной метрологии эксперимент, заключавшийся в одновременном измерении длины волны и частоты He—Ne/CH₄-стандарта, был выполнен в 1972 г. Холлу удалось сравнить частоту светового излучения He—Ne-лазера ($8.8 \cdot 10^{13}$ Гц) с частотой, синтезированной от первичного цезиевого стандарта (с 1967 г. в основу

определения секунды положена частота сверхтонкого перехода в Cs-133, составляющая 9.192631770 ГГц) — путем нелинейного преобразования частоты первичного стандарта в высшие гармоники. Это в корне изменило идеологию определения метрического эталона: если раньше им считался именно метр, а скорость света была измеряемой величиной, то с 1983 г. базовой константой стала служить скорость света, а метр, наоборот, находится как расстояние, проходимое светом в вакууме за 1/299792458 доли секунды. Кроме того, впервые открылась возможность измерения некоторых оптических частот. Слово «некоторых» здесь очень существенно, поскольку известными стали лишь гармоники частоты He—Ne-лазера, разделенные интервалами около 100 ТГц. Соответственно, доступными для измерения оказались лишь те частоты оптического диапазона, которые лежат в ближайшей окрестности этих гармоник, определяющей все тем же быстродействием фотодетекторов. Чтобы перейти к измерению других частот, надо было перекинуть мост между радио- и оптическим диапазонами.

Частота лазера, подходящего для возбуждения атома водорода, отличалась от ближайшей (седьмой) гармоники He—Ne-лазера на несколько ТГц, и для преодоления этого интервала Хэнш предложил несколько изящных решений, в частности фазово-когерентный метод деления частотного интервала пополам с использованием нелинейных преобразований в кристаллах. Эти работы относятся уже к началу 90-х годов, знаменуя собой начало эпохи универсальных методов измерения оптических частот. Тогда же появился термин «оптическая частотная цепочка»: для преобразования частоты использовались последовательность лазерных источников, фазово-когерентно связанных между собой. Такие цепочки, соз-

дававшиеся в ряде ведущих научных центров, были уникальными и деликатными устройствами, занимающими целые лаборатории. В итоге в середине 90-х годов относительная погрешность измерения частоты перехода в атоме H достигла 10^{-13} и была ограничена точностью калибровки частоты He—Ne-лазера, стабилизированного по переходу в метане.

Вдохновленная успехами, группа Хэнша продолжила поиски новых методов измерения оптических частот, обратившись к так называемым «оптическим гребенкам», возникающим при модуляции оптической несущей частоты высокочастотным радиосигналом. Идея об использовании гребенок для такой цели была высказана в 70-х годах В.П.Чеботаевым, однако в те времена технические возможности ее реализации просто отсутствовали. При строго периодической модуляции световой волны (амплитудной или фазовой) спектр сигнала есть набор эквидистантных гармоник, число которых задается глубиной модуляции и формой модуляционной функции, а разность частот — частотой модуляции. Если ширина такого спектра достаточна для перекрытия интервала, разделяющего две оптические частоты, можно измерить разность между ними, точно определив отстройки от ближайших гармоник гребенки и номера этих гармоник. К сожалению, внешние электрооптические модуляторы позволяли перекрыть лишь интервал ~ 100 ГГц, что было недостаточно для применения этой идеи к измерениям в атоме H.

Революцию совершило использование фазово-когерентных свойств излучения фемтосекундных импульсно-периодических лазеров. Такой лазер излучает последовательность одинаковых импульсов, частота повторения которых T определяется длиной лазерного резонатора (рис.1,а), со спек-

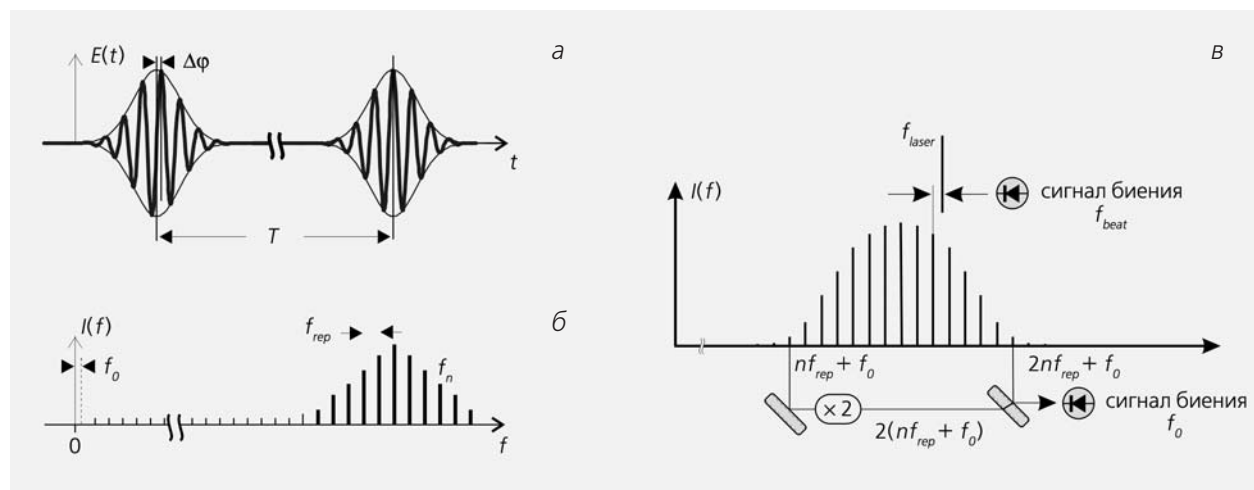


Рис. 1. Распределение поля в излучении импульсно-периодического лазера (а) и его спектр (б). Определение частоты отстройки f_0 с использованием октавной оптической гребенки (в). Сверху показана линия f_{laser} , которую требуется найти с помощью гребенки.

ром в виде оптической гребенки (рис.1,б). Ширина гребенки Δf задается длительностью импульса лазера τ как $\Delta f \approx 1/\tau$; для $\tau \sim 20$ фс $\Delta f \sim 50$ ТГц. Правда, временная зависимость электрического поля, излучаемого лазером, не является строго периодической функцией: различие групповой и фазовой скоростей в резонаторе приводит к сдвигу фаз $\Delta\phi$ между периодической огибающей импульсов и несущей. Поэтому для определения частоты n -й гармоники гребенки f_n недостаточно знать частоту повторения $f_{\text{rep}} = 1/T$, а требуется еще частота отстройки $f_0 = \Delta\phi/2\pi T$: $f_n = n f_{\text{rep}} + f_0$.

В последней записи оптическая частота f_n выражена через две частоты, лежащие в радиодиапазоне. Частота повторения легко измеряется методами гетеродинирования и управляется изменением длины резонатора. В 1999 г. группой Хэнша была впервые решена сложная экспериментальная задача: как зафиксировать труднодоступную частоту f_0 ? Одновременно была доказана эквивалентность мод оптической гребенки и эквивалентность двух гребенок, полученных на разных установках, на уровне погрешности 10^{-16} . Вскоре группа Холла реализовала другой, исключительно изящный способ детектирования f_0 . Если оптическая гребенка перекрывает оптическую октаву (т.е. содержит вдвое различающиеся частоты), гетеродинирование синей части гребенки со второй гармоникой красной части той же гребенки позволяет выделить сильный сигнал f_0 . Октавная гребенка была получена расширением спектра фемтосекундного лазера в нелинейном оптоволокне специальной дырчатой конструкции. Именно она играет роль измерительного инструмента, с помощью которого определяется неизвестная частота (например, какого-то непрерывного лазера f_{laser}). Для этого излучение лазера смешивается с излучением гребенки и с помощью фотодетектора измеряется частота биений f_{beat} между сигналом лазера и ближайшей гармоникой гребенки; искомая частота находится как $f_{\text{laser}} = f_{\text{beat}} + n f_{\text{rep}} + f_0$. На основе коммерческого лазера накачки, фемтосекундного лазера, отрезка оптоволокну и традиционных электронных управляющих схем был создан компактный (размером 1×1 м²) универсальный измеритель оптических частот, позволяющий непосредственно связать частоту оптического излучения с частотой радиочастотного стандарта.

Измерения 1999 и 2003 гг., выполненные с использованием оптической гребенки, достигли относительной погрешности 10^{-14} , которая ограничена вкладом систематических эффектов водородного спектрометра. Эксперименты с ионными ловушками, проведенные в 2005 г., вывели на значение погрешности 10^{-15} . Таким образом, точность измерений оптических частот вплотную приблизилась к точности первичных стандартов частоты, обладающих погрешностью $\sim 5 \cdot 10^{-16}$.

Эти работы имеют большое значение как для фундаментальных исследований, так и для реше-

ния прикладных задач. С рекордной точностью определено значение постоянной Ридберга, измерены многие фундаментальные характеристики атомных систем, открылась возможность новых чувствительных тестов проверки постулатов теории относительности, принципа эквивалентности Эйнштейна и принципов симметрии. В свою очередь, синтез стабильных сигналов частоты важен для решения вопросов навигации и защищенной передачи данных.

Результаты пионерских работ Холла, одного из самых блестящих экспериментаторов в области квантовой радиофизики, убедили своей перспективностью и увлекли в прецизионную лазерную спектроскопию десятки исследователей разных стран, занимающихся разнообразными проблемами. Сам ученый еще в 80-х годах выполнял с использованием высокостабильных лазеров ряд фундаментальных экспериментов по проверке постулатов теории относительности. Доведенные до высокого совершенства сверхстабильные твердотельные лазеры Холла используются в экспериментах по регистрации гравитационных волн. Причем надежность этих систем позволила Холлу с коллегами предложить проект гравитационной антенны космического базирования с длиной плеч интерферометра Майкельсона в 10^6 км.

Имя Хэнша непосредственно ассоциируется с прецизионными водородными измерениями, которые всегда оставались стержневой темой его научной карьеры. Между тем Хэнш известен как выдающийся экспериментатор, предложивший и воплотивший множество изящных решений и в других областях: им реализовано расщепление бозе-конденсата в оптической решетке, продемонстрирована и исследована многолучевая атомная интерференция, бозе-конденсация на микрокристалле, осуществлена передача данных по квантовому каналу между альпийскими вершинами Баварии. Он создал экспериментальную школу высочайшего уровня, из которой вышел не один десяток известных физиков, в том числе нобелевский лауреат В.Кеттерле. Собравшись на 60-летие Хэнша в 2001 г., его друзья, коллеги и ученики с любопытством разглядывали модели наиболее известных его экспериментов, подготовленные к празднику научным коллективом. Неудивительно, что наибольшее внимание привлекли курьезные экспонаты, относящиеся к «станфордскому» периоду — майкельсоновский измеритель длин волн, работающий на игрушечном паровозике, и «съедобный» лазер, активной средой которого являлся лазерный краситель в пищевом желе! ■

© Губин М.А.,

доктор физико-математических наук,

© Колачевский Н.Н.,

кандидат физико-математических наук

Физический институт им.П.Н.Лебедева РАН

По химии — И.Шовен, Р.Граббс и Р.Шрок

Научное сообщество уже давно смирилось с тем, что Нобелевский комитет весьма «нетороплив» и отмечает выдающиеся работы спустя 20, 30, иногда даже 40 лет после того, как исследования были выполнены. Хотя сам факт присуждения Нобелевской премии почти всегда оказывается полной неожиданностью для лауреатов, нынешнюю премию можно назвать долгожданной, но лишь с точки зрения химиков-органиков. После присуждения в 1994 г. Нобелевской премии Дж.Ола за развитие химии карбокатионов органический синтез находился в тени более ярких успехов биохимии, буквально захватившей монополию на Нобелевские премии. За этот период вклиниться в почетный список удалось лишь новому соединению фуллерену, проводящим полимерам и фемтосекундной спектроскопии, но органический синтез в течение последних 11 лет такого признания не получал.

И вот, наконец, присуждена Нобелевская премия «за открытие и разработку реакции метатезиса в органическом синтезе». Лауреатами стали француз Ив Шовен и американцы Роберт Граббс и Ричард Шрок.

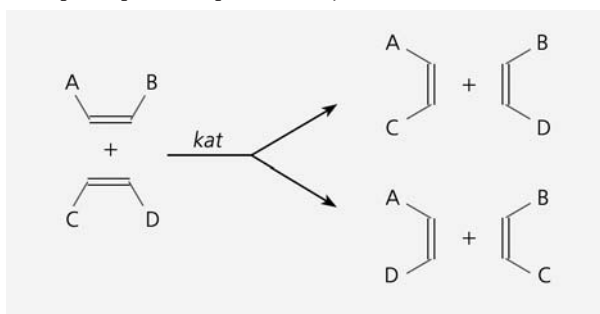
Ив Шовен (Yves Chauvin) родился 10 октября 1930 г., все его научное творчество связано с Французским институтом нефти, расположенным в г.Рей-Мальмезон. С 1960 г. Шовен работал в этом институте вначале в должности инженера, затем — заведующего сектором, позже руководил работой лаборатории молекулярного катализа, в 1991 г. стал директором по научной работе. Сейчас, будучи пенсионером, он сохранил пост почетного директора.

Роберт Граббс (Robert H. Grubbs) родился в 1942 г. в Кальверт-сити (штат Кентукки). В 1965 г. окончил Университет Флориды, в 1968 г. защитил диссертацию в Колумбийском университете, год стажировался в Станфордском университете. С 1978 г. работает в Калифорнийском технологическом институте (г.Пасадена), в настоящее время — в должности профессора. Член Национальной академии наук США с 1989 г.

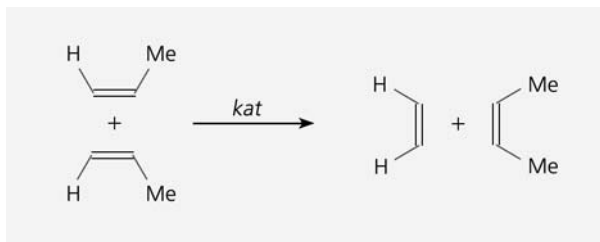
Ричард Шрок (Richard R. Schrock) родился в 1945 г. в г.Берне (штат Индиана). В 1967 г. получил степень бакалавра в Калифорнийском университете, а докторскую диссертацию защитил в 1971 г. в Гарвардском университете. С 1975 г. занимается исследованиями в Массачусеттском технологическом институте, с 1980 г. — в звании профессора. Член Национальной академии наук США.

Общая схема реакции метатезиса (по-русски — реакции обмена) проста и наглядна:

при взаимодействии двух молекул олефинов (углеводородов с двойными связями) между ними происходит обмен обрамляющими органическими группами (иногда этот процесс называют диспропорционированием):

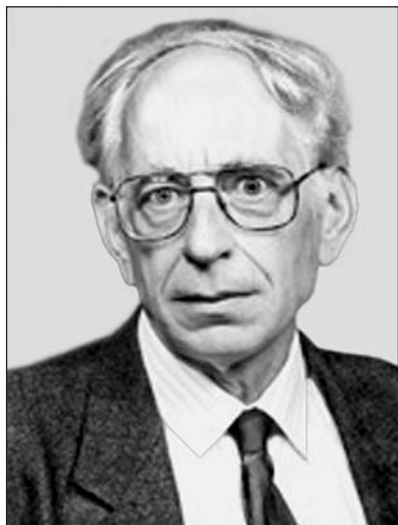


Такую реакцию наблюдали в 1950-х годах при проведении некоторых промышленных процессов. Широко известный пример — превращение пропилена в этилен и бутен в присутствии оксида либо карбонила молибдена, нанесенного на оксид алюминия:



Начиная с 1960-х годов многие химики пытались объяснить этот процесс образованием различных циклических переходных комплексов. Впервые истинный механизм метатезиса предложил Шовен (совместно с Ж.-Л.Эриссоном) в 1971 г. Ключевая роль, по мнению Шовена, принадлежит образующемуся в реакционной системе металлокарбену, в котором атом металла соединен двойной связью с углеродом. Со слов Шовена, к этой мысли его привели три независимые работы. Первой была статья Э.Фишера о новом типе связи углерод—металл, найденной в (метилметокси-карбен)пентакарбонилвольфраме $-(CO)_5W=C(CH_3)(OCH_3)$. Вторая работа — публикация Дж.Натты, описывающая размыкание циклопентена при полимеризации в присутствии триэтилалюминия и гексахлорида вольфрама. Третий факт, принятый Шовеном во внимание, — опубликованные результаты промышленного процесса, при котором пропилен диспропорционирует, образуя этилен и бутен (см. приведенную схему).

Сопоставив эти факты, Шовен пришел к выводу, что полимеризация циклопентена и диспро-



И.Шовен

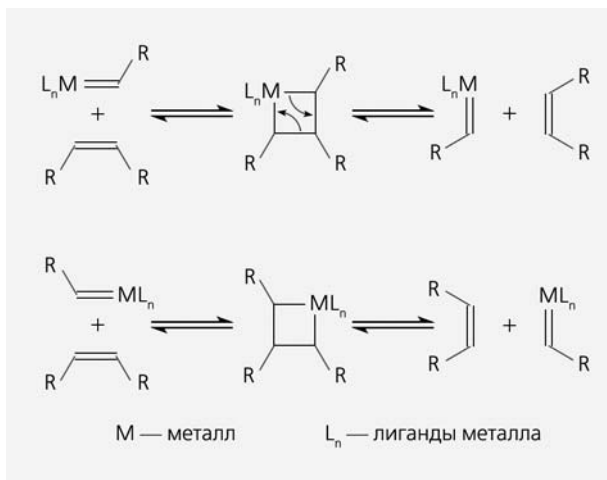


Р.Граббс



Р.Шрок

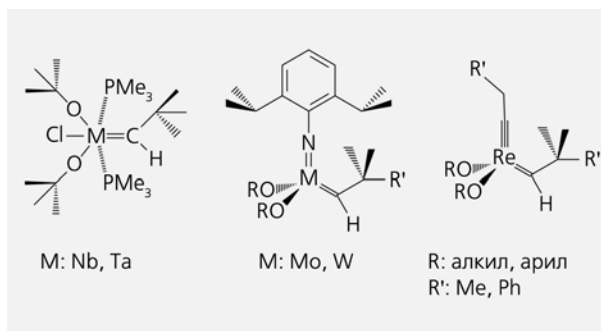
порционирование пропилена представляют собой по существу один и тот же процесс, а катализирует его карбен. Механизм, предложенный Шовеном, включает стадию образования четырехчленного переходного комплекса олефина с металлокарбеновым катализатором. При распаде комплекса катализатор приобретает иную органическую группу, которую на следующей стадии передает другой молекуле олефина:



Шовену удалось подтвердить предложенный им механизм, проведя перегруппировку бутена в присутствии каталитической системы — смеси WCl₆ и MeLi (или Me₂Sn). Она должна была в реакционной среде целенаправленно образовывать металлокарбен. Результаты опыта указывали, что предположение оказалось правильным, однако вплоть до 1975 г. схема Шовена не пользовалась успехом у химиков, за четыре года ее процитировали лишь в двух работах. Впоследствии этому механизму в научной литературе присвоили имя Шовена.

Работа Шовена указала направление дальнейших исследований: необходимо было вводить в реакцию систему заранее полученный металлокарбен, что весьма успешно проделали Шрок и Граббс.

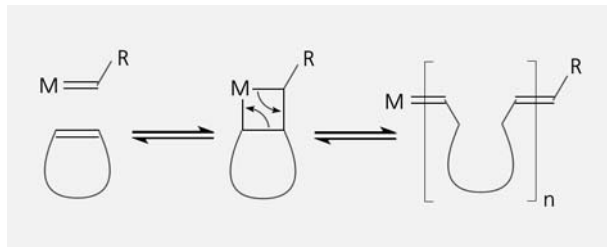
Шрок стал искать эффективные катализаторы метатезиса, начав с карбеновых комплексов тантала и ниобия. Он придавал большое значение тому, чтобы металл в комплексе находился в высшей степени окисления (в отличие от упомянутого карбена Фишера). Он даже предложил для таких соединений специальный термин — металлалкилиды. В 1980 г. он получил очень эффективные комплексы Ta и Nb, а затем перешел к алкилидам вольфрама, молибдена и рения (объемистые обрамляющие группы Шрок вводил, чтобы предупредить распад алкилиденов по бимолекулярному механизму).



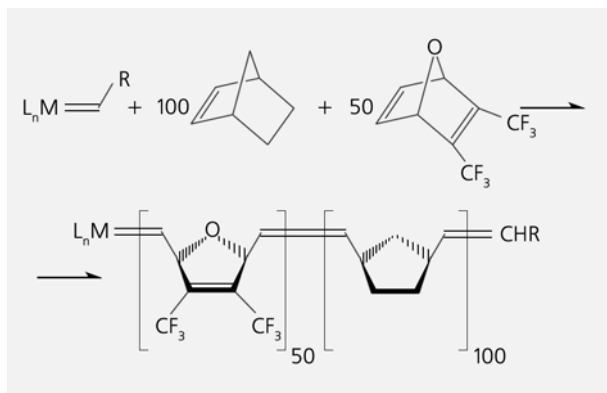
Катализаторы, полученные Шроком.

Все эти катализаторы необычайно активны: например, одна молекула Mo-содержащего соединения, в котором R = CMe(CF₃)₂, в течение одной минуты катализирует превращение более тысячи молекул олефина. У катализаторов есть и дополнительное преимущество — их реакционную спо-

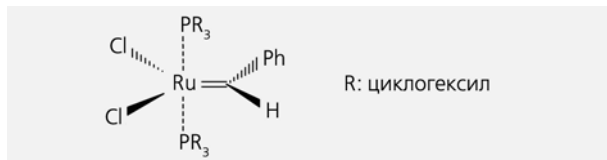
способность можно тонко регулировать, меняя природу групп R. В том случае, когда R — это трет-бутил, катализатор позволяет осуществить весьма изящный вариант метатезиса — размыкание олефинового цикла с одновременной его полимеризацией:



По существу это новый тип полимеризационного процесса, который ранее нельзя было осуществить иным способом. Для такой реакции используют обычно напряженные циклы, поэтому вторая стадия необратима. К тому же получаемые полимеры практически монодисперсны, т.е. имеют почти одинаковую длину цепи. Примечательно, что фрагменты катализатора, остающиеся на концах полимерной цепи, сохраняют «жизнеспособность». К полученному таким способом полимеру можно добавить иной мономер, затем третий и «построить» в результате ди- и триблочные полимеры с четким положением блоков:

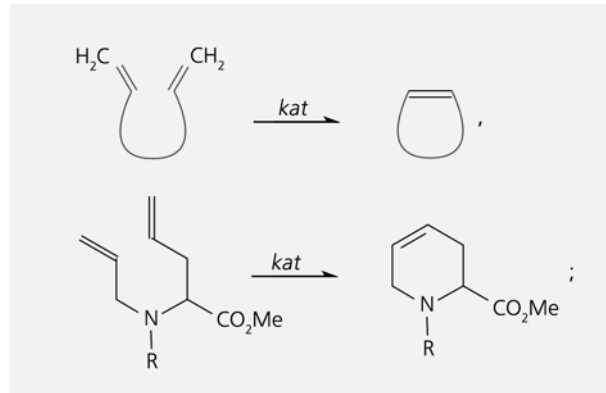


К недостаткам катализаторов Шрока можно отнести их чувствительность к окислению и влаге. Этот недочет удалось устранить Граббсу. Его рутениевые катализаторы по активности уступают катализаторам Шрока, но зато некоторые из них могут работать в водных средах, что делает их особо привлекательными для промышленной химии. Наиболее известен карбенрутениевый фосфиновый комплекс, которому компания «Fluka», производящая химические реактивы, в 1998 г. присудила почетное звание «реагент года»:

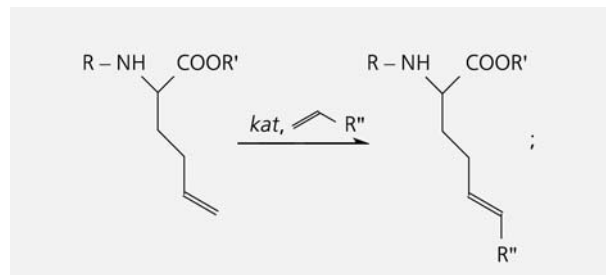


Метатезис открыл широчайшие возможности в органическом синтезе, некоторые из проведенных реакций осуществить каким-либо иным способом просто невозможно. Вот три примера таких синтезов:

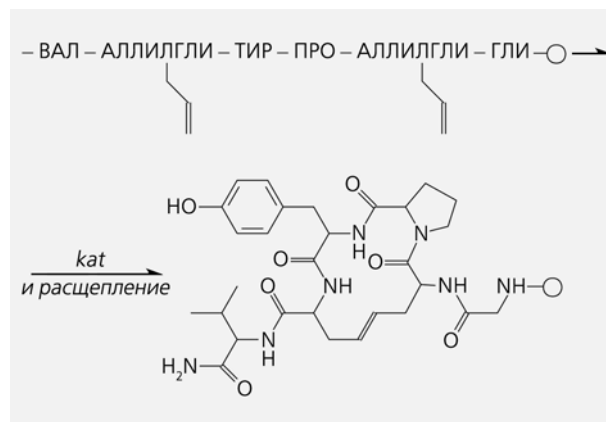
превращение диенов в циклические олефины



модификация аминокислот



введение углерод-углеродных поперечных связей в пептиды



В настоящее время метатезис представляет собой крупную главу в органической химии. Большинство таких реакций проходит в одну стадию и без образования побочных продуктов, что позволяет создавать на их основе экологически безопасные производства. Метатезис открыл возможность синтеза новых лекарственных препаратов, пестицидов, органических реактивов и полимеров со специфическими свойствами.

Нобелевская премия за открытие одной реакции — случай редкий. Наиболее близкая анало-

гия — премия, полученная в 1950 г. О.Дильсом и К.Альдером за диеновый синтез. Обе эти реакции вполне достойны высокой награды, поскольку каждая из них раскрыла новые широкие возможности органического синтеза. В центре интересов Шовена постоянно находились процессы нефтехимического синтеза, а его работы всегда были ориентированы на решение прикладных задач. Граббс продолжает исследовать возможности стереосе-

лективного синтеза на основе разработанных катализаторов. Шрок считает, что, хотя в наши дни фундаментальные исследования не приветствуются, именно они приводят в конечном итоге к важным промышленным разработкам. ■

© Левицкий М.М.,

кандидат химических наук

Институт элементоорганической химии
им.А.Н.Несмеянова РАН

По физиологии или медицине — Б.Маршалл и Р.Уоррен

Нобелевская премия по физиологии или медицине за 2005 г. присуждена двум австралийским врачам — гастроэнтерологу Бэрри Маршаллу и патоморфологу Робину Уоррену — «за открытие бактерии *Helicobacter pylori* и ее роли при гастрите и язвенной болезни»*.

Бэрри Маршалл (Barry J.Marshall) родился в 1951 г. в Калгурли (Западная Австралия). После окончания Университета Западной Австралии поступил в Королевский госпиталь г.Перта (расположенного недалеко от университета) в качестве стажера-исследователя, намереваясь заняться кардиологией. Но, узнав о работе Робина Уоррена, увлекся проблемами гастроэнтерологии. В 1986 г., получив место в департаменте гастроэнтерологии Медицинского центра Университета Виргинии, переехал в г.Шарлоттсвилл (штат Виргиния, США). В 1996 г. вернулся в Перт на должность профессора клинической микробиологии Университета Западной Австралии. В настоящее время — научный руководитель основанной им инновационной компании «Ondek Pty. Ltd».

Робин Уоррен (J.Robin Warren) родился в 1937 г. в Аделаиде (Южная Австралия). В 1961 г. окончил Университет Аделаиды (старейший университет страны и один из наиболее развитых научных центров, из стен которого вышли три австралийских нобелевских лауреата). После стажировки в качестве патоморфолога в Королевском госпитале Мельбурна избран членом Королевского общества патологов Австралии и Океании (Royal College of Pathologists of Australasia, 1967). С 1968 г. по 1999 г. работал консультантом-патологом Королевского госпиталя Перта. В настоящее время — пенсионер.

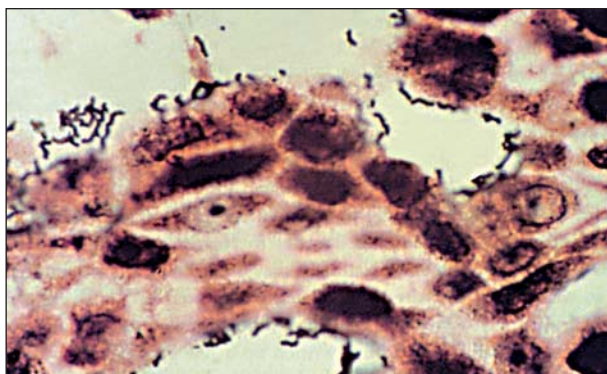
* Примеч. ред.: об этом открытии см: Аруин Л.И., Жуховицкий В.Г., Григорьев П.Я. Хронический гастрит и язвенная болезнь — инфекционные заболевания? // Природа. 1995. № 3. С.22—45.

Присуждение Нобелевской премии практикующим врачам, не отягощенным титулами и учеными званиями, не располагающим новейшей исследовательской аппаратурой, — случай крайне редкий. Австралийские врачи — неутомимый энтузиаст Бэрри Маршалл и неспешно поспевающий Робин Уоррен — стали нобелевскими номинантами в 1992 г., а лауреатами в 2005 г. Это событие — пример по достоинству вознагражденного исследовательского усилия, подтверждающего хрестоматийный тезис о простоте гениального.

«Изогнутые палочки», ныне именуемые пилорическим хеликобактером (*Helicobacter pylori*), Уоррен, по его свидетельству, обнаружил в свой день рождения (11 июня 1979 г.), и произошло это, судя по всему, случайно: во время рутинного диагностического гистологического исследования он обратил внимание на необычную голубую линию на поверхности слизистой оболочки желудка больного активным хроническим гастритом. Изучив изрядное число биопсийных образцов с применением разнообразных способов окраски, Уоррен предположил, что развитие гастрита связано с некой бактерией, тесно контактирующей с поверхностью эпителия желудка. Двухлетнее терпение, с каким Уоррен преодолевал скепсис, недоверие и прямые отказы от сотрудничества коллег, было вознаграждено встречей с Бэрри Маршаллом — врачом-стажером, заинтересовавшимся стремлением патолога перевести гастрит в разряд бактериальных инфекций. В 1981 г. началась клинико-экспериментальная проверка гипотезы Уоррена. Спустя всего год исследователям удалось не только достоверно (на основе параллельного гистологического и бактериологического исследования ста биоптатов слизистой оболочки желудка) подтвердить связь обнаруженного микроорганизма с развитием хронического гастрита, но и выделить первую чистую культуру, сос-

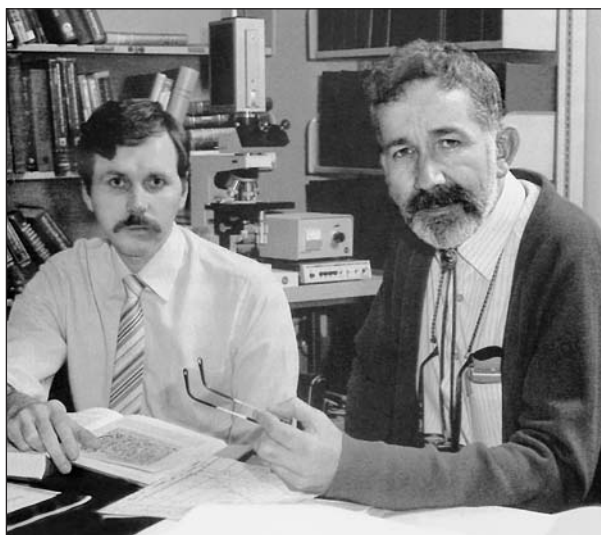
тоящую из активно подвижных, изогнутых палочковидных грамотрицательных бактериальных клеток. Бактерии были отнесены к роду *Campylobacter* и названы *C.pyloridis* (позднее грамматически некорректное первоначальное видовое название было изменено на *C.pylori*), однако в двух первых кратких сообщениях, опубликованных в 1983 г. в старейшем медицинском журнале «The Lancet», Уоррен и Маршалл ограничились термином «неидентифицированные изогнутые палочки» [1, 2]. В том же году на Европейском симпозиуме, посвященном кампилобактериям (*Campylobacter*), Маршалл выступил с сообщением об открытии новой бактерии. Его поддержал М.Б.Скирроу, предложивший еще в 1977 г. для выделения кампилобактерий искусственную питательную среду, которой с успехом и воспользовались позднее Маршалл и Уоррен. (Любопытно, что тезисы доклада, поданные Маршаллом и Уорреном в феврале того же 1983 г. на ежегодный съезд гастроэнтерологического общества Австралии, были отклонены оргкомитетом.)

Убедившись в существовании неизвестной ранее бактерии, Уоррен и Маршалл приступили к доказательству ее патогенности — задаче, требующей в отсутствие экспериментальной модели инфекционного процесса нетривиального решения. Такое решение было найдено. Маршалл выполнил эксперимент по самозаражению в классической аранжировке: после медикаментозного подавления секреции соляной кислоты желудка он проглотил взвесь бактериальных клеток высокой множественности, выделенных от больного активным хроническим гастритом. Вскоре экспериментатор заболел гистологически подтвержденным острым гастритом, и из биоптата слизистой оболочки его желудка была выделена все та же изогнутая палочка. После курса терапии, спланированного с уче-



Биоптат слизистой оболочки антрального отдела желудка 43-летнего Б.Маршалла. 10-й день эксперимента по самозаражению. Серебрение по Вартину-Стэрри. Увел. 640. Отчетливо видны изогнутые бактериальные клетки на поверхности клеток эпителия желудка.

© 2002 Blackwell Science Asia Pty Ltd



Б.Маршалл (слева) и Р.Уоррен (1984).

© 2002 Blackwell Science Asia Pty Ltd

том сведений о чувствительности к антибиотикам экспериментальной культуры, пациент-экспериментатор выздоровел, что было подтверждено эндоскопическим, гистологическим и бактериологическим методами. (Интересно, что второй эксперимент по самозаражению, проведенный независимо от Маршалла, протекал более драматично: новозеландский гастроэнтеролог А.Моррис, заразивший себя культурой, выделенной от больного язвенной болезнью, лечился от возникшего у него хронического гастрита несколько лет.)

Итак, участие *C.pylori* в развитии гастрита было доказано, причем с выполнением всех постулатов Коха — триады требований, установленных для подтверждения роли микроорганизма в этиологии заболевания. Уоррен и Маршалл сосредоточились на разработке методик выявления *C.pylori* и схем терапии, направленной на эрадикацию бактерии — полное освобождение желудка от ее присутствия. Маршалл предложил быстрый уреазный и дыхательный тесты, основанные на способности *C.pylori* к интенсивному гидролизу мочевины, катализируемому уреазой — ферментом, в избытке присутствующим в клетках этой бактерии. Терапевтические схемы, разработанные Маршаллом, основаны на первой удачной эмпирической попытке, предпринятой в 1981 г., когда до выделения первой культуры *C.pylori* оставалось не менее полугода: пациент, страдающий хроническим гастритом, был излечен тетрациклином — антибиотиком, активным против *Campylobacter*. В дальнейшем эрадикационная терапия стала существенно сложнее: антибактериальные препараты (антибиотик метронидазол и коллоидный субцитрат висмута) использовались в комбинации с антисекреторными сред-

ствами — ингибиторами секреции соляной кислоты клетками эпителия желудка.

Задача, поставленная Уорреном и Маршаллом, была успешно решена. Их совместная работа завершилась. В 1986 г. Маршалл уехал в США, и дальнейшее изучение бактерии, открытой врачами из Королевского госпиталя Перт, фактически не связано с их именами. Этой проблемой занялись несколько исследовательских групп: А.Ли в Сиднее и К.Макнэлти в Вустере (Великобритания) впервые после первооткрывателей получили чистую культуру «бактерии Уоррена—Маршалла», а С.Гудвин с сотрудниками из того же Королевского госпиталя Перта подробно описали ее и, выделив в самостоятельный род, назвали *Helicobacter pylori*. С тех пор пилорический хеликобактер, инфицирующий, по данным эпидемиологов, не менее половины населения планеты, привлекает внимание специалистов различного профиля — от микробиологов и молекулярных биологов до санитарных врачей и организаторов здравоохранения.

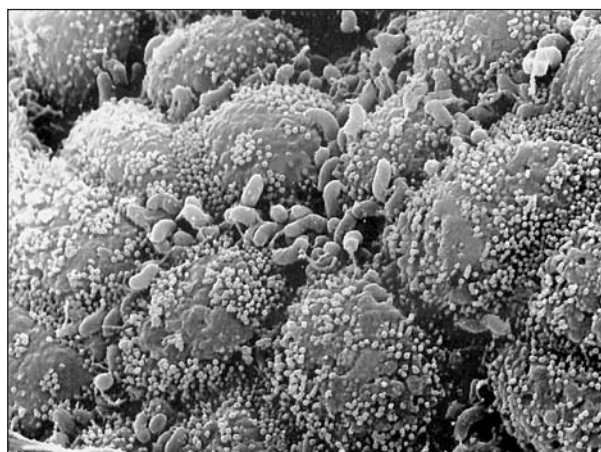
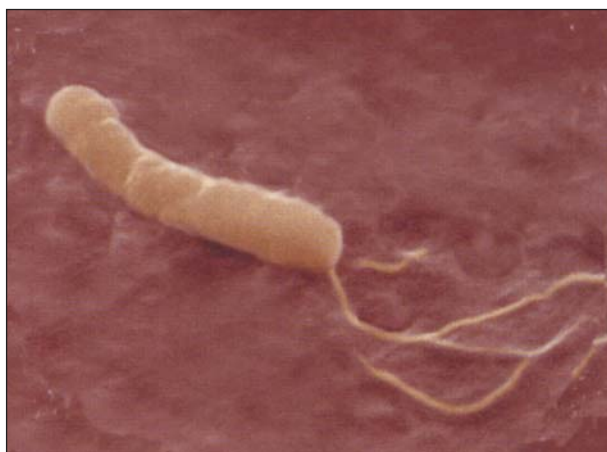
В 1987 г. была создана Европейская группа по изучению пилорического хеликобактера (The European *Helicobacter pylori* Study Group) — неправительственная структура, призванная координировать усилия различных групп исследователей. (Впоследствии подобные группы возникли в различных странах; восемь лет спустя такая группа создана и в России по инициативе профессора Л.И.Аруина — одного из пионеров изучения *H.pylori* в нашей стране.)

В 1990 г. на IX международном конгрессе гастроэнтерологов принята Сиднейская классификация гастритов, отводящая *H.pylori* роль одного из пяти диагностических критериев. В 1994 г. согласительная комиссия Американского национального института здоровья (U.S. National Institute of Health) признала ведущую роль пилорического

хеликобактера в возникновении и развитии язвенной болезни, а Международное агентство по изучению рака (International Agency for Research on Cancer, Франция) причислила *H.pylori* к канцерогенам I типа. В 1996 г. предложена новая классификация лимфопролиферативных заболеваний, где пилорический хеликобактер назван доминирующим фактором возникновения и развития В-клеточной лимфомы низкой степени злокачественности.

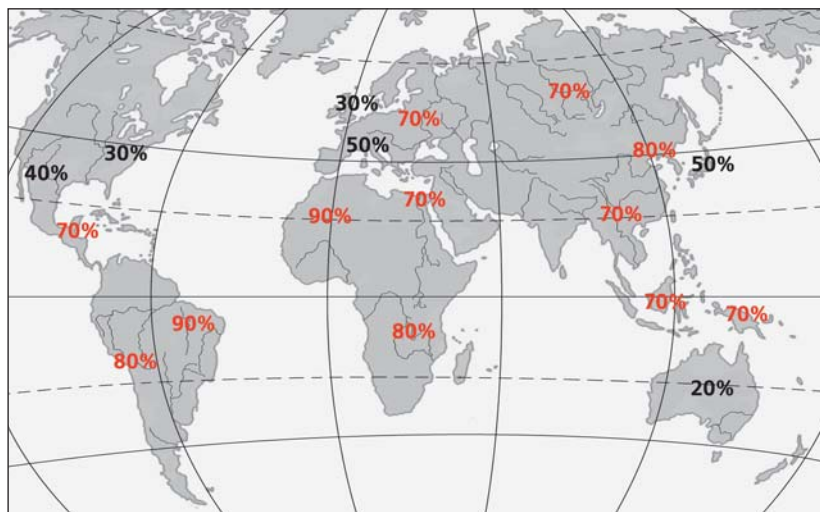
В 1997 г. страны Европейского Союза приняли «Маастрихтский консенсус» — согласованные рекомендации по диагностике и лечению заболеваний и состояний, ассоциированных с *H.pylori*. (В 2001 и 2005 гг. эти рекомендации были дополнены курсами лечения, основанными на применении антихеликобактерных и антисекреторных лекарственных средств.) В 1998 г. Минздрав России выпустил обширные «Стандарты по диагностике и лечению заболеваний», где в разделе, посвященном хроническому гастриту и язвенной болезни, нормируется назначение противохеликобактерной эрадикационной терапии.

Пилорический хеликобактер и по сей день изучается необычайно интенсивно: компьютерная сеть PubMed (<http://ncbi.nlm.nih.gov/PubMed>) содержит более 21 тыс. упоминаний о нем — лишь кишечной палочке посвящено большее число публикаций по бактериологии. Установлено, что род *Helicobacter* состоит по крайней мере из 29 видов, из них 13 встречаются в желудке человека и животных (кошки, собаки, свиньи, обезьяны, гепарда), 16 — в печени животных и изредка человека. Кроме того, оказалось, что *H.pylori* свойствен выразенный полиморфизм: форма его клеток в значительной степени зависит от условий существования. Подробно изучены ультраструктура и морфология *H.pylori*, его физиологические, биохимические и метаболические осо-



Микрофотографии *H.pylori*: изолированный (чистая культура; увел. 9500; электронограмма М.Блока; © 1997 Spargge Medical AB) и популяция (биоптат из антрального отдела желудка; увел. 3900; электронограмма Г.Стира; © 2002 Blackwell Scientific Publications).

Распространенность
пилорического хеликобактера
в мире (www.helico.com).



бенности, полностью расшифрован его геном, описаны факторы патогенности и патогенез хеликобактериоза, а также его эпидемиологические особенности. Установлено, что распространенность пилорического хеликобактера в различных регионах мира определяется как уровнем экономического развития страны, так и социальным уровнем отдельных групп населения внутри страны. К примеру, в Китае инфицировано 55–85% населения, в Колумбии — 93%, в Великобритании — 15%, в Дании — 25%, в Италии 10–63%, в США — 15–80%. Несомненной группой риска во всех без исключения регионах мира считаются дети до 5 лет, причем для них степень риска возрастает пропорционально степени скученности проживания. Кроме того, выделяются группы профессионального риска, в первую очередь медицинский персонал эндоскопических отделений и кабинетов.

Значение открытия Уоррена и Маршалла трудно переоценить: оно потребовало пересмотра традиционных взглядов на возникновение, развитие и терапию весьма широкого круга заболеваний, а также существенно обогатило собственно бактериологическую методологию. В какой мере закономерно получение ими Нобелевской премии? На этот вопрос ответил сам Робин Уоррен: «Я оказался в нужное время в нужном месте, кроме того, мне немного сопутствовала удача, и хотя я ничего не знал о результатах

¹ «Нет человека, который был бы как остров, [сам по себе]...» — слова из проповеди британского поэта и священнослужителя Джона Донна (1572–1631).

своих предшественников, “No man is an island, [entire of itself]...”¹

Что до предшественников, поспешивших объявить о своих приоритетах после опубликования результатов Уоррена и Маршалла, то их исследовательская судьба на хеликобактериологическом поприще различна. Среди них и Дж.М.Пападимитриу, не нашедший в свое время возможным объединиться с доктором Уорреном в поиске истины, и наш соотечественник И.А.Морозов, беспечно прошедший мимо полученного им блестящего электронно-микроскопического изображения пилорического хеликобактера, во сто крат более информативного, нежели «необычная голубая линия» доктора Уоррена, и познавший жестокое невезение Г.У.Стир, целенаправленно продвигавшийся к намеченной цели, но не обнаруживший ничего значительнее псевдомонады. Все они, как и многие другие, были утешены Бэрри Маршаллом, великодушно выпустившим в свет под своей редакцией сборник «*Helicobacter pioneers*» [3].

Удача, по словам Пастера, одаривает лишь подготовленные умы. Робин Уоррен и Бэрри Маршалл оказались в наилучшей степени подготовлены к встрече с удачей. Кроме того, они блестяще справились с ролью первооткрывателей — можно ли ожидать иного от исследователей, по крайней мере один из которых свободно цитирует Джона Донна? ■

© Жуховицкий В.Г.,

кандидат медицинских наук

Городская клиническая больница им.С.П.Боткина

Департамента здравоохранения Москвы

Литература

1. Warren J.R. // Lancet. 1983. P.1273.
2. Marshall B.J. // Lancet. 1983. P.1273–1275.
3. Marshall B.J. *Helicobacter pioneers: Firsthand Accounts from the Scientists who Discovered Helicobacters* 1892–1982. Blackwell Publishing, 2002.

Новости науки

Геофизика

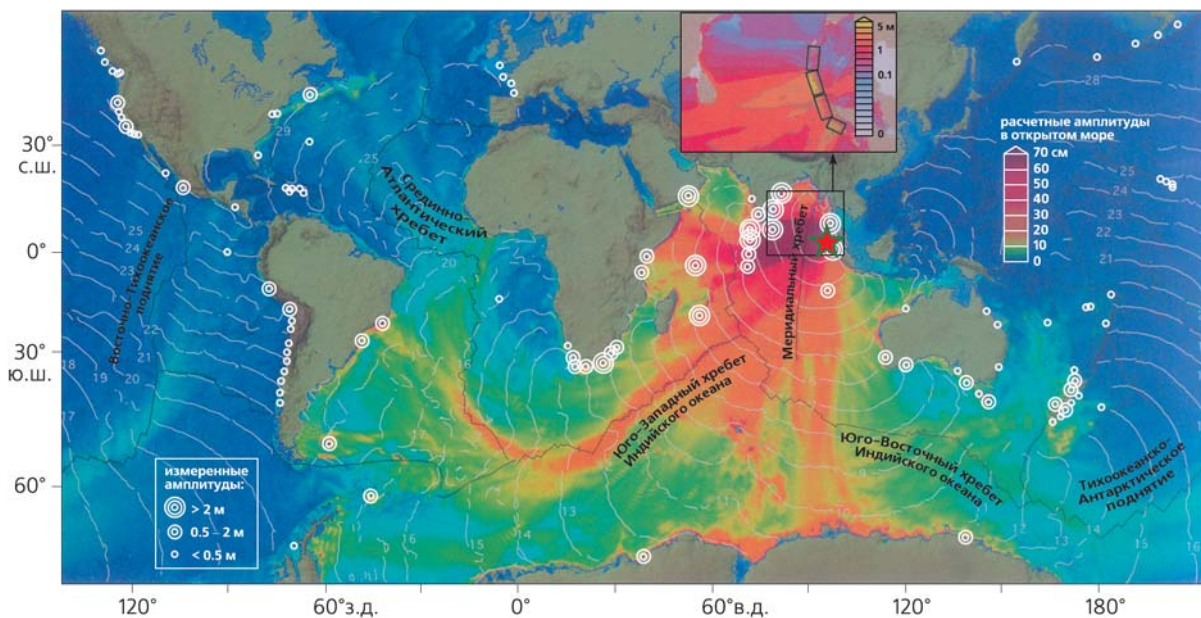
Глобальное распространение южноазиатского цунами

Катастрофическое цунами, опустошившее прибрежные районы Южной Азии 26 декабря 2004 г., — наиболее документированное приборными измерениями событие такого масштаба в истории сейсмических наблюдений. Это позволило группе исследователей из США, Канады и России построить математическую модель распространения длинных волн в Мировом океане из их первичного источника и понять, какие фак-

торы определяют энергию, перенесенную этими волнами в разные точки океанского побережья. Оказалось, что протяженные участки морского дна, длина которых многократно превосходит их ширину и к тому же имеющие относительно малые и примерно постоянные глубины (например, срединно-океанические хребты и шельфовые зоны, окаймляющие материки), служат естественными волноводами и концентраторами энергии морских сейсмических волн. Кроме того, потоки энергии, излучаемые в разных направлениях из первичного линейного источника, оказались в ближней от него зоне весьма различными: они макси-

мальны в направлениях, перпендикулярных этому источнику (субмеридиональному разлому длиной около 1000 км), и примерно на порядок меньше в направлении вдоль источника.

Вдали от источника практически единственным фактором, определяющим направление потоков энергии, служит топография морского дна. На карте, построенной по результатам моделирования, видно, что Юго-Западный хребет Индийского океана и Срединно-Атлантический хребет служили волноводами, по которым энергия цунами проникла в Атлантический океан, тогда как по Юго-Восточному хребту Индийского



Карта мира, на которой отображено распространение энергии сейсмических морских волн (цунами) из очага землетрясения близ о. Суматра в декабре 2004 г., рассчитанное по модели MOST. Цветом показаны наибольшие амплитуды волн в открытом море в течение 44 ч. Белые линии — времена прихода волн цунами в часах после первого толчка. Кружками разной величины показаны амплитуды волн, измеренные мареографами вблизи побережий в некоторых избранных точках (обозначения см. на врезке в левом нижнем углу карты). На врезке сверху — модель геометрии очага и расчетные высоты волн в Бенгальском заливе. Распределение подвижек по четырем участкам разлома (с севера на юг: 21, 13, 17 и 2 м) дает наилучшую аппроксимацию данных спутниковой альтиметрии и хорошо соответствует расчетам параметров очага по результатам сейсмических и геодезических наблюдений.

океана, Тихоокеанско-Антарктическому хребту и Восточно-Тихоокеанскому поднятию она распространилась в Тихий океан. Кроме того, моделирование показывает, что срединно-океанические хребты могут служить волноводами лишь до тех пор, пока их кривизна не превосходит критической и направление хребта не отклоняется от локального направления распространения цунами более чем на определенный угол. Так, резкий изгиб Срединно-Атлантического хребта в Южной Атлантике привел к тому, что поток энергии покинул этот волновод вблизи 40° ю.ш. и обрушился на Атлантическое побережье Южной Америки со сравнительно высокими амплитудами волн. Модель предсказала высокие (более 1 м) пиковые амплитуды цунами, зарегистрированные в Рио-де-Жанейро (Бразилия), но проверка модели в других точках восточного побережья Южной Америки затруднена из-за недостатка инструментальных измерений в этом районе.

Science. 2005. V.309. №5743. P.2045–2048 (США).

Биохимия. Этология

Хемокоммуникация у насекомых

Крошечный (около 0.5 мм в длину) наездник капустная трихограмма (*Trichogramma brassicae*) паразитирует на яйцах капустной белянки, или капустницы (*Pieris brassicae*). Личинки наездника, развиваясь из яиц, отложенных в яйца бабочки, выедают их изнутри. Как маленькая и плохо летающая самка трихограммы находит яйца капустницы?

Опыты, проведенные группой исследователей из Германии и Нидерландов¹, показали, что наездники используют для поиска яиц своих хозяев бензилцианид, который выполняет у капустных белянок роль антиафродизиака: это сигнальное вещество делает оплодотворенную самку менее привле-



Самка наездника (показана стрелкой), сидящая на ноге оплодотворенной самки капустной белянки. Делетев верхом на ней к месту, где бабочка отложит свои яйца, наездник отложит внутрь этих яиц свои.

кательной для самца, чем неоплодотворенная. Пометив во время спаривания самку бензилцианидом, самец тем самым увеличивает шансы своего потомства на выживание — ведь она с меньшей вероятностью будет оплодотворена другим самцом.

Самка наездника, узнав оплодотворенную капустницу по запаху бензилцианида, садится на нее и летит верхом на ней к месту, где та откладывает яйца, и в свою очередь откладывает яйца в свежотложенные яйца бабочки. Неоплодотворенные самки капустницы, искусственно помеченные бензилцианидом, оказались не менее привлекательны для наездника, чем оплодотворенные. Следовательно, для узнавания оплодотворенной бабочки наездник использует именно бензилцианид. Самцы капустницы тоже испускают запах бензилцианида, но они не так привлекательны для наездников, как оплодотворенные самки. По-видимому, трихограммы отличаются самцов от самок капустницы по каким-то другим признакам, а не по запаху данного вещества.

Паразитируя на яйцах, капустная трихограмма убивает значительную часть потомства в популяциях бабочек. Используя для поиска хозяина его собственные средства хемокоммуникации, паразит может накладывать существенные ограничения на эволюцию подобных средств у вида-хозяина: антиафродизиаки, с одной стороны, повышает шансы выделяющего его самца оставить потомство, но, с другой — привлекая паразитов, снижает шансы этого потомства выжить.

Если стратегии, подобные вышеописанной, широко распространены среди видов-паразитов, они должны действовать как важный сдерживающий фактор на пути развития внутривидовой хемокоммуникации хозяев.

© Петров П.Н.,

кандидат биологических наук
Москва

Астрономия

Сверхскопление молодых звезд в Млечном Пути

Группы из сотен тысяч очень молодых звезд, плотно заполняющих небольшие области пространства, астрономы называют звездными сверхскоплениями. Ученых очень интересуют эти агрегаты, поскольку звезды и, вероятно, планеты формируются там в экстремальных условиях. До недавних пор сверхскопления звезд обнаруживались лишь на большом расстоянии от нас, как правило, — в парах и группах взаимодействующих галактик, — что затрудняло их изучение. Однако недавно с помощью телескопов Европейской южной обсерватории (ESO) в Ласилья (Чили) группа астрономов открыла скопление-монстр прямо в нашей Галактике², можно сказать — у нас под носом!

Сверхскопление «Вестерлунд 1» (Wd 1) скрывалось за пылевыми облаками Млечного Пути в направлении южного созвездия Жертвенник и впервые было обнаружено еще в 1961 г. шведским астроно-

¹ Fatouros N.E. et al. // Nature. 2005. V.433. P.704.

² ESO Press Release 08/05, 22 March 2005.



Гигантское звездное скопление Вестерлунд 1. Передний фон на снимке образуют звезды Млечного Пути; они выглядят голубыми, поскольку находятся между Солнцем и основной массой пылевых облаков. Звезды самого скопления, расположенного за плотными облаками пыли, оранжево-красные: их свет испытал сильное поглощение в межзвездной пыли и полностью лишился голубой составляющей. Размер снимка 5×5 угловых минут.

Фото Европейской южной обсерватории (Чили)

мом Бенгтом Вестерлундом (Bengt Westerlund), работавшим тогда в Австралии, а позже ставшим директором ESO в Чили. Но газово-пылевые облака так плотно закрывают от нас это скопление, ослабляя свет его звезд более чем в 100 тыс. раз, что для сколько-нибудь детального изучения до недавних пор оно оставалось совершенно недоступным. Возможным это стало лишь с появлением новых оптических приемников, позволяющих вести наблюдения в инфракрасных лучах, не столь чувствительных к поглощению межзвездной пылью, как видимый свет. Расстояние до скопления Wd 1 всего около 10 тыс. св. лет, что в тысячи раз меньше, чем до любого другого подобного объекта. Благодаря этому в скоплении

Wd 1 астрономы смогли отдельно сфотографировать и изучить наиболее яркие звезды.

В 2001 г. астрономы обнаружили в этом скоплении более дюжины предельно горячих массивных светил с мощным звездным ветром — так называемых звезд типа Вольфа—Райе. Такая высокая концентрация в одном месте столь редких звезд вызвала большое удивление и стимулировала дальнейшие исследования. Используя 1.52-, 2.2- и 3.5-метровые телескопы ESO, астрономы нашли в скоплении еще около 200 подобных светил и детально изучили многие из этих звезд и скопление в целом.

Выяснилось, что полная масса гигантского скопления Вестерлунд 1 превышает массу Солнца более чем в 100 тыс. раз, и все эти

звезды заключены в области, поперечник которой менее 6 св. лет. При этом сотни звезд имеют экстремально высокую индивидуальную массу (в десятки раз большую, чем у Солнца) и гигантскую светимость — до миллиона солнечных! Размер некоторых звезд в 2000 раз больше, чем у Солнца: каждая из них могла бы заполнить собой орбиту Сатурна!

Если бы Солнечная система оказалась в центре этого удивительного звездного скопления, на Земле не наступало бы привычной для нас ночи: после захода Солнца небосвод был бы усеян сотнями светил, столь же ярких, как полная Луна. Даже днем, после восхода Солнца, эти звезды оставались бы видны на фоне голубого неба. К счастью, мы лишены этого замечательного зрелища — столь близкое соседство с молодыми активными звездами сулило бы земной биосфере немало проблем. Но астрономы рады и тому, что могут с помощью современных телескопов детально изучать с достаточно близкого расстояния крупнейшее звездное скопление нашей Галактики.

Для исследователей звездной эволюции это настоящий астрономический Клондайк. Все до сих пор изученные в нем звезды имеют массы в 30—40 раз больше, чем у Солнца. Это звезды типа Вольфа—Райе, сверхгиганты спектральных классов O и B, голубые переменные высокой светимости (типа уникального объекта Эта Киля), а также желтые гипергиганты со светимостью в миллион раз выше солнечной. Любопытно, что до сих пор во всей остальной Галактике обнаружено столько же желтых гипергигантов, сколько их открыто в одном только скоплении Вестерлунд 1. Поскольку продолжительность жизни таких массивных звезд очень мала, скопление Wd 1 должно быть чрезвычайно молодым — от 3.5 до 5 млн лет. По астрономическим меркам это просто новорожденное скопление.

Возможно, исследование Wd 1 поможет приоткрыть тайну рождения гигантских шаровых звездных скоплений, которыми населе-

но гало нашей Галактики. Каждое из них содержит от сотен тысяч до нескольких миллионов очень древних звезд. Все они родились в эпоху формирования Галактики — более 12 млрд лет назад, и никто пока не знает, как это происходило. В нынешнюю эпоху в диске Галактики тоже формируются звездные скопления, но очень маленькие: обычно они содержат всего несколько сотен звезд; к тому же они довольно «рыхлые», отчего их и называют рассеянными скоплениями. В отличие от них, скопление Wd 1 не только очень массивное, но и чрезвычайно плотное. Можно напомнить, что в окрестности Солнца ближайшая звезда (Проксима Кентавра) находится на расстоянии 4 св. года, тогда как в скоплении Wd 1 в области размером около 6 св. лет заключено не менее сотни тысяч звезд! В такой тесноте звезды должны время от времени сталкиваться, что, по мнению некоторых астрономов, может приводить к формированию черных дыр промежуточной массы (в сотни масс Солнца).

Увидеть воочию рождение гигантского скопления — давняя мечта астрономов. Теперь она частично осуществилась: скопление Wd 1 мы застали если не в момент рождения, то уж во всяком случае — в младенческом состоянии. Изучив пространственное распределение и движение звезд и газа в этой области Галактики, астрономы смогут существенно продвинуться в понимании механизмов рождения звезд и звездных систем. А возможность наблюдать столкновения звезд поможет понять поздние этапы их эволюции.

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

Астрономия

Размер Туманности Андромеды недооценен в три раза

Галактика M31, известная также как Туманность Андромеды, с одной стороны — самый далекий

астрономический объект, видимый невооруженным глазом (расстояние до нее равно 2 млн св. лет), а с другой — ближайшая к нам большая галактика, которая к тому же считается примерным двойником Млечного Пути. По этой причине Туманность Андромеды издавна относится к излюбленным объектам астрономических наблюдений. Тем не менее знаем мы о нашем близком галактическом соседе меньше, чем хотелось бы.

Большая часть звезд галактики M31 образует правильный диск, но, кроме диска, у нее есть и протяженное клочковатое гало. Оно состоит из звезд, которые, как полагают, попали в окрестности M31 при ее столкновениях с другими галактиками и потому не учитываются при определении диаметра галактики. Поскольку звезды-пришельцы присоединились к M31 в результате случайных слияний, логично предположить, что их траектории в гало будут совершенно беспорядочными. Каково же было удивление С.Чэпмена (S.Chapman; Калифорнийский технологический институт, США) и его коллег, когда они обнаружили, что эти периферийные звезды в действительности вращаются так, словно являются частью галактического диска.

Этот результат был получен в ходе выполнения проекта по измерению лучевых скоростей 5000 звезд из внешних областей Туманности Андромеды на телескопе «Кек» (Гавайские о-ва, США). Как известно, из-за эффекта Доплера излучение приближающихся к нам звезд испытывает смещение в синюю часть спектра (область более коротких длин волн), а излучение удаляющихся звезд — в красную часть спектра (область более длинных волн). Если бы движения звезд были беспорядочными, то по обе стороны от центра M31 оказалось бы примерно равное число звезд с красным и синим смещением. В действительности же у них отмечается преимущественно красное смещение с той стороны диска, которая вращается по направлению от нас,

и синее смещение — со стороны, которая вращается по направлению к Земле.

Такое движение исследованных звезд заставляет отнести их к населению диска Туманности Андромеды. При этом границы галактики приходится проводить заново, увеличив ее диаметр в три раза — до 220 тыс. св. лет. Это означает, что ее угловой размер равен 12 диаметрам Луны. Периферийная часть Туманности Андромеды тускла — на ее долю приходится всего 10% полного света галактики. И все-таки в этой внешней области вращаются, предположительно, миллионы звезд. По прежним оценкам, поперечник M31 составлял всего 70–80 тыс. св. лет, что немного меньше, чем у нашей Галактики, которая имеет поперечник в 100 тыс. св. лет.

Изучая отдельные компоненты галактики, можно попытаться построить целостную картину ее формирования. С этой точки зрения Туманность Андромеды казалась астрономам «идеальной лабораторией» — она удачно ориентирована, похожа на нашу Галактику, достаточно близка, чтобы в ней можно было наблюдать отдельные звезды. К сожалению, эта лаборатория сама оказалась полна загадок и никакой ясности в наше понимание процессов образования галактик пока не прибавила. Кроме нового размера Туманности Андромеды, ученым предстоит теперь объяснить, почему во вновь обнаруженной внешней части диска звезды распределены не равномерно, а собраны более чем в 20 различных сгустках. Такую клочковатость можно было бы объяснить тем, что они являются реликтами слияния небольших галактик с основной системой. Но в современных моделях образования галактик диски и слияния несовместимы: невозможно получить гигантский вращающийся диск в результате неупорядоченной аккреции небольших протогалактических фрагментов.

Разобраться в том, уникален ли протяженный диск Туманности Андромеды, помогли бы аналогичные наблюдения других галактик.

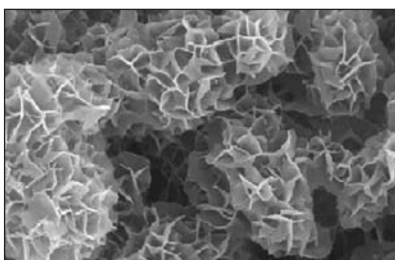
Если появление этих сгустков все-таки связано со слиянием, оно должно было произойти относительно недавно — в пределах последних 200 млн лет. В противном случае сгустки бы уже разрушились. Не исключено, что мы застали нашего большого соседа в редкий момент его истории — сразу после того, как он поглотил один из своих небольших спутников.

<http://arxiv.org/abs/astro-ph/0504164>

Химия

Расцвели углеродные наноцветы

Китайские исследователи синтезировали новый вид углеродных наноструктур, которые могут найти применение в катализе, а также для создания электрических и магнитных устройств. Метод получения достаточно прост: восстановление — пиролиз — катализ. В качестве источника углерода использовали глицерин; углерод выделялся при его реакции с магнием; катализатором служили частицы железа, образующиеся при пиролизе ферроцена. В эксперименте 0.45 г Mg и 0.1 г ферроцена смешали с 5 мл глицерина в автоклаве высокого давления из нержавеющей стали объемом 40 мл и поддерживали температуру 650°C в течение 12 ч, а затем оставили остывать до комнатной температуры. Часть полученного продукта черного цвета выдерживали в 50 мл раствора HCl — сначала 2 ч при 65°C, а потом еще два дня при комнатной температуре. После этого образцы промыли в метаноле и дистиллированной воде и исследовали их морфологию и структуру методами электронной



Углеродные наноцветы.

микроскопии, рентгеновской дифракции и рамановской спектроскопии.

В образцах, обработанных кислотой, обнаружили до 80% новых интересных наноструктур с характерными чертами графита — они представляли собой сферы диаметром от 200 до 600 нм с полый сердцевинкой и множеством чешуек-«лепестков» толщиной менее 5 нм. За внешний вид исследователи назвали их наноцветами.

В экспериментах, проведенных в тех же условиях, но с использованием только глицерина и ферроцена или только глицерина и магния, цветы не вырастали. Причины образования наноцветов при взаимодействии глицерина, ферроцена и магния пока неясны.

Materials Letters. 2005. V.59. P.456 (Нидерланды); http://perst.issph.kiae.ru/Inform/perst/5_07/index.htm

Популяционная и эволюционная генетика

Генофонд кустарниковой улитки в Московском регионе

Антропогенное преобразование ландшафта приводит к изменению факторов отбора, что неизбежно отражается на генетической структуре популяций. Оценить роль воздействия человека позволяет мониторинг динамики частот аллелей генов в популяциях.

Модельным объектом в исследованиях, проведенных сотрудниками Музея земледелия МГУ им.М.В.Ломоносова и Института общей генетики им.Н.И.Вавилова РАН, стала кустарниковая улитка *Bradybaena fruticum* — наземный моллюск с ярко выраженным полиморфизмом раковинных и биохимических признаков. Изучена 21 популяция (из них 12 московских, восемь подмосковных и одна из Новгородской обл.). Методом электрофореза исследовано 2815 экземпляров по 16 изоферментным локусам.

Оказалось, что качество генофонда 80% городских популяций

неудовлетворительное, причем половины из них — критическое. Московские ландшафты сильно фрагментированы, и животные обитают в мелких изолятах. В них резко (до 70%) сокращено генетическое разнообразие. Так, в крупных природных популяциях полиморфных локусов девять, в изолятах же их число снижается до пяти, причем существует положительная корреляция между размером популяции и долей полиморфных генов. В Москве отмечен низкий уровень гетерозиготности — до 0.06 в наиболее деградировавших популяциях (в естественных он равен 0.13—0.18). Кроме того, в разных мелких изолятах закреплены разные аллели одного и того же гена. Этот результат случайного дрейфа генов и сопутствующий инбридинг ведут к резкому сокращению генетической изменчивости. В результате адаптационный потенциал мелких городских популяций снижается, и они вымирают.

Экстраполируя результаты, которые были получены в ходе исследования кустарниковой улитки, на весь комплекс малоподвижных беспозвоночных животных городских экосистем (а они составляют 95% всей зоомассы), исследователи пришли к выводу: главная причина вымирания беспозвоночных в антропогенных ландшафтах — генетическая. А поскольку эти животные составляют основу трофической цепи, уменьшается и биологическое разнообразие городских экологических систем.

© Макеева В.М.,

кандидат биологических наук

Малюченко О.П.,

Белоконь М.М.

Москва

Зоология

Как коала выбирают дерево для кормежки

Растения для защиты от поедания животными полагаются не только на твердую кору, шипы и колючки, но и на специально вырабатываемые вещества — про-

дукты вторичного метаболизма. Для эвкалиптов в качестве средства химической защиты особенно характерны фенольные соединения — так называемые формилованные флороглюцины. Известно, что содержание их в растительных тканях существенно варьирует даже в пределах одного вида, однако до недавнего времени оставалось неясным, сказываются ли эти различия на питании коала — самого известного потребителя эвкалиптовой листвы.

Пытаясь разобраться в этом вопросе, В.Д.Мур и У.Дж.Фоли (В.Д.Мооре, W.J.Фолей; Австралийский национальный университет, Канберра) на протяжении 10 лет изучали, как коала выбирают деревья для кормежки. Исследования проводились в Центре по сохранению коала (о.Филипп, Австралия), где на огороженном участке эвкалиптового леса площадью 7.6 га эти звери живут и размножаются в естественной обстановке. На обследуемой территории одновременно присутствовало около 20 особей коала. Из эвкалиптов там доминируют виды *Eucalyptus globulus*, *E.viminalis* и *E.ovata*, встречающиеся примерно в равном соотношении. Но поскольку *E.ovata* коала поедают редко, в качестве объектов исследования были выбраны только *E.globulus* и *E.viminalis*.

Все 857 деревьев этих видов, растущих на изучаемом участке, были помечены и изучены на предмет концентрации в их листьях формилованных флороглюцинов и азотсодержащих веществ. Присутствие азота оценивали постольку, поскольку ранее проведенными исследованиями было показано, что коала часто испытывают нехватку этого элемента. Для характеристики общего размера дерева измеряли диаметр ствола. Статистический анализ свидетельствует, что коала не используют для питания первое попавшееся дерево — предпочтение они отдают прежде всего более крупным экземплярам. Но среди крупных деревьев коала активно избегают тех, в которых особенно высоко содержание формилованных флороглюцинов и, наоборот, понижено

содержание азота (между собой эти показатели не коррелируют). Nature. 2005. V.435. P.488—490 (Великобритания).

Орнитология

Живучий воробей Парижа

Парижские воробьи, в отличие от живущих в других городах Европы, по-видимому, более стойки к угрозе исчезновения. В чем секрет их активности и сопротивляемости? Этот вопрос обсуждался на встрече французских и британских орнитологов, толчком к которой послужила тревожная статистика: в Нидерландах, Бельгии, Италии и Великобритании зарегистрировано падение популяций воробьев на 50 и даже 90%. Объясняют это уменьшением пищевых ресурсов и значительным сокращением мест, пригодных для гнездования. Интересно, однако, что популяция французских воробьев, и особенно парижских, сократилась только на 16%. Возможная причина — в менее жесткой конкуренции воробьев с другими видами птиц (горлицами и зеленушками), что можно объяснить большим числом уличных кафе (а следовательно, и массой хлебных крошек), а также наличием фекалий собак — корма, легко доступного насекомым, которыми, в свою очередь, питаются молодые воробьи. П.Жюльяр (P.Julliard; Центр исследований биологии популяций птиц) считает, что высказанные точки зрения могут показаться несколько экстравагантными, но сейчас они представляются единственными факторами, объясняющими ситуацию.

Science et Vie. 2005. №1050. P.36 (Франция).

Микология. Эволюция

Преимущества полового размножения

Половое размножение свойственно большинству растений и животных. Иногда оно встречается даже у организмов, обычно

размножающихся бесполом способом (например, у отдельных грибов). Парадокс заключается в том, что, согласно принятым теоретическим взглядам, бесполое размножение выгоднее, чем половое: не тратится время и энергия на мейоз, производство самцов, поиск полового партнера, спаривание. Можно было бы ожидать, что бесполое размножение окажется преобладающим в природе¹. Между тем свои преимущества имеются и у полового размножения. Так, согласно гипотезе Вейсмана², оно увеличивает генетическое разнообразие популяции и способствует большей эффективности естественного отбора. Только недавно эта гипотеза получила экспериментальное подтверждение — по крайней мере для дрожжей.

Биологи Лондонского Имперского колледжа³ поставили изящный эксперимент, показавший, что популяция дрожжей с характерным для нее половым размножением, сталкиваясь с новыми условиями, эволюционирует быстрее, чем бесполой популяция. При достаточном питании дрожжевые клетки размножаются вегетативно. При недостатке пищи они переходят к мейозу: производят четыре споры, функционально аналогичные гаметам. Затем споры попарно сливаются, и образовавшиеся клетки дают начало новому бесполому поколению.

Удалив гены SPO11 и SPO13, необходимые для нормального прохождения мейоза, ученые получили штамм дрожжей, размножающийся только бесполом путем. В условиях голодания клетки этого штамма образовывали по две споры, идентичные родительским клеткам. Затем экспериментаторы сравнили приспособляемость клеток, в данном случае проявляющаяся в увеличении скорости их роста по сравнению с предковым штаммом, из которого был получен искусственный. Оказалось, что в благоприятных условиях клетки

¹ Попадьян К.Ю. // Журнал общей биологии. 2003. Т.64. №6. С.463—478.

² Weismann A. The Evolution Theory. L., 1904.

³ Goddard M.R., Godfray H.C.J., Burt A. // Nature. 2005. V.434. P.636—640.

штаммов, размножающихся и половым, и бесполом путем, растут с той же скоростью, что и предковый штамм. В неблагоприятных условиях скорость роста «полового» штамма увеличивалась до 94% относительно предковой колонии, а бесполого — лишь до 80%.

Таким образом, половое размножение может обеспечивать штаммам дрожжей эволюционное преимущество при освоении новых сред.

© Еськова А.К.
Москва

Биохимия

Поврежденная жуками кукуруза зовет на помощь нематод

За последние годы получены убедительные свидетельства того, что некоторые растения при повреждении их насекомыми-фитофагами выделяют во внешнюю среду специфические летучие вещества, привлекающие хищников или паразитов — естественных врагов этих самых фитофагов. До настоящего момента все описанные случаи подачи сигналов растениями наблюдались при поедании животными надземных частей растений — стеблей и листьев. Однако недавно группа швейцарских ученых обнаружила, что «звать на помощь врагов своих врагов» растения могут и при повреждении корней¹.

Исследователи установили: если обитающие в почве личинки жука *Diabrotica virgifera* (в отечественной литературе его называют «западный кукурузный жук») начинают поедать корни кукурузы, то в почву выделяются специфические вещества (прежде всего Е-бета-кариофилен), привлекающие личинок нематод *Heterorhabditis megidis*. Личинки этих круглых червей на определенной стадии развития не питаются, а заняты поисками будущего хозяина. Обнаружив такового (в данном случае личинку жука *Diabrotica*), они проникают внутрь ее тела через естественные отвер-

¹ Rasmann S., Köllner T.G., Degenhardt J. et al. // Nature. 2005. V.434. P.732–737.

тия (рот, анус, дыхальца) и привносятся туда симбиотических (для нематод) бактерий, которых содержат в специальной капсуле. Бактерии быстро размножаются внутри личинки, вызывая ее гибель. При этом содержимое личинки превращается в жидкую кашу, наполненную бактериями. Питаясь этими бактериями внутри погибшей личинки жука, нематоды успешно завершают цикл своего развития.

В лабораторных опытах швейцарские исследователи обнаружили, что выделение корнями кукурузы кариофилен происходит только при повреждении их личинками жука. Выяснилось также, что особенность эта не универсальна: она присуща старым европейским сортам кукурузы и одному из ближайших диких родственников кукурузы — *Zea mays parviglumis*. А вот новые американские сорта кукурузы, все больше культивируемые сейчас в Европе, не вырабатывают кариофилен в ответ на нападение жуков и, соответственно, сильно ими повреждаются.

Проблема оказалась очень важной с чисто практической точки зрения, поскольку *Diabrotica* — уроженец Америки, — переселившись недавно в Европу, превратился здесь в очень серьезного вредителя. Эксперименты на опытных делянках показали, что зараженность личинок жуков *Diabrotica* нематодами при использовании старых сортов кукурузы в пять раз выше той, что наблюдается у новых сортов, не вырабатывающих кариофилен. Если же в почву вокруг таких менее защищенных растений непосредственно внести Е-бета-кариофилен, то зараженность личинок нематодами возрастает в два раза по сравнению с контролем. Авторы обсуждаемой работы подчеркивают, что при селекции новых сортов кукурузы необходимо уделять особое внимание их способности вырабатывать Е-бета-кариофилен и другие вещества, служащие для привлечения естественных врагов насекомых-фитофагов.

© Гиляров А.М.,
доктор биологических наук
Москва

Охрана природы

Сохранить леса бассейна реки Конго

В настоящее время сложилась весьма странная ситуация: в то время как проблема сохранения амазонских лесов обсуждается весьма широко, об охране тропических лесов в бассейне р.Конго, занимающих площадь 2 млн км², говорят очень мало. Между тем над этим крупнейшим резервуаром мирового биоразнообразия нависли серьезные угрозы. Их главными причинами стали значительные экономические трудности и нередкие военные конфликты, которым подвержены Камерун, Центральноафриканская Республика, Габон, Конго, Заир, Экваториальная Гвинея, Чад и другие страны региона.

Недавно в Браззавиле (Конго) состоялся посвященный проблемам сохранения лесов саммит руководителей этих государств с участием президента Франции Ж.Ширака. В очередной раз были приняты соответствующие резолюции, однако секретарь Центра по окружающей среде и развитию С.Нгуиффо посетовал, что предыдущие аналогичные решения не выполнялись, так что нет уверенности в изменениях к лучшему и на сей раз. Возможно, столь пессимистические настроения вызвал тот факт, что на саммите ничего не говорилось о злоупотреблениях лесопромышленных компаний (зачастую французских), об ответственности производителей изделий из тропической древесины, о повсеместной коррупции.

Terre Sauvage. 2005. №204. P.56
(Франция).

Охрана природы

Из неволи на свободу

В конце 60-х годов прошлого века Бернард Гржимек — один из пионеров движения в защиту африканской природы — предложил превратить находящийся на оз.Виктория о.Рубондо площадью 240 км² в «Ноев ковчег».

Он поселил на острове вместе с рядом других видов животных 17 шимпанзе, которые до этого содержались в течение нескольких месяцев или даже лет в зоопарках, лабораториях и цирках. Через довольно продолжительное время приматологи решили узнать о судьбе обезьян.

Численность их возросла до 30 (это уже второе—четвертое поколения). Изучение даже такой небольшой популяции важно для ученых — прежде всего с точки зрения фундаментальных исследований, так как позволит понять, каким образом животные, выпущенные на свободу, смогли адаптироваться к естественной среде обитания. Затем, используя уже имеющийся опыт, можно найти в Африке другие, подобные о.Рубондо, места, пригодные для расселения больших количеств шимпанзе, содержащихся сейчас в неволе.

Terre Sauvage. 2005. №203. P.48 (Франция).

Океанология. Техника

Новый тип судна-буя

«Sea Orbiter» — название специального судна-буя, проект которого разработан специалистом по корабельной архитектуре Ж.Ружери (J.Rougerie). Общая высота судна 51 м, из них 31 м приходится на подводную часть. Это обитаемый научно-исследовательский аппарат с экипажем в 18 человек. Он будет дрейфовать с океанскими течениями, ведя непрерывные океанографические наблюдения. Одна из инновационных особенностей конструкции судна-буя — это система его стабилизации: через нижнюю часть корпуса проходит трубопровод, циркулируя воды в котором гасит вертикальные колебания буя. Другая его особенность — нижний отсек на 10-метровой глубине с барокамерой для восьми пловцов или акванавтов.

В «Sea Orbiter» крайне заинтересовано НАСА для подготовки астронавтов к длительным космическим полетам. Уже завершены все испытания макетов судна-буя

в испытательном бассейне. Для строительства требуется 25 млн евро, пока еще не поступивших. Ожидается, что в первый дрейф буй отправится в 2008 г. по струям Гольфстрима.

Science et Vie. 2005. №1054. P.34 (Франция).

Климатология. Экология

Города, климат, экология

В мире продолжается рост городов: в 1970 г. в них проживало 35% населения Земли, в 2000-м — почти 50%, около 3.5 млрд человек. В настоящее время число городов-миллионеров достигло 400, из которых 11 — в России. Урбанизация происходит неравномерно: в развитых государствах наметилось замедление роста городов, в развивающихся темпы расширения мегаполисов даже усиливаются.

С середины XX в. привлекательность городов как промышленно-культурных центров стала снижаться. Все отчетливее проявляются негативные стороны больших городов, прежде всего — загрязнение окружающей среды. Так, на долю российских городов-миллионеров ежегодно приходится 3.5 млн т твердых и концентрированных отходов. Основная экологическая угроза от урбанизации — это выбросы газов промышленностью и транспортом, особенно автомобильным. Индикаторами экологического состояния городов служат качество воздуха и воды, уровень шума, радиоактивность, площадь зеленых насаждений, наличие открытых пространств, эффективное землепользование, безопасный транспорт и ряд других факторов. Достичь оптимального сочетания многих индикаторов практически не удается¹.

В ряде работ приводятся конкретные примеры влияния на климат городов России (Москвы, Санкт-Петербурга, Казани), основанные на многолетних данных

¹ Григорьев АА, Кондратьев КЯ. // Изв. Русского географ. общества. 2004. Т.136. Вып.4. С.1—8; Вып.5. С.1—11.

о температуре воздуха и осадках. Амплитуда годовых температур в Москве за период 1879—2002 гг. по данным наиболее показательных экстремальных значений уменьшилась с 67°С до 54°С. Заметно снизились минимальные суточные температуры воздуха, тогда как максимальные изменились несущественно. Суточные суммы осадков увеличились на 10 мм летом и на 7 мм — зимой. Наиболее заметно в Москве смягчение суровости зим. В целом полученные результаты означают, что климат Москвы стал более умеренным и более влажным².

По ежесуточным измерениям на 30 гидрометеостанциях Москвы и Московской обл., проводившимся за последние 30 лет, установлено, что различия по температуре воздуха между центром Москвы и ее пригородов достигают 3—7°С. В ночные часы контрасты обостряются, в дневные сглаживаются. От центра города к окраинам растет количество осадков, особенно заметное в северо-восточном направлении, где различия достигают 23 мм. В пределах Москвы возрастает число опасных явлений погоды по сравнению с окрестностями. Например, сильные ливни (50 мм в сутки и более) случаются в центре Москвы однажды в 3—5 лет, тогда как на расстоянии 25—30 км один раз в 10—20 лет. Сплошные асфальтовые покрытия приводят к ливневым затоплениям значительных городских пространств. В пределах городской черты чаще происходят и другие опасные явления: сильные снегопады, метели, шквалистые ветры, крупный град. Вопреки представлениям об общем потеплении, обнаружено, что увеличилась продолжительность снежного покрова: неустойчивого — с конца сентября до конца мая, устойчивого — с конца ноября до начала апреля. По многолетним данным оказалось, что похолодание произошло лишь в единственном месяце в году — ноябре³. Ин-

² Оганесян ВВ. // Метеорология и гидрология. 2004. №9. С.31—37.

³ Григорова ЕС. // Метеорология и гидрология. 2004. №10. С.36—45.

тересно, что подобный результат получен недавно для пригорода Петербурга¹.

Анализ климатических изменений в Санкт-Петербурге строился на самых продолжительных в России рядах инструментальных наблюдений за температурой воздуха (с 1741 г.) и осадками (с 1836 г.). Средняя годовая температура во второй половине XX в. увеличилась на 5°C (в предыдущем полувеке было увеличение на 3,8°C). В годовом ходе колебания уменьшились. Средние за месяц температуры наиболее существенно повысились для холодной части года. Количество осадков увеличилось преимущественно зимой, но в мае и августе проявилась слабая тенденция к понижению. Результаты анализа натуральных данных сопоставлялись с расчетами по численным моделям климата. Последовательные эксперименты позволили оценить реалистичность различных моделей и, кроме того, использовать различные сценарии антропогенных воздействий².

Тенденция к потеплению установлена по измерениям температуры воздуха за период 1856—2001 гг. в Казани, что характеризует климатические условия востока Русской равнины. Однако потепление происходит неравномерно. В отдельные периоды отмечались и похолодания. Наибольший рост температуры отмечен в декабре и январе, наименьший характерен для июля. Данные по Казани сопоставлялись с вековым ходом температуры воздуха в тропосфере Атлантико-Европейского региона (30—80°с.ш., 60°з.д. — 70°в.д.). Тенденции совпадают, но темпы потепления существенно различны: в Казани почти 1,5°, по всему региону — около 0,5° (в Казани на планетар-

ные факторы накладываются регионально-городские, на которые приходится 70% общего потепления). Тропосферные измерения по всему региону обнаружили похолодание, особенно с октября по апрель, в горных районах Скандинавии, Балкан, Северного Кавказа, Малой Азии³.

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

Антропология. Токсикология

«Прекрасная дама» XV века вновь в центре внимания

В ноябре 2004 г. в г.Лош (Франция) группа ученых исследовала останки Агнессы Сорель, любовницы короля Карла VII (1403—1461). При его имени вспоминаются времена подвигов Жанны Д'Арк, сделавшей этого человека королем и преданной им.

Агнесса Сорель умерла в 1450 г. в возрасте около 25 лет. Ее биологический возраст определен по костным останкам в пределах 23—27 лет (точная дата рождения затерялась где-то между 1422 и 1426 г.). Захоронению этой женщины не повезло — оно было потревожено во время революционных событий 1777 г. С той поры останки «Прекрасной дамы» (так называли ее современники) хранились в большом глиняном кувшине в могиле, находившейся в храме Notre Dame de Loches.

Вскрытие погребения учеными состоялось в присутствии ее потомков. Останки исследовали 22 специалиста в 18 научных лабораториях и институтах Франции. Череп Агнессы Сорель сохранился с незначительными утратами. Сделанная по нему объемная реконструкция лица подтвердила реалистичность скульптурного изображения этой женщины на над-

гробии и на нескольких прижизненных живописных портретах.

Интересные наблюдения сделаны при изучении зубов, по которым определили число беременностей Агнессы Сорель. Она рожала в 18, 19 и 20 лет, и все три ее дочери были признаны королем Карлом. В момент смерти «Прекрасная дама» была на седьмом месяце беременности.

При токсикологическом исследовании волос (сохранились и брови) было выявлено значительное содержание в них ртути. Это дало французским журналистам повод поднять вопрос об отравлении любовницы короля Карла, тем более, что его наследник дофин Людовик (будущий король Людовик XI) ненавидел эту женщину. Однако однозначного ответа на этот вопрос нет, так как Агнесса могла принимать ртутные препараты для лечения. Она, как выяснили паразитологи, страдала от аскарид, кроме того, соли ртути в средневековой Франции использовались в качестве средства для облегчения родов. И все же вполне возможно, что причиной смерти в столь молодом возрасте стала острая интоксикация организма (преднамеренное отравление).

Информация об этом дала повод к появлению в газетах Франции статей под заголовками: «Любовница Карла VII отравлена ртутью» («Le journal du Dimanche») и «Причина смерти Агнессы Сорель... Преступление или несчастный случай?» («Le Monde»). На состоявшейся в апреле 2005 г. в г.Лош научной конференции главное место занимали данные исследований захоронения Агнессы Сорель. Тезисы представленных на ней докладов составили сборник интересных материалов об изучении ряда средневековых (и не только) погребений⁴.

© Панова Т.Д.,
доктор исторических наук
Москва

¹ Померанец К.С. // В окрестностях Санкт-Петербурга теплеет // Природа. 2002. №10. С.87—88.

² Голицын Г.С., Ефимова Л.К. и др. // Метеорология и гидрология. 2004. №8. С.9—17.

³ Переведенцев Ю.П., Верещинин М.А. и др. // Изв. РГО. 2004. Т.136. Вып.4. С.50—62.

⁴ Colloque international de pathographie. Loches. France. Avril 2005.

В.М.Дильман — один из творцов интегральной медицины

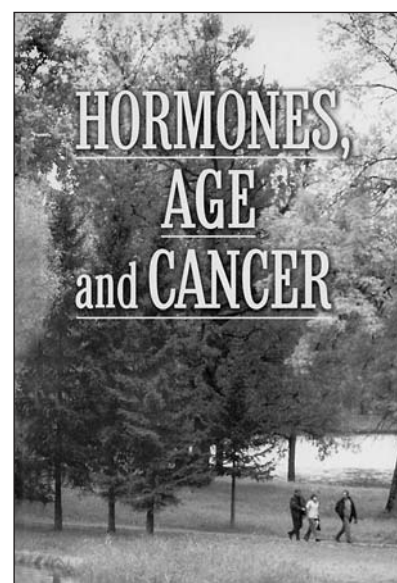
Член-корреспондент РАМН С.А.Кетлинский
 Санкт-Петербург

Ученые бывают разные, и вспоминают о них тоже по-разному. Говорят, что возраст ученого определяется числом прожитых им лет и длительностью «пост-жизненного» цитирования его работ. В этом смысле можно не сомневаться, что Владимиру Михайловичу Дильману, известнейшему отечественному эндокринологу, геронтологу и онкологу, которому в июле 2005 г. исполнилось бы 80 лет и который скончался в мае 1994 г., была уготована счастливая судьба. Его имя прочно и надолго вошло в историю науки, прежде всего благодаря интегральному подходу к проблемам медицины, к пониманию природы и причин развития основных неинфекционных заболеваний человека и к тем мерам, которые должны предприниматься, чтобы ограничить частоту возникновения упомянутых патологических процессов и, по возможности, увеличить среднюю и максимальную продолжительность жизни.

В канун юбилея Дильмана в Санкт-Петербургском отделении издательства «Наука» вышла книга «Гормоны, возраст и рак», приуроченная к этой дате в соответствии с научными интересами Владимира Михай-

ловича и с определенной хронологией его научной биографии. Издание представляет собой собрание статей, посвященных идеям самого Дильмана, а также основным результатам, полученным в его лаборатории, и дальнейшему развитию научных взглядов в близких областях, достигнутому отечественными и зарубежными исследователями. Авторы книги — ученики и многолетние сотрудники Дильмана, а также известные ученые США, Великобритании, Швейцарии, Японии и других стран, сотрудничавшие с ним или интересовавшиеся его научным багажом. Книга подготовлена на английском языке (с небольшим резюме на русском), и в этом отразилось как международное признание заслуг Владимира Михайловича, так и желание максимально расширить круг тех, кто сможет познакомиться с рецензируемой книгой.

Сборник открывается предисловием, написанным почетным директором НИИ онкологии им.Н.Н.Петрова, академиком РАМН Н.П.Напалковым. Он подчеркивает, что уже свыше 50 лет тому назад Дильман в одной из своих новаторских работ указал на существование общего механизма, определяющего развитие и функционирование основных гомеостатических систем чело-



ГОРМОНЫ, ВОЗРАСТ И РАК /
 Под ред. Л.М.Берштейна.
 HORMONES, AGE AND CANCER /
 Ed. Lev Berstein.

СПб.: Наука, 2005. 254 с.
 St. Petersburg: Nauka, 2005.
 254 p.

веческого организма. Владимир Михайлович одним из первых предугадал то, что стало краеугольным камнем современных теорий происхождения многих хронических возраст-ассоциированных заболеваний, подчеркнув главенствующую роль повышения гипоталамического порога чувствительности к ингибирующему действию периферических гормонов в возникновении этих болезней. Естественно, более подробному анализу научных взглядов Дильмана посвящены первые две главы, которые следуют за предисловием. Одна из них написана Е.В. Цырлиной (Санкт-Петербург) и называется «Вехи жизненного пути Владимира Дильмана: ученого, учителя, человека», а другая, «Владимир Дильман: пионер в интегральном понимании ассоциированных со старением патологических процессов», подготовлена С. Finch (США). Приводя библиографию работ Дильмана, описывая впечатление от личных встреч с ним, авторы этих глав подчеркивают, что Владимир Михайлович вошел в науку как автор онтогенетической модели развития и старения. Им сформулирован закон отклонения гомеостаза, в соответствии с которым происходит трансформация программы развития организма в механизм «главных» болезней человека. Он указал на необходимость разграничения понятий о возрастной, идеальной и оптимальной норме, разработал представления о синдроме канкрофилии (механизме предрасположенности к развитию злокачественных новообразований), отстаивал принципы превентивной медицины, базирующиеся на учете собственных и, очевидно, близких к реальности теоретических построений и, в совокупности, несомненно, внес очень большой вклад в то, чтобы многие заболевания второй половины жизни выглядели не как разобщенные нозологические единицы, а как следствие сходных и не-

редко универсальных патогенетических механизмов.

В следующей главе, «Современные представления о гормональном канцерогенезе: механизмы, предрасполагающие факторы, последствия», Л.М. Берштейн (Санкт-Петербург) указывает на существование двух дополняющих друг друга типов гормонального канцерогенеза: промоторного и генотоксического. Роль генотоксического компонента особенно заметна на ранних и поздних этапах онтогенеза и существенно усиливается при индукции в процессе старения и под влиянием ряда экзогенных факторов феномена переключения эстрогенного эффекта, индуцируемого, среди прочих факторов, табачным дымом. Пробластомогенная роль инсулинорезистентности, некоторых гормонов жировой ткани и так называемой джокерной функции глюкозы, помимо своей собственной важности, указывает на нежелательность сведения проблемы гормонального канцерогенеза только к ее стероидному аспекту, что следует принимать во внимание и при оценке подходов к профилактике возникновения гормонозависимых новообразований.

Сын Дильмана, М.В. Blagoslunny, уже многие годы успешно работающий в США, назвал свою главу «Клеточная пролиферация и терапия рака». Автор отмечает, что, как правило, в опухолевой ткани отсутствуют мишени, которые одновременно являются специфическими и жизненно важными. Тем не менее в трансформированных клетках имеются изменения, которые можно отнести к разряду специфических. Они заключаются, например, в потере таких мишеней, как «дикий» p53 или ген-супрессор Rb (индуцирующие у клеток состояние нечувствительности к остановке деления), или в избыточной активации ассоциированных с пролиферацией сигнальных путей. В этих условиях селективный лечебный (противоопухо-

левый) эффект может быть достигнут избирательной остановкой пролиферации нормальных клеток с последующим проведением цикло-зависимой химиотерапии.

Близка научным интересам Дильмана и глава «Роль нейроэндокринных модуляций в становлении менопаузы: эволюция наших взглядов», написанная Р.М. Wise, Л.М. Gerhold и А.В. Cashion (США). В ней говорится, в частности, о том, что в течение последнего столетия средняя продолжительность жизни у женщин практически удвоилась, «сдвинувшись» с 40 до почти 80 лет. В то же время возраст наступления менопаузы, по сути дела, зафиксировался в районе 51 года. В совокупности это означает, что большая часть женщин проведет около трети своей жизни в постменопаузальном периоде. При этом становится все яснее, что хронический недостаток овариальных гормонов ассоциирован с изменениями широкого круга не только репродуктивных, но и нерепродуктивных функций. В центральной нервной системе эти изменения ассоциированы со временем наступления менопаузы и способны оказывать влияние на этот феномен. Так, по данным авторов главы, точность ритмического рисунка динамики нейротрансмиттеров зависит от присутствия эстрадиола, а чувствительность к этому гормону у крыс среднего возраста (например, в отношении его влияния на выброс ЛГ) снижается, что в определенной мере созвучно идеям самого Владимира Михайловича.

Широкий круг вопросов обсуждается в главе В.Н. Анисимова (Санкт-Петербург), называемой «Канцерогенное старение». В частности, рассматриваются данные, в том числе собственные, о влиянии канцерогенных факторов окружающей среды на процесс старения при различных уровнях интеграции — молекулярном, тканевом, системном и организмен-

ном. Представлены сведения о влиянии мутагенов различного типа (5-бромодезоксиуридина, алкилирующих агентов, полициклических ароматических углеводов, ионизирующей радиации) на показатели старения. Существенно, что многие проявления нормального старения сходны с изменениями, развивающимися в нейроэндокринной и иммунной системах и жиро-углеводном обмене при воздействии канцерогенов, что свидетельствует об определенных общих закономерностях формирования патологических процессов под влиянием эндогенных и экзогенных факторов.

Глава G.Oxenkrug (США), начинавшего свою научную карьеру в лаборатории Владимира Михайловича, посвящена оценке антидепрессивного эффекта одного из индоллов эпифиза, N-ацетилсеротонина (NAS), при старении, гипертонии и раке. Автор раздела отмечает, что нейроэндокринная теория старения Дильмана предполагает существование определенных нарушений (и заболеваний), которые связаны между собой и сходны по патогенетическим механизмам с процессом старения и к которым может быть причислена поздно начинающаяся депрессия. Помимо антидепрессивного действия, удалось обнаружить геропротекторный, противовоспалительный и антигипертензивный эффект NAS, что указывает на то, что и сама эта эпифизарная субстанция, и ее дериваты могут действительно оказаться полезными в предупреждении патологии, ассоциированной со старением.

Забегая несколько вперед, здесь уместно вспомнить главу W.Piergaoli (Швейцария), озаглавленную «Эндогенные и эпифизарные часы и рак. Рак и нерак. Стратегия раннего выявления, предупреждения и лечения злокачественных опухолей». В этом достаточно эмоционально написанном разделе отмечается, что «злокачественный рост»

есть результат хронической ураты гормональных ритмов, контролирующей дифференцировку и активность тимолимфатической системы, что подтверждает и развивает соответствующие взгляды, высказывавшиеся Дильманом. Такой подход позволяет осуществлять меры по профилактике рака на основе эффективного мониторинга физиологических гормональных параметров, которые нуждаются в сохранении на определенном уровне и отражают существование центральных «эпифизарных часов жизни». Эти «часы» имеют отношение к поддержанию репродуктивной и иммунной функции и к эпифизарной программе старения.

Глава «Адипоцитокнины, резистентность к инсулину и основные неинфекционные заболевания» подготовлена известным специалистом Y.Matsuzawa (Япония) и посвящена роли ожирения и гормонов, секретлируемых жировой тканью, в развитии основных «некоммуникабельных» (неинфекционных) заболеваний — в первую очередь сердечно-сосудистой патологии. Автор отмечает, что в группе гормонов жировой ткани особое внимание в последние годы уделяется адипонектину. У этого коллагеноподобного белка выявлены антиатерогенные, антионкогенные, противовоспалительные и антидиабетические свойства. Снижение его продукции — стимул к развитию упомянутых патологических процессов и в то же время мишень для лечебных и профилактических мероприятий.

О необходимости и последствиях коррекции нарушений жиро-углеводного обмена говорится в статье А.Г.Голубева (Санкт-Петербург) и С.Ю.Ревского (Россия—США), носящей название «Метаболическая иммунодепрессия в перспективе». Отмечая, что термин «метаболическая иммунодепрессия» был предложен Дильманом в конце 1970-х годов для обозначения такого состояния организма,

при котором иммунитет подавлен в результате комплекса метаболических изменений, характерных для старения, авторы напоминают, что использование гиполипидемического препарата клофибрата и (или) антидиабетических бигуанидов метформина и фенформина для нормализации таких метаболических нарушений приводило к улучшению результатов кожных иммунологических тестов и усилению пролиферативного ответа на фитогемагглютинин лимфоцитов, выделенных из крови пациентов. Проведенный анализ современной литературы о влиянии липопротеина, жирных кислот, холестерина и гипергликемии на активность иммунокомпетентных клеток и о механизмах действия фибратов и бигуанидов на организм подтверждает вывод о том, что метаболические факторы, действие которых ослабляется этими препаратами, в состоянии нарушать функции иммунной системы.

Заместительной гормонотерапии (ЗГТ) в менопаузе и риску возникновения при этом рака молочной железы посвящен раздел книги, подготовленный T.Gathani и V.Beral (Великобритания). По мнению авторов, становится все яснее, что применение содержащих эстроген препаратов для снятия менопаузальных симптомов может сопровождаться нежелательными последствиями, в частности, увеличением риска развития рака молочной железы в постменопаузе (в особенности, как это ни парадоксально звучит, при сочетании эстрогенов с прогестинами). Авторы указывают на частоту заболевания, его диагностику, ряд биологических и морфологических особенностей данной опухоли у женщин, получавших ЗГТ, и подчеркивают, что вся эта проблема, несомненно, заслуживает дальнейшего анализа.

В главе «Сетевые механизмы действия глюкокортикоидов и системные комплексные забо-

левания», написанной G.P.Chrousos и T.Kino (США), обсуждается роль генов, ассоциированных с деятельностью гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системы и передачей глюкокортикоидного сигнала, для физиологии и патофизиологии человека. Поскольку большая подгруппа генов этой сетевой системы участвует в регуляции иммунитета, авторы полагают, что ее изучение поможет понять механизмы и факторы риска развития некоторых инфекций и злокачественных новообразований. С другой стороны, эта информация, основанная на фармакогенетических подходах, может использоваться для индивидуализации терапии и рационального подбора лекарственных средств при многих опасных заболеваниях.

К числу таких патологических процессов, несомненно, относится ожирение. В заключительной главе книги, «Двойная

(близнецовая) эпидемия — диабет и ожирение: вызов здоровью в 21 веке», авторами которой являются P.Zimmet и D.Chisholm (Австралия), отмечается, что в этом отношении складывающаяся ныне ситуация есть симптом глобализации в ее социальном, культурном и экономическом проявлении. Противодействие распространению диабета и ожирения должно стать частью интегральной программы, направленной на устранение нарушений, ассоциированных с образом жизни (что не отрицалось и Дильманом). Подходы, рекомендуемые для борьбы с данной «неинфекционной эпидемией», должны, по мнению авторов, быть социально и этнически обоснованы, в особенности применительно к населению развивающихся стран.

Издание завершает компактная, но тщательно подготовленная избранная библиография трудов профессора Дильмана.

Оценивая рецензируемую книгу в целом, необходимо отметить большую работу редактора тома, Л.М. Берштейна, собравшего «под одной обложкой» международную команду квалифицированных авторов, не пожалевших времени и сил, чтобы отдать дань памяти Владимиру Дильману, внесшему огромный научный вклад в развитие современной медицины. Эта книга, предназначенная, судя по аннотации, для эндокринологов, геронтологов, онкологов, специалистов в области биохимии и внутренней медицины, а также аспирантов и студентов высших учебных заведений медико-биологического профиля, будет полезна, по нашему мнению, еще более широкой читательской аудитории, ищущей для себя не просто новую информацию, а тех крупиц знания, которые вряд ли когда-либо выветрятся из совместно создаваемого здания науки. ■

Биология

Ю.И. Кантор, А.В. Сысоев. КАТАЛОГ МОЛЛЮСКОВ РОССИИ И СОПРЕДЕЛЬНЫХ СТРАН. М.: Т-во науч. изд. КМК, 2005. 627 с.

Это первый в мире полный каталог морских, наземных и пресноводных моллюсков фауны России и республик бывшего СССР, который насчитывает 3708 таксонов видового уровня, 937 родов и 265 семейств типа Mollusca. Для каждого вида приводятся ссылки на оригинальное описание, а также синонимия и места обитания в указанном регионе. Библиография содержит 1757 названий. Все данные по распространению относятся только к рас-

сматриваемому региону и не включают находений за его пределы.

Каталог составлен преимущественно по опубликованным результатам. Лишь для некоторых групп собраны данные по коллекционным материалам, полученным главным образом из Зоологического института РАН, который владеет самой крупной коллекцией моллюсков с территории бывшего СССР. Однако каталог неполон и содержит неизбежные ошибки. В ближайшее время готовится к выпуску расширенная версия, содержащая сведения о типовых местонахождениях и иллюстрации перечисленных видов.

Авторы посвятили публикацию коллегам — Ю.И. Галкину,

А.Н. Голикову, Я.И. Старобогатову, И.М. Лихареву, К.Н. Несису, О.А. Скарлато, — известным российским зоологам, благодаря усилиям которых живет и успешно развивается малакология.

Ихтиология

Н.Г. Богуцкая, А.М. Насека. КАТАЛОГ БЕСЧЕЛЮСТНЫХ И РЫБ ПРЕСНЫХ И СОЛОНОВАТЫХ ВОД РОССИИ С НОМЕНКЛАТУРНЫМИ И ТАКСОНОМИЧЕСКИМИ КОММЕНТАРИЯМИ. М.: Т-во науч. изд. КМК, 2004. 389 с.

В ихтиологии сегодня растет интерес к таксономическим проблемам, что, несомненно, отражает как общую тенден-

цию изучения биологического разнообразия, так и необходимость формализации сведений о единицах этого разнообразия для использования различных компьютерных технологий — от баз данных коллекций академических институтов до моделирования распространения инвазионных видов.

В основе книги лежат таксономическая и библиографическая базы данных по ихтиофауне России и сопредельных стран. Список включает валидные названия таксонов бесчелюстных и рыб в ранге от типа до подвида, обитающих в пресных и солоноватых водах Азовского и Каспийского морей и опресненных эстуариях рек северных и дальневосточных морей (18 отрядов, 43 семейства, 175 родов и 486 видов, в том числе неописанные или сомнительно идентифицируемые). Кроме того, приведены синонимы, которые важны с таксономической точки зрения, таксоны спорного статуса и виды, не имеющие научных названий. Приводятся замечания номенклатурного характера (уточнение авторства, названия, даты опубликования). Сделаны комментарии об объеме и статусе каждого таксона. Дается полная библиография первоначальных описаний и ссылок. В приложениях приведены статьи Международного кодекса зоологической номенклатуры, словарь терминов, развернутые библиографические комментарии к некоторым публикациям, а также список сокращенных и полных названий цитируемых периодических изданий.

Геология

И.С.Новиков. МОРФОТЕКТОНИКА АЛТАЯ. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2004. 311с.

Книга завершает серию многочисленных публикаций автора по морфотектонике

и геодинамике Алтая, выходящих в последние 15 лет. Не только по объему, но и по охвату смежных вопросов, целенаправленности в решении основной задачи — выявлении ведущих черт геодинамики региона в новейшее время и, как результат, выдвигении обоснованной концепции — книга является монографией в полном смысле слова.

Автор развивает свои представления вполне в духе современных мобилистских концепций. Обращают внимание следующие черты: широкая фактическая основа, сочетание методов и данных геоморфологии, геологии, стратиграфии рыхлых толщ, что совершенно необходимо для региональных и панрегиональных геодинамических построений. Так, детальное рассмотрение стратиграфии кайнозойских отложений в окружающих и внутригорных впадинах служит в книге реальной основой при анализе неотектонического развития региона. То же можно сказать о подробной характеристике структуры и режима движений от палеозоя до современного этапа на целом ряде ключевых участков, исследованных самим автором. В результате дается не только кинематическая схема новейших движений обширного региона, степени их унаследованности, но предложена концептуальная модель кайнозойского орогенеза. Она состоит в признании обусловленности регионального текто- и морфогенеза в результате взаимодействия трех устойчивых блоков земной коры — Джунгарского, Монголо-Тувинского и Западно-Сибирского.

Книга хорошо издана. Жаль только, что многие карты даны схематически, в обобщенном масштабе, не содержат необходимых элементов географической основы, и потому их трудно использовать для конкретных разработок.

Геология

А.Ф.Коробейников. ПЛАТИНО-МЕТАЛЛЬНЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ МИРА. Т.3. Комплексные золото-редкометалльно-платиноидные месторождения. М.: Научный мир, 2004. 236 с.

Научно-аналитический обзор по комплексным золото-(редкометалльно)-платиноидным месторождениям, подготовленный в Томском политехническом университете, стал логическим продолжением книг «Платинометалльные месторождения в ритмично расслоенных комплексах» и «Платиносодержащие хромитовые и титаномагнетитовые месторождения», являющихся первым и вторым томами крупной итоговой публикации, не имеющей аналогов ни в нашей стране, ни за рубежом. Выбор темы закономерен, поскольку сегодня основу промышленности драгоценных металлов России и зарубежья составляют месторождения золота, платиновых и редких металлов. Например, Сухой Лог в Забайкалье, Олимпиадинское в Енисейском кряже, Нежданнинское в Якутии, Воронцовское на Урале, Средняя Падма в Карелии, Бакырчик в Казахстане, Мурунтау в Узбекистане, Кумтор в Кыргызстане, Любина в Польше и т.д.

Впервые в одной книге рассмотрены золото-(редкометалльно)-платиноидные месторождения в черносланцевых формациях, медистых песчаниках и сланцах, скарнах и скарновомагнетитовых залежах габбро-плагиогранитных интрузий, медно-порфировых системах, альбититах, грейзенах, карбонатитах, нефелиновых сиенитах и ургитах, железо-марганцевых и сульфидных образованиях океанов, а также золото-серебряно-платиноидная минерализация в медно-колчеданных и колчеданно-полиметаллических месторождениях. Приведенные материалы убедительно

свидетельствуют о реальной возможности наращивания запасов платиновых металлов за счет комплексных месторождений. Обоснованы геолого-геодинамическая модель их формирования и минералого-геохимические индикаторы комплексных руд.

Археология

ПРОБЛЕМЫ КАМЕННОГО ВЕКА РУССКОЙ РАВНИНЫ. Сост. Е.В. Леонова, К.Н. Гаврилов. Под ред. Х.А. Амирханова. М.: Научный мир, 2004. 332 с.

В мезолите бассейн Оки на Русской равнине населяли общности людей, определяемые как бутовская, иеневская и рессетинская археологические культуры. На этой территории время сложения и археологического содержания послепалеолитических культур относится к проблематике, касающейся мезолита значительной части лесной и лесостепной зон Русской равнины. При решении комплекса этих проблем ключевым становится обнаружение истоков того или иного проявления мезолитической культуры.

Сборник посвящен научным исследованиям, которыми занимаются в последнее время специалисты из Института археологии РАН, Государственного исторического музея и МГУ им. М.В. Ломоносова. Подготовленные ими статьи в определенной мере характеризуют современное состояние проблематики каменного века Русской равнины. Они охватывают широкий хронологический и тематический диапазон — от верхнего палеолита до неолита и от вопросов первобытного искусства и введения в научный оборот новейших материалов до обобщений историко-культурного характера для отдельных отрезков каменного века Русской равнины. По своей структуре книга

поделена на три раздела: анализ источников и культурно-хронологические обобщения (Волго-Окское междуречье и север Восточной Европы), изучение поселений и жилищ (Сунгирь, Третий мыс, Быки) и первобытное искусство (Зарайская стоянка).

История. Культурология

Э.Л. Базарова, Н.В. Бицадзе, А.В. Окозов и др. КУЛЬТУРА РУССКИХ ПОМОРОВ: Опыт системного исследования. Под ред. П.Ю. Черношвитова. М.: Научный мир, 2005. 400 с.

Русская национальная культура в своей хозяйственной части — это культура оседлых земледельцев-скотоводов лесостепной и лесной полосы Восточной Европы, традиционно дополняемая рыболовством, охотой на диких животных и собирательством.

С XII в. начинается проникновение русскоязычного населения сначала с Новгородчины, а чуть позже — с Верхневолжья в более северные районы, а к концу XV в. это «проникновение» становится миграцией в целях заселения новых земель, охватывающих огромные территории вплоть до побережья Белого моря и юга Кольского п-ова. В итоге в национально-географическое понятие «Русь» начинает входить в качестве неотъемлемой его составляющей понятие «Русский Север».

Книга представляет собой исследование русской поморской культуры, которая рассматривается как вариант общерусской национальной культуры, сложившейся в среде мигрантов из различных уголков России на побережье Белого моря и прилегающие к нему районы. Основная задача исследования — показать, что культура является той системой выживания, с помощью которой человек приспосабливается к жизни на своей территории обитания. Поэтому

трансформация культуры, вызванная переселением коллектива на новое место, — это реакция приспособления к изменениям вмещающей среды.

Издание предназначено для культурологов, специалистов по истории освоения Русского Севера, а также для широкого круга читателей, интересующихся историей России позднего Средневековья и Нового времени.

История науки

РОССИЙСКАЯ НАУКА: ИСТИНА В ИНОМ ПРИБЛИЖЕНИИ. Под ред. акад. В.П. Скулачева; Отв. ред. А.В. Бялко. М.: Октопус; «Природа». 2005, 392 с.

В сборнике публикуются статьи победителей ежегодного конкурса научно-популярных статей, организованного Российским фондом фундаментальных исследований. Представлены практически все разделы естественных наук: механика, физика, астрономия, химия, биология, науки о Земле и науки об обществе, информатика.

Поясним смысл заглавия книги. Традиционно, начиная с 1997 г., сборники научно-популярных статей, победивших на конкурсе, начинаются со слов «российская наука», а продолжают неким утверждением, характеризующим момент издания. На этот раз, напротив, фраза «истина в ином приближении» носит вневременной и общефилософский характер. Чаще всего новое знание возникает как иной, неожиданный взгляд на старую проблему, дает иное приближение к истине не в буквальном смысле, а демонстрирует новый метод исследований.

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 семь.

Месяц в Поленово

Этот рассказ записан Борисом Андреевичем Трубниковым по воспоминаниям Дмитрия Васильевича Сивухина (1914–1988), выдающегося советского физика. Он так же, как и Трубников, работал в Курчатовском институте. Но знаменит Сивухин не только своими научными результатами в теории плазмы – он автор уникального 5-томного «Курса общей физики». В начале прошлого века подобный курс физики был создан О.Д.Хвольсоном (1852–1934), но к середине столетия он безнадежно устарел, квантовая механика и теория относительности изменили подход к основам физики. Курс Сивухина переиздается с дополнениями, отражающими физические результаты, полученные после его кончины. Но создается впечатление, что написать заново всеобъемлющий курс физики сегодня не под силу уже никому. Дмитрий Васильевич читал лекции на трех первых курсах Московского физико-технического института. Говорил он неспешно, размеренно, а голос его звучал немного необычно (возможно, оттого, что был он глуховат), но очень отчетливо. На экзаменах он был строг, несколько педантичен, но оценки его были непрекаемы. Памяти поколения, защитившего страну в Отечественную войну и затем защищавшую ее созданием атомного оружия, посвящаем мы эту публикацию.

Б.А.Трубников,
доктор физико-математических наук
Институт ядерного синтеза РНЦ «Курчатовский институт»
Москва

Стояла середина июня, когда вся земля в здешних краях зеленеет всеми оттенками молодой листвы леса и трав. Автобус бежал мимо рядных кирпичных домиков, потом, скатившись с горки, переехал мост через речку с названием Скнижка и, пробравшись через лес, остановился на небольшой площади.

Дмитрий Васильевич помог жене сойти с автобуса и вместе с остальными пассажирами, уставшими за три часа дороги, не спеша направился к усадьбе вдоль аллеи с высокими соснами. Девушка в темных очках — молодой экскурсовод — сказала, что они приехали несколько рано и могут часа два побродить по окрестностям. Молодежь отправилась на пляж, а Дмитрий Васильевич и другие решили пройти в деревню Бёхово, которая в живописном беспорядке разбросала свои избы на прибрежных холмах у Оки. Заборов здесь не было,

и лишь заросли акаций и сирени вокруг изб указывали границы домовладений.

Столичных зрителей заинтересовал большой толстый петух, окруженный стайкой коричневых хохлаток, которые деловито копались в куче гнилых поленьев под старой ветвистой ивой. Возле развалившихся сарай с оглоблями, брошенных с какой-то зимы, бродил теленок. За лесистым овражком на пригорке стояла церковь из красного кирпича, в которой странно сочетались и православный, и католический и отчасти даже мавританский стили.

В некоторых местах стены церкви обрушились, но кое-где была видна свежая кладка, а у входа не спеша работали, замешивая цемент, какие-то молодые люди — студенты-реставраторы*.

Один из них — высокий, голубоглазый и рыжебородый — попросил закурить.

* Ими руководил студент МИФИ, а ныне доктор физико-математических наук А.С.Савелов.

— Я не курю, — ответил Дмитрий Васильевич. — А вы что же, восстанавливаете ее? — спросил он.

— Да. Эту церковь построил сам Поленов, и ее решили реставрировать, — ответил рыжебородый и отошел.

Рядом с церковью было полузаброшенное деревенское кладбище, и с высокого обрыва открывался вид на Оку и заливные луга и пашни за ней, и утопающий в сине-зеленом мареве далекий городок Тарусу, где когда-то жили и А.Толстой, и К.Бальмонт, и М.Цветаева, а недавно К.Паустовский.

— В этой церкви, — сказал Дмитрий Васильевич жене, — и был тогда наблюдательный пункт нашей батареи, а в Тарусе и вон там в деревне Кузьмищево стояли немцы...

Потом они вернулись обратно к музею, перед которым на зеленом пятке стоял грубо отесанный камень с выбитой на нем надписью: «Здесь в октябре—ноябре 1941 года был остановлен враг».



Д. В. Сивухин.

В конце ноября

— Митя, давай я тебя сфотографирую, — сказала жена, и он, согласившись, с виноватой улыбкой подошел к камню.

— Гражданин, нельзя по газону ходить, отойдите, — строго сказала девушка в темных очках, хотя он и не заметил газона — трава, яркая, как и везде.

Опять виновато улыбнувшись, он отошел и пристроился в конце группы экскурсантов.

«Василий Дмитриевич Поленов выкупил этот участок земли у крестьян деревни Бёхово в 1892 году — после того, как царь Александр III купил его картину «Христос и грешница», подлинник которой находится в Эрмитаже», — говорила девушка-экскурсовод.

«Поленов очень любил эти места и считал их сердцем русской природы. Этот дом-музей он построил по своим чертежам и написал здесь большинство своих пейзажей, например известную «Золотую осень», — продолжила девушка.

«А Поленова-то почти как меня зовут — только наоборот,» — подумал Дмитрий Васильевич. И еще он вспоминал ту осень. Она тоже была золотая...

В ту осень он — младший и совсем еще молодой лейтенант Дмитрий Сивухин — командовал артиллерийским взводом.

Учась до войны на физическом факультете МГУ, он прошел и курс артиллерийской науки, умел пользоваться таблицами стрельбы и рассчитывать угол возвышения орудия при наводке. Но оказалось, что это еще не вся наука. На фронт Сивухин попал в августе, под Смоленском, когда перегруппировка танковой армии Гудериана для удара на юг дала нашим войскам двухнедельную передышку. Потом его перебросили под Ленинград, потом — под Старую Руссу, где он был ранен и две недели провалялся в госпитале.

С конца сентября грохочущий вал фронта покатился дальше — к сердцу земли русской. Третьего октября немцы неожиданным ударом взяли Орел, когда там еще ходили трамваи по улицам. После госпиталя Сивухин попал в Калугу, под которой немцы несколько задержались — их главные силы были заняты под Вязьмой, где наши армии, будучи в окружении, вели тяжелые бои.

В Калуге Дмитрий Сивухин со своим взводом, солдаты которого были из Кузьминок, что под Москвой, получил пушки. Орудия были старые — образца 1902 года, 76-го калибра с резиновыми, а не пневматическими, как у современных пушек, противооткатными механизмами. Каждую пушку, а их у Сивухина было две, тащила шестерка лошадей, и вот лошадиную-то науку Сивухин не проходил в университете. Впрочем, на каждую лошадь полагался по уставу солдат-ездовой, а орудийный расчет из семи человек шел пешком или ехал на двух снарядных ящиках и лафете, если лошади шли рысью.

Налетов на Калугу не было, и жителей не эвакуировали, но тревожное ожидание висело в воздухе — где-то далеко разворачивалась битва за Москву. В городе кое-где горели здания,

дымились склады ликеро-водочного завода, витрины магазинов были разбиты, а улицы усеяны битым стеклом, ящиками с бумагой. На вокзальной площади толпились солдаты. Дня через три взвод Сивухина направили южнее к Перемышлю на позиции у деревни Плетнево, которую командование решило вернуть контратакой. Его пушки с «ятами» на фирменных знаках, изготовленные еще до революции на Обуховском заводе и отбитые, как говорил комендант склада, еще в Гражданскую войну у генерала Деникина, были вполне добротные, но из-за укороченного ствола для имевшихся снарядов не годились таблицы наводки, позволяющие определять дальность стрельбы. Деревня находилась где-то за лесом, и прицельный огонь было нельзя вести, поэтому Сивухин, прикинув по карте «на глазок», вел огонь шрапнельными зарядами, взрывающимися высоко над деревней. Однако поднявшаяся в атаку рота наших бойцов не смогла дойти до деревни — немцев в ней оказалось не меньше батальона, и атака успеха не имела.

Батарейю Сивухина отвели назад, а 15 октября немецкие танки ворвались в Калугу, и начались дороги отступления.

Другие пушки высвечивали по ночам небо на горизонте сполохами грозных зарниц. А кругом была золотая осень, и паутина блестела по утрам каплями росы в погожие дни, и нескошенные хлеба желтели, раскачиваясь волнами на ветру, и с высоких мест были видны маковки церквей всех окрестных деревень. А потом погода испортилась, и в хмуром небе уже не кружили нудно завывающие рамы-разведчики, а дороги размокли. Под моросящим дождем Сивухин молча ехал верхом, укрываясь плащ-палаткой, если колонна двигалась, а если оставалась, слезал и шел ругаться с лошадьми и солдатами у пушек, увязающих в грязи. У деревни Жуковка усталые ло-

шади часа три тащились в гору по грязи под тывкающие звуки немецких пушек за лесом и хлопающие взрывы, сопровождаемые шмелиным жужжаньем шрапнели.

Их 5-я дивизия, получившая наименование Гвардейской за героическую оборону под Ельней, с боями отходила к Алексину-на-Оке, однако связь со штабом 24-го Гвардейского арtpолка, которым командовал майор Ланский и в который входил взвод Сивухина, была потеряна.

Пехотные части, состоящие из усталых, обросших щетиной солдат в шинелях, перепачканных грязью, шли без дорог по лесам и опушкам. И все же чувствовалось, что главный удар враг наносит где-то в другом месте, и на их участке фронта, который обороняла 49-я армия под командованием генерал-лейтенанта Захаркина, у немцев уже не хватало сил. 20 октября Государственный комитет обороны постановил ввести в Москве и окружающих районах осадное положение — там решалась судьба Родины. А на Оке выпал снег, но дня через два растаял.

Как-то в лесу под Алексиным к ним подошел капитан-пехотинец и сказал, что не знает, где их часть, и попросил Сивухина взять его к себе, хотя был по званию старше. Потом они ехали на юг, потому что грохотало на севере, а потом и с юга поплыли бухающие низкие звуки, и настало время, когда уже нельзя было сказать, где фронт и где немцы. Выехав как-то на опушку, они увидели в километре слева бегающие фигурки людей — то были немцы с минометами. Взрыв третьей мины Сивухин уже не слышал — его оглушило, и через какое-то время он очнулся, придавленный разбитой повозкой, которую они подобрали накануне. Вокруг метались и бились лошади. Рядом лежали еще два бойца с его повозки — видать, уже мертвые. Взрывов больше не было. Дмитрий отполз в сторону и, держась за ствол молодой березки, поднял-



Троицкая церковь в Бёхове. 1985 г.

ся и понял, что не ранен — только оглушен. У другого орудия уже суетился расчет, потом он увидел выстрелы, но не слышал их. Немцев не было видно. У Сивухина на спине в клочья изорвало шинель и телогрейку, но осколки не задели тело. Оставшиеся лошади все же смогли на следующий день, 22 октября, дотащить его пушки до Алексина, который, как оказалось, еще не занят немцами. Здесь скопилось много отступающих частей, и Дмитрий смог разыскать свое начальство — комиссара их арtpолка Добродушева, который сказал, чтобы Сивухин с пушками присоединился к другой батарее, стоявшей на окраине Алексина у Оки.

По Оке плыли трупы лошадей и горелые бревна, из-под Тулы доносилась далекая канонада.

Батарея лейтенанта Зинина, к которой присоединился взвод Сивухина, отрыла блиндажи для орудий, и Сивухин понял, что приказов об отступлении больше не будет. «Пружина сжалась

до предела», — подумал он, вспомнив занятия по физике в университете и чувствуя, что отступать дальше некуда.

По лесам средней России гуляла осень, замечая мокрыми пальцами листьями тропинки у блиндажей с орудиями. По утрам над Окой висели туманы с запахом гари. Холодными зябкими вечерами уходило лето. Природа замирала в ожидании...

Сивухин сидел возле землянки и вслушивался в близкие шорохи леса и далекую канонаду. Чувствовалось, что враг замедлил свой бег по русской земле и тоже, наверное, с тревогой вслушивается в звуки России — грозные звуки...

Через несколько дней, однако, их батарею направили к Серпухову, оттуда круглым путем опять на запад — в деревню Страхово, что совсем рядом с Поленово. Прибыв на место 27 октября и расположив орудия у опушки леса, они попали почти в мирную обстановку и даже спали в избе на охалке сена.

В конце номера

Потом, намечая как-то будущие позиции для своих пушек, Сивухин с политруком их батареи по фамилии Пушкарёв попали в близлежащую деревню Кошкино, где им пришлось заночевать в одной избе у радушных хозяев, к которым только что приехала из Москвы дочь. Она училась на 5-м курсе филологического факультета Московского университета, но в тот год студентов распустили в октябре, выдав дипломы.

Дмитрий разговорился с ней про студенческую жизнь, которую оборвала война, а потом хозяева уложили его и политрука в настоящие постели, и впервые за два с половиной месяца фронтовой жизни Сивухин мирно храпел под скрип сверчка, согретый деревенским уютом.

После двух недель передышки 15 ноября началось последнее — судорожное, отчаянное наступление немцев, которые вдруг увидели, что любой их успех лишь увеличивает силу сопротивления, и не звон победных фанфар послышался им из сер-

дья России, а колокольный, погребальный для них звон...

Они захотели очернить тот светлый край, где древнерусские богомазы писали портреты суровых витязей с поля Куликова, где И.Репин, братья А. и В.Васнецовы, И.Шишкин, И.Левитан и В.Поленов воспевали в картинах ширь полей, могучие стволы сосен и белые платья берез...

К концу ноября фашистские захватчики дошли по левому берегу Оки до речки Протвы — то был предел. А на правом берегу — в деревне Страхово, за музеем Поленова — стояла батарея Сивухина, которая смертельным огнем встретила немцев, вливая гул своих орудий в яростную битву обороняющейся Москвы, где враги были остановлены и отброшены назад.

Истощив силы под Москвой, немцы на Оке уже не могли предпринять активных действий и занялись мародерством — хватали кур и стреляли в коров и собак.

Лейтенант Сивухин оборудовал наблюдательный пункт сво-

ей батареи в Бёховской церкви, на высоком правом берегу Оки, в километре-двух от музея.

В свое время иконы для этой церкви писали И.Репин, А.Головин, Е.Татевосян, но иконы не сохранились.

На склонах холма есть небольшое деревенское кладбище, где и похоронен Василий Поленов, удостоенный вскоре после революции звания первого народного художника СССР. Фашистские варвары не смогли осквернить его могилу и музей, как они это сделали с усадьбой Льва Толстого под Тулой. Батарея лейтенанта Сивухина не подпустила их к святыням памяти народной. Лишь однажды фашисты, переправившись ночью через Оку, украли у крестьян Бёхова кур и убили пасечника. Ряд изб в деревне был разрушен немецкими снарядами, пострадала и церковь. А потом фашистских захватчиков погнали и от Москвы-реки, и от Оки.

Вот так и провел в 1941 году лейтенант Дмитрий Васильевич Сивухин месяц в Поленово. ■

ПРИРОДА

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
Е.А.ПИМЕНОВА

Графика, верстка:
Д.А.БРАГИН

Свидетельство о регистрации
№1202 от 13.12.90

Учредитель:
Российская академия наук,
президиум
Адрес издателя: 117997,
Москва, Профсоюзная, 90

Адрес редакции: 119991,
Москва, ГСП-1, Мароновский пер., 26
Тел.: 238-24-56, 238-25-77
Факс: (095) 238-24-56
E-mail: priroda@naukaran.ru

Подписано в печать 12.12.2005
Формат 60×88 1/8
Офсетная печать, усл. печ. л. 10,32,
усл. кр.-отт. 67,8 тыс., уч.-изд. л. 12,2
Заказ 948
Набрано и сверстано в редакции

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