

ПРИРОДА

1 07



В НОМЕРЕ:**3 «ПРИРОДЕ» — 95!****Слово — Станиславу Лему (4)****Пятнадцать писем о «Природе»**
(публикация Н.В.Успенской) (5)**14 Бородин П.М.****Генетическая рекомбинация в свете эволюции**

Этот один из самых важных и загадочных генетических процессов был открыт в начале XX в. Однако до сих пор продолжаются бурные дебаты о том, зачем вообще нужна рекомбинация.

23 Ярошевский А.А.**О парадигме геологии**

Огромный объем эмпирического материала, невозможность непосредственно наблюдать геологические процессы прошлого сильно осложняют создание в геологии логических конструкций, в какой-то степени приближающихся к теориям, присутствующим таким фундаментальным наукам, как физика и химия.

26**Калейдоскоп**

Ледовая летопись климата (26). «Тибетский лифт» для поллютантов (26). Открыты подводная гора и гидротермалы (54). Улитка путешественница (54).
Коротко (22, 79)

27 Акципетров О.А.**Наблюдаемо ли комбинационное рассеяние света от одиночной молекулы?**

Для специальных поверхностных металлических структур в конце 70-х годов прошлого века совершенно неожиданно было обнаружено резкое усиление многих оптических эффектов. В наши дни один из них — гигантское комбинационное рассеяние света — позволяет изучать свойства одиночной молекулы.

Научные сообщения**35 Никонов А.А.****Цунами в глубине**
Кольского полуострова?**Флоренский П.В.****Уникальные кадры (38)****40 Чернявский Е.Б.****Что есть Каспий и как его поделить?**

Эти вопросы возникли, когда количество прикаспийских стран в 90-х годах увеличилось с двух до пяти. Дело в том, что при разделе Каспия нужно учитывать не только политические проблемы, но и то, что это не море в общепринятом значении, а озеро с неустойчивым уровнем.

49 Кизильштейн Л.Я.**Фрамбуидальный пирит причастен к возникновению жизни на Земле?**

В качестве первичного субстрата для начального синтеза органических соединений рассматривались многие минералы, однако пирит единственный мог не только обеспечивать взаимодействие между органическими молекулами, но и служить источником энергии для таких взаимодействий.

55 Глазкова Е.А., Глазков П.Б.**Таинственный архипелаг в Финском заливе****67 ЛАУРЕАТЫ НОБЕЛЕВСКОЙ ПРЕМИИ 2006 ГОДА****Сажин М.В., Хованская О.С.****По физике —**
Дж.Мазер и Дж.Смут**Поляновский О.Л.****По химии — Р.Корнберг (72)****Кленов М.С.****По физиологии или медицине —**
Э.Файер и К.Мэллоу (76)**Встречи с забытым****80****«Природные» старости****Рецензии****92 Копаев Ю.В.****«Нобелевская» автобиография**
(на книгу: В.Л.Гинзбург.

О сверхпроводимости и о сверхтекучести. Автобиография: Сборник статей и выступлений)

Кутателадзе С.С.**Хроническая риторика**

(на книгу: С.Е.Шилов. Риторическая теория числа) (93)

95**Новые книги**

CONTENTS:

3 «PRIRODA» Celebrates its 95 Anniversary

Stanislav Lem writes (4)

Fifteen letters about «Priroda»
(publication by N.V.Uspenskaya) (5)

14 Borodin P.M.

Genetic Recombination in Evolution Perspective

This utmost important and mysterious genetic process was discovered in the beginning of 20 century. But until now heated debates continue what for the recombination is needed.

23 Yaroshevsky A.A.

On Paradigm of Geology

Vast amount of empirical data and impossibility to observe geological processes of the past directly strongly impede creation of logical constructs in geology that can to some extent approach rigor of theories devised in such fundamental sciences as physics and chemistry.

26 Kaleidoscope

Ice Record of Climate (26). «Tibetan Lift» for Pollutants (26). Underwater Mountain and Hydrothermal Spring are Discovered (54). A Nomadic Snail (54).
In Brief (22, 79)

27 Aktsipetrov O.A.

Is It Possible to Observe Raman Scattering from a Single Molecule?

Strong enhancement of optical effects was unexpectedly observed for some type of surface metal nanostructures. Nowadays one of these effects, surface-enhanced Raman scattering, is widely used to study properties of single molecules.

Scientific Communications

35 Nikonov A.A.

Tsunami in the Heart of Kola Peninsula

Florensky P.V.

Unique photographs (38)

40 Chernyavsky E.B.

What Caspian Sea Really Is and How to Divide It?

These questions arose when the number of near-Caspian states in 90-ties increased from two to five. The point is that while dividing Caspian Sea it is necessary to consider not only political problems, but the fact that it is not a sea in commonly accepted sense, but a lake with unstable water level.

49 Kizilshtein L.Ya.

Framboidal Pyrite Was Involved in Emergence of Life on Earth?

Different minerals were considered as a primary substrate for initial synthesis of organic compounds, but only pyrite could combine properties of catalyst and energy source for these reactions.

55 Glazkova E.A., Glazkov P.B.

Mysterious Archipelago in Gulf of Finland

67 NOBEL PRIZE WINNERS OF 2006

Sazhin M.V., Khovanskaya O.S.

In Physics – J.Mather and G.Smoot

Polyanovsky O.L.

In Chemistry – R. Kornberg (72)

Klenov M.S.

In Physiology or Medicine – A.Fire and C.Mello (76)

Encounters with Forgotten

80

From Old Pages of «Priroda»

Book Reviews

92 Kopaev Yu.V.

«Nobel» Autobiography

(on book: V.L.Ginzburg. On superconductivity and superfluidity. Autobiography: Collected papers and speeches)

Kutateladze S.S.

Chronic Rhetoric

(on book: S.E.Shilov. Rhetorical theory of number) (93)

95

New Books

«ПРИРОДЕ» — 95!



ЯНВАРЬ.

Отъ редакціи.

Проф. Л. В. Писаржевский

Бекетова.

Проф. К. Д. Покровский

падающихъ звѣздъ.

Проф. И. И. Боргманъ

физикъ.

Проф. Г. В. Вульфъ

у кристалловъ и

Проф. В. А. Вагнеръ

вотныхъ

очеркъ).

Прив.-доц. А. В. Неймаркъ

на строеніе

Проф. Л. В. Писаржевскій

Менделѣва.

Нашему журналу исполнилось 95 лет. Дата не вполне круглая, но значительная.

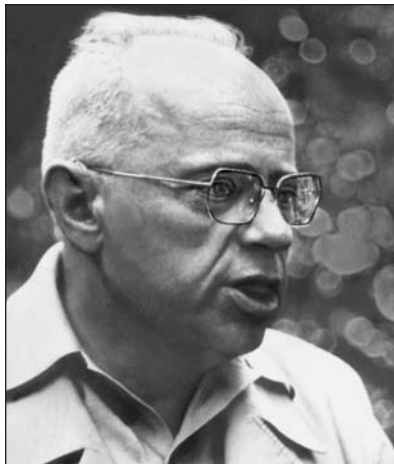
Журнал непрерывно выходил все это время, пережив две смены государственной власти, войны Гражданскую и две мировые. В этом отношении наше издание уникально. Некоторые российские журналы пытаются утверждать, что они вроде бы и старше. Но это противоречит фактам — просто сравнительно новые издания иногда принимают названия давно угаснувших. Наш истинный ровесник и конкурент по непрерывности — газета «Правда». Но она не пережила революции 90-х, ее уничтожили как слишком сильный «бренд». И, заметим, поделом — содержание противоречило названию.

Содержание «Природы» всегда соответствовало ее названию, хотя А.П.Чехов, незадолго до своей кончины обсуждавший с В.А.Вагнером, создателем нашего журнала, его задачи и структуру, предлагал дать ему другое имя — «Натуралист» — и обдумывал, не стать ли его редактором. К сожалению, тогда предприятие не состоялось.

«Природа» начала выходить в Москве в январе 1912 года под редакцией уже упомянутого В.А.Вагнера и Л.В.Писаржевского — крупнейших естествоиспытателей, которых вскоре на их посту главных редакторов сменила великая троица: Н.К.Кольцов, Л.А.Тарасевич, А.Е.Ферсман. С 1921 года журнал стал печататься в Петрограде как издание Комиссии по изучению производительных сил России, входившей в состав Академии наук. С тех пор «Природа» — академический журнал. Девиз его не изменился — наука из первых рук. Редакторы и авторы — те же, научная элита страны. В 1952 году «Природа» вернулась в Москву.

Перелистывая толстые подшивки за 95 лет, мы встречаем статьи таких всемирно известных деятелей науки, как И.П.Павлов, В.И.Вернадский, братья Н.И. и С.И.Вавиловы, А.Д.Сахаров, Я.Б.Зельдович и многие, многие другие. Поистине из статей «Природы» за время ее существования можно было бы составить антологию русской естественнонаучной классики.

Слово — Станиславу Лему



Польский писатель Станислав Лем (1921—2006) не нуждается в представлении. Его научная фантастика и научно-философские трактаты и очерки на протяжении многих лет пользуются успехом у российских читателей. Врач по образованию, он пристально следил за событиями, которые происходили в биологии и медицине, и немедленно реагировал на них философскими обобщениями, попутно захватывая широчайший круг тем — от социологии и этики до проблем космологии. «Я всегда был приверженцем широко понимаемого естествознания», — признался он однажды. И уточнил: «Эволюция — главный объект моих занятий, увлечений, удивлений и потрясений».

В «Природе» знаменитый автор печатался по меньшей мере пять раз. Две статьи — «Принцип разрушения как творческий принцип» (1987. №9) и «Стратегия паразитов, вирус СПИДа и одна эволюционная гипотеза» (1989. №5) — были написаны специально для журнала.

Станислав Лем был давним читателем «Природы» — полагаю, с конца 1940-х годов. Интересовал его едва ли не весь научный диапазон журнала, но прежде всего публикации по биологии, физике, космологии. Ссылки на «Природу» можно найти в его главном научно-философском трактате «Сумма технологий» (1964), где ссылок на литературу вообще крайне мало.

С 1991 г., когда подписка на российские журналы в Польше практически прекратилась, я высылал ему из Москвы несколько литературных журналов и «Природу». Литературные журналы Лем, сколько я могу судить, скорее просматривал, чем читал; зато «Природу» читал внимательно, часто упоминал о ней в письмах и был всерьез озабочен ее судьбой. Некоторые из этих упоминаний приводятся далее.

© Константин Душенко, переводчик

28 дек. 1991 г.

За «Природу» большое спасибо, там много ценного материала, хотя и СТРАШНОГО. Это просто чудо, что после стольких ударов российская наука не скончалась сразу.

4 фев. 1994 г.

...Получил бандероль с «Природой», для меня бесценной.

22 фев. 1994 г.

С ужасом читал о состоянии российской науки. Вот уж точно беда: ведь можно голодать и выжить, но выжить без науки невозможно.

11 мая 1994 г.

Я уже не успеваю читать даже польскую литературу, потому что на первом месте у меня литература научная («New Scientist»); вот почему так важна для меня «Природа».

11 июля 1994 г.

Внимательно читаю научную периодику и думаю, что «Природа» гораздо лучше французской «Science et Vie» — она более профессиональна и не гонится за глупыми, дешевыми сенсациями.

7 нояб. 1994 г.

Огорчило меня снижение тиража «Природы» до 7 тыс. экземпляров. Это фатально!

7 июля 1999 г.

Спасибо за бандероль с русскими журналами. «Природа» была для меня особенно ценной, поскольку научный уровень многих статей выше, чем уровень материалов в англо-американской печати, диктуемый коммерческими соображениями.

14 нояб. 2000 г.

Благодарю за очередные бандероли. Как вижу, «Природа» благополучно выходит в новом формате. Если бы это могло помочь, я пожелал бы редакции увеличения тиража.

Пятнадцать писем о «Природе»

Все 15 писем, с которыми мы предлагаем познакомиться нашим читателям, написаны Николаем Константиновичем Кольцовым и адресованы одному лицу — Александру Евгеньевичу Ферсману. Письма охватывают период 1915–1922 гг. Можно полагать, что переписка (включая несохранившиеся ответы Ферсмана) была гораздо более интенсивной. Но она пришлось на время больших утрат.

В письмах нет ничего личного. Все они — только о «Природе». Их автор, Николай Константинович Кольцов (1872–1940), вошел в историю науки как классик в области экспериментальной биологии, предвосхитивший своими трудами важнейшие положения современной молекулярной биологии и генетики. По счастью, о нем не скажешь: «Он знал одной лишь думы власть, одну, но пламенную страсть». Страсть к биологии не заслоняла от него мир в самых разных его проявлениях. Иначе зачем бы ему браться за такое хлопотное дело, как издание «Природы»? С 1914 г. он — ее редактор. Можно бы сказать, что главный. Это верно по сути. На титульном листе значились еще два редактора — ближайший ученик Вернадского, выдающийся геохимик и минералог Александр Евгеньевич Ферсман (1883–1945), ставший крупным организатором науки и ее блестящим пропагандистом, и Лев Александрович Тарасевич (1868–1927), ученик Мечникова, основатель первой в стране станции по переливанию крови, микробиолог, эпидемиолог. Во время Первой мировой войны он выезжал на фронты, где проводил вакцинации для предотвращения эпидемий, санитарную работу. При этом был большой меломан, знал множество итальянских арий и в свое время неплохо их исполнял.

Тарасевич стал редактором «Природы» в 1913 г., а Ферсман — в 1917 г., хотя оба неформально вошли в дела журнала с момента его основания В.А.Вагнером и Л.В.Писаржевским.

«В скромных, трудных условиях начиналось дело “Природы”, — вспоминал Ферсман в 1927 г. в связи с кончиной Тарасевича. — На задворках старенького дома на Малой Лубянке, среди угроз описи личного имущества, среди совершенно исключительных условий рождалась “Природа”». В письме к Вернадскому, датированном июлем 1912 г., Ферсман сообщает ему: «Сейчас подписал к печати *первый очерк по геохимии* в “Природе”: что такое минералогия? — Выйдет 15 августа. Одновременно кончил статью “За цветным камнем” в “Природу” с фотографиями...». А в декабре того же года: «Получил письмо от Писаржевского; предлагает секретарство журнала “Природа”» (Архив РАН. Ф.518. Д.1705. Ед.хр. 26 и 24). От секретарства Ферсман отказался, но на протяжении последующей жизни отдавал журналу много сил и чувствовал за него свою ответственность.

Пора бы перейти к письмам. По мере сил прокомментированы встречающиеся в них имена и события. Но на одной фигуре, время от времени упоминаемой Кольцовым, хотелось бы остановиться особо. Это младший брат Льва Александровича Тарасевича Алексей Александрович. Его имя не появлялось в выходных данных журнала. Но в Архиве РАН, в фонде Ферсмана, хранится увесистая пачка писем за подписью секретаря редакции А.А.Тарасевича, которые с несомненностью свидетельствуют, что на протяжении нескольких лет он нес на своих плечах груз повседневных редакционных обязанностей: «Корректуру веду я, да и вообще все делаю я, т.к. из-за недостатка средств расширять штат служащих невозможно», — признается он в 1914 г. в ответ на упрек по поводу опечаток [Архив РАН. Ф.544. Оп.7. Ед.хр.156]. Он организует товарищество для расширения издательской деятельности «Природы», заключает договоры с типографиями, рассчитывает гонорар, ведет переписку.

Биография Алексея Александровича Тарасевича осталась бы по сей день нам неизвестной, если бы в РГАСПИ (Российском государственном архиве социально-политической истории XX в.), в делах Департамента полиции, не сохранилась такая справка:

«По делам департамента известен сын надворного советника Алексей Александрович Тарасевич, родившийся в 1873 г. и бывший воспитанником Одесского и Санкт-Петербургского реальных училищ, который в 1895 г. ввиду знакомства и сношения с неблагонадежными в политическом отношении лицами, по распоряжению департамента полиции, был подчинен негласному надзору».

Справка датирована 1911 г. Спустя год он уже в Москве и целиком поглощен «Природой».

1. Кольцов — Ферсману

Москва, 29 августа 1915 г.

Многоуважаемый Александр Евгеньевич!

Я очень рад, что Вы задумали организовать при «Природе» отдел использования богатств России¹. Конечно, это дело очень нелегкое, и на его организацию понадобится привлечение новых сил. Ведь мы беремся отвечать на запросы самых различных читателей и, помещая их письма, давать на них ответственные разъяснения. Некоторые из вопросов висят в воздухе и требуют руководящих статей. При Военно-Технич. комиссии Всеросс. Земск. и Гор. Союзов, в кот[орой] я состою уполномоченным, образовалась Рудная комиссия, кот[орая] недавно заседала в первый раз под председател[ством] Самойлова² и в присутств[ии] обоих Павловых³, Соколова⁴ и др. Мне кажется, следовало бы воспользоваться работой этой комиссии, но я не хотел привлекать кого-либо из геологов-минералогов помимо Вас. Поэтому сообщаю Вам для выполнения некоторые планы.

1. Желательна статья о русской селитре. Как специалисты указывались: Осипович (Кисловодск, собств. д., Герасимов-Безбородко — поехал из Петрограда на Кавказ по поручению Военно-Техн. комиссии; Павел Прокоф[ьевич] Уваров (Москва)⁵.

2. Статья об алюминии — спец[иально] интересе[ется] Влад. Вас. Аршинов⁶, который печатал в «Записках Минералогического Общества» об минерале водного сульфата ал[юминия] близ Бахмута, и командиров[ал] кого-то в «Нью-Йорк» искать игнат[ьевит], в Кисловодск за левинитом и в Омск за вокситом.

3. Статья о серном колчедане — я мог бы просить о ней технолога Ушкова⁷, кот[орый] недавно привез ценные сведения о промышленности на Урале, но, может быть, лучше минерал[ога]. Статьи о сере, соде (сопки Керчи и Кавказа), меди и проч. По биологической части мне не приходило в голову легко осуществимых и интересных статей. Надо было бы статьи о пушном звере, о гибели зубров, о фармакологии, но меховщика и хорошего фармаколога у меня нет на примете. Не можете ли отыскать?

Ваш Ник. Кольцов

Желательно было бы просить Вашего заключения о Лутугине⁸, который идет в сентябре. Поместим о нем большую статью, т.к. человек он интересный. Не возьмется ли за эту статью кто-либо из петроградцев — м[ожет] б[ыть], Вы сами? Если не найдете, то сообщите, чтобы поискать.

¹ С ноября 1915 г. в журнале появилась и стала постоянной рубрика «Природные богатства России».

² Самойлов Яков Владимирович (1870—1925). Труды по литологии и минералогии осадочных пород, биогеохимии и др. Организатор и первый директор НИИ удобрений и инсекто-фунгицидов, который теперь носит его имя.

³ Павлов Иван Петрович (1849—1936), академик Петербургской АН и АН СССР, физиолог, лауреат Нобелевской премии (1904).

Павлов Александр Петрович (1854—1929), академик Петербургской АН и АН СССР. Труды по стратиграфии, палеонтологии, геоморфологии, истории геологии и др.

⁴ Возможно, Соколов Владимир Дмитриевич (1855—1917), геолог, труды по геологии Крыма, гидрогеологии, горючим ископаемым.

⁵ В ноябрьском номере 1915 г. опубликован небольшой материал «К запасам селитры в России». Подпись А.Ф. (Александр Ферсман). См. также: Ферсман А.Е. Руды алюминия в России // Природа. 1915. №10.

⁶ Аршинов Владимир Васильевич (1879—1955), доктор геолого-минералогических наук, один из учредителей института «Литогеа», переименованного во Всесоюзный институт минерального сырья.

⁷ Возможно, имеется в виду Ушаков Сергей Николаевич (1893—1964), химик-органик. С 1943 г. член-корреспондент АН СССР.

⁸ Лутугин Леонид Иванович (1864—1915), геолог, исследователь угольных месторождений. В сентябрьском номере 1915 г. опубликован его некролог.

2. Кольцов — Ферсману

Москва, 19 октября 1915 г.

Многоуважаемый Александр Евгеньевич!

На последнем редакционном собрании мы решили обратиться к Обручеву¹ с просьбой написать статью о Потанине². Я говорил с ним об этом и получил обещание. Один из наших коллег С.Г. Григорьев³ предложил пригласить Обручева в состав редакции — ведь мы давно беседовали о необходимости привлечения геолога. Я лично Обручева совсем не знаю, но от Кулагина⁴ слышал самый лучший отзыв о нем, как о человеке, с которым приятно работать. Попрошу сообщить Ваше мнение, и тогда мы обсудим этот вопрос.

Уваж. Вас Ник. Кольцов

Хорошо бы открыть почтовый ящик в ноябрьской книжке⁵.

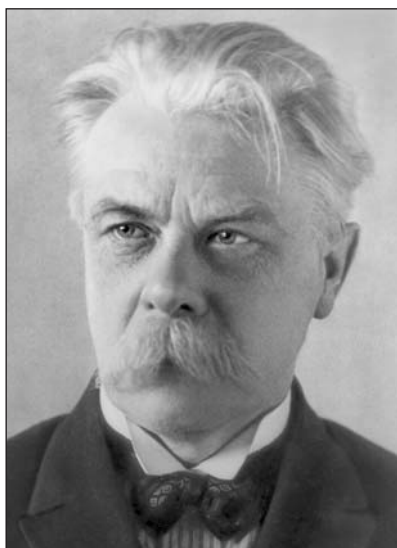
¹ Обручев Владимир Афанасьевич (1863—1956), геолог и географ, впоследствии академик АН СССР. Исследователь Сибири, Центральной и Средней Азии. Автор научно-популярных книг «Плутония» (1924), «Земля Санникова» (1926) и др.

² Потанин Григорий Николаевич (1835—1920), исследователь Центральной Азии и Сибири. Статья Обручева о Потанина была опубликована в «Природе» (1916. №1).

³ Григорьев С.Г., магистр географии, постоянный сотрудник журнала. См., напр.: Несколько слов о географии и страноведении // Природа. 1913. №1.

⁴ Кулагин Николай Михайлович (1860—1940), зоолог и энтомолог, член-корреспондент Петербургской АН, затем АН СССР и ВАСХНИЛ. С первых лет «Природы» постоянный сотрудник и автор многих статей.

⁵ Раздел «Почтовый ящик» появился в конце 1916 г.



Николай Константинович Кольцов.



Александр Евгеньевич Ферсман.



Лев Александрович Тарасевич.

3. Кольцов — Ферсману

Москва, 19 октября 1915 г.

Многоуважаемый Александр Евгеньевич!

Наши письма по очень близкому вопросу разошлись. Сегодня я писал Вам об Обручеве и получил сообщение о согласии Борисяка¹. Очень рад последнему и полагаю, что мы сможем поместить его имя в ноябрьской книжке — обложка октябрьской уже напечатана. Как быть с Обручевым²? Без Вашего отзыва мы, конечно, обсуждать предложение С.Г.Григорьева не станем.

Уваж. Вас Ник. Кольцов

¹ Борисяк Алексей Алексеевич (1872—1944), геолог и палеонтолог, впоследствии академик АН СССР. Инициатор создания и первый директор Палеонтологического института АН СССР. Возглавлял журнал «Природа» с 1931 по 1935 г.

² С ноября 1915 г. В.А.Обручев упоминается в списке редакторов отделов.

4. Кольцов — Ферсману

Москва, 15 декабря 1915 г.

Многоуважаемый Александр Евгеньевич!

Мне кажется желательным поместить в январской книжке «Природы» краткий отчет о наших лекциях¹. Напишите, пожалуйста, идейное содержание своей лекции в размере приблизительно одной колонки петиита. Я надеюсь, что на праздниках вы побываете в Москве и мы устроим редакционное совещание. Будет С.И.Метальников², и я пишу приглашение также Л.А.Чугаеву³. Не сговоритесь ли Вы о сроке, наиболее удачном для Вас? Прошу еще об одной справке: где издают-

ся «Гидрологический Журнал»⁴, куда посылать подписные деньги и сколько? Спрашивают подписчики «Природы».

Уваж. Вас Ник. Кольцов

¹ В это время «Природа» брала на себя посреднические функции — связь между научными обществами, сбор и предоставление информации о производительных силах страны, проводила циклы лекций, которые потом публиковались в виде статей и книг.

² Метальников Сергей Иванович (1870—1946), биолог. Изучал проблемы внутриклеточного пищеварения у низших животных. Под влиянием Мечникова увлекся вопросами иммунитета. Опубликовал большое число трудов по этой теме. Тесно сотрудничал с «Природой». В 1930 г. эмигрировал во Францию. Большую известность приобрели его опыты по бессмертию клетки, послужившие основой книги «Проблема бессмертия и омоложения в современной биологии» (Берлин, 1924).

³ Чугаев Лев Александрович (1873—1922), химик, основатель отечественной школы по химии комплексных соединений. Открыл реактив для определения никеля. Разработал метод синтеза углеводов. Активный сотрудник и автор журнала.

⁴ Возможно, название неточно. С 1891 по 1935 г. выходил ежемесячный научно-популярный журнал «Метеорологический вестник», в котором публиковалось много материалов по гидрологии.

5. Кольцов — Ферсману

Москва, 20 декабря 1915 г.

Многоуважаемый Александр Евгеньевич!

Спасибо за присылку первого выпуска «Материалов для изучения естеств[енных] произв[одительных] сил России», а также оттисков о Боровичевском каменном угле. Думаю, что обо всем

этом должны появиться маленькие заметки в «Природе». Из больших статей по природным богатствам у нас имеется интересная агрономическая статья об «Урожаях в России», сюда же, пожалуй, можно причислить и статью проф. Кузнецова — «Ботаника и война»¹.

Обручев почему-то отказывается от ведения геологического отдела, ссылаясь на то, что он принял на себя редакторство «Рудного Вестника» — издания Земского и Городского союзов. Я просил его отложить окончательный ответ до нашего общего редакционного собрания, рассчитывая, что петроградцы придут в Москву на праздник. Метальников пишет, что будет в начале января.

Подписка на «Природу» идет очень успешно — вдвое больше подписчиков, чем на то же число год назад. А.А.Тарасевич полагает, однако, что это отчасти объясняется привычкой к журналу старых подписчиков, но он всегда слишком осторожен в надеждах.

Уваж. Вас Ник. Кольцов

P.S. Напомните Вернадскому про статью о Краснове².

¹ Кузнецов Николай Иванович (1864—1932), ботанико-географ, член-корреспондент Петербургской и АН СССР. Основные работы посвящены флоре Кавказа. Статья «Война и ботаника» опубликована в «Природе» в 1916 г. (№1).

² Статья В.И.Вернадского об А.Н.Краснове (1862—1914), ботанике и географе, одном из создателей Батумского ботанического сада, опубликована в «Природе» в 1916 г. (№10).

6. Кольцов — Ферсману

Москва, 16 января 1916 г.

Многоуважаемый Александр Евгеньевич!

Мы предполагаем организовать при теперешнем издательстве «Природа» издание только справочных книг, определителей и путеводителей по русским областям, а для остальных тем научного издательства устроить — в фамильной связи с «Природой», но самостоятельное — паевое товарищество и собирать паи от всех сочувствующих по 50 руб.¹. Проект Устава этого Товарищества Вы получите от А.А.Тарасевича через неделю. Мы думаем, что одновременно с опубликованием такого проекта должна быть развита подробная широкая программа намечающейся деятельности², и мне рисуются три категории этих изданий. Я очень просил бы Вас дать список желательных изданий по каждой категории и сообщить, не находите ли вы желательным включить еще какую-либо категорию, или приведенные охарактеризовать иначе. Ваш ответ послужит материалом для составления проспекта, который будет опубликован лишь после Вашей корректуры.

I. Русские классики. Кого желательно издать из умерших минералогов и геологов, полное сочинение или избранные статьи? Статьи, написанные на иностранном языке, должны быть переведены, не правда ли?

II. Оригинальные работы. Желательно получить указания двоякого рода: а) Какие темы обзорного характера могли бы быть предложены русским ученым? б) Какие из русских минералогов и геологов могли бы написать книги по вопросам, над которыми они сами работали и сделали кое-что нового? Этот отдел кажется наиболее трудно осуществимым, но и наиболее интересным. От авторов мы должны были бы получить лишь принципиальное согласие, не стесняя коих никакими сроками.

III. Переводные книги. — Следует прямо указать ряд названий, отметив лишь очередь осуществления. Я предлагаю эти вопросы кроме Вас и (неразборчиво) петроградским редакторам — Метальникову, Чугаеву, Борисяку и Комарову³.

Не забудьте о выполнении обширной программы статей и заметок по минералогии, намеченной в Москве. У меня записаны за Вами следующие темы: проф. Борисяк — Олонецкий край; Преображенский⁴ — Памирский обвал; Сушинский⁵ — Драгоценные камни на Байкале; Левингсон-Лессинг⁶ — Платина; Масальский⁷ (Вы мне обещали сообщить его адрес) — Хлопководство.

Очень желательны библиограф. заметки.

Уваж. Вас Ник. Кольцов

¹ Через год после основания «Природы» ее редакторы и издатели, именовавшие себя издательством «Природа», приступили к выпуску сразу двух периодических книжных серий — «Библиотека — Природа» и «Основные начала естествознания». Позднее «Природа» предпринимала попытки организовать выпуск еще нескольких серий. За 1913—1918 гг. вышло, по-видимому, 40 книг. Точными цифрами оперировать трудно, так как книжных летописей за эти годы практически не существует. Восстановить списки книг удалось благодаря тому, что журнал не забывал рекламировать свои издания, и почти все они (конечно, в разрозненном виде), по счастью, сохранились в Российской государственной библиотеке.

² Реклама, опубликованная на 3-й странице обложки №4 журнала за 1917 г., дает достаточно полное представление о размахе книжной деятельности издательства «Природа». Отметим, что в серии «Русские классики», получившей окончательное название «Классики естествознания», успели выйти объявленные книги И.П.Павлова, И.И.Мечникова, А.П.Карпинского. С 1922 г. эта серия начинает издаваться в Госиздате. В редколлегия входят Н.К.Кольцов, П.П.Лазарев, Л.А.Тарасевич.

³ Комаров Владимир Леонтьевич (1869—1945). Труды по систематике, флористике и географии растений. Исследовал флору Дальнего Востока. Президент АН СССР (1936—1945).

⁴ Преображенский Павел Иванович (1874—1944), доктор геолого-минералогических наук. Основные труды — о соляных месторождениях. Проводил также исследования в Ленском-Витимском и Байкальско-Ленском золотоносных районах.

⁵ Сушинский Петр Петрович (1875—1937?), геолог, с 1927 г. председатель Северо-Кавказского отделения Геолкома. В 1931 г. арестован, находился в лагере на о.Вайгач, работал

ПРѢСНОВОДНАЯ ФАУНА ЕВРОПЕЙСКОЙ РОССІИ.

ПРѢСНОВОДНАЯ ФЛОРА ЕВРОПЕЙСКОЙ РОССІИ.

Прѣсноводная фауна.

подъ редакціей

проф. **Н. К. Кольцова.**

Въ изд. приним. участ. 41 сотруди.

Цѣль изданія—дать интересующимся русской природою возможность подробнаго ознакомленія съ жизнью прѣсной воды и содѣйствовать расширенію изслѣдованія по русской фаунѣ.

Изданіе будетъ выходить выпусками, которые будутъ продаваться отдѣльно или по подпискѣ. (Объ условіяхъ подписки см. средній столбецъ).

НАМѢЧНЫЕ СЛѢДУЮЩІЕ ВЫПУСКИ:

1. Общая гидробиологія. I. Связь между организмами и водной средой. II. Физико-химическія условія существованія водныхъ организмовъ. III. Методика собиранія водныхъ животныхъ.
2. Географическое распределение прѣсноводныхъ организмовъ.
3. Прикладное значеніе прѣсноводныхъ организмовъ.
4. Простейшія Саркодовые.
5. Простейшія Биченосцы.
6. Простейшія Споровые.
7. Простейшія Инфузоріи.
8. Губки. Кишечнополостныя. Рѣсничные черви, немертины.
9. Сосальщики.
10. Ленточные черви.
- 11а. Свободно живущіе круглые черви.
- 11б. Паразитич. круглые черви.
12. Колючеголовые черви.
13. Коловратки и гастротрихи.
14. Малощетинковые и пиявки.
15. Моллюски и мшанки.
16. Паукообразныя.
17. Ракообразныя I. Листонія, Cladocera.
18. Ракообразныя II.
19. Стрекозы.
20. Чешуекрылые, поденки, веснянки.
21. Сѣточкокрылые, перепончатокрылые, полужесткокрылые и Colembola.
22. Ручейники.
23. Двукрылые.
24. Жуки.
25. Позвоночныя.

Прѣсноводная флора

подъ редакціей

проф. **В. М. Арнольди.**

Въ изданіи принимаютъ участіе:

М. А. Алексенко, В. М. Арнольди, С. М. Вислоухъ, Л. И. Волковъ, А. А. Еленкинъ, Б. Л. Исаченко, В. И. Казановскій, А. А. Коршиковъ, Л. В. Рейнгартъ, Я. В. Роль, М. Я. Саевковъ, Д. О. Свиренко, В. Н. Сукачевъ, Л. А. Шкорбатовъ.



КЛАССИКИ ЕСТЕСТВОЗНАНІЯ

Отдѣльные вѣщички этого изданія составляютъ серію, въ которую войдутъ избранные научные труды по естествознанію, въ первую очередь русскихъ ученыхъ. Каждому ученому предполагается посвящать отдѣльный выпускъ, но въ некоторыхъ случаяхъ труды ученыхъ той или иной школы могутъ быть объединены въ одномъ сводномъ выпускѣ, задачей котораго явится изложене и характеристика опредѣленнаго научнаго теченія.

Статьи, напечатанныя на иностранныхъ языкахъ, дѣлутъ я въ русскомъ переводѣ. Въ выпуски будутъ одного и того же формата, въ однообразныхъ переплетахъ и составятъ бібліотеку классиковъ естествознанія.

Скоро выйдутъ изъ печати.

И. И. Мечниковъ. Лекціи по сравнительной теоріи воспаления. Подъ ред. и съ пред. проф. Л. А. Тарасевича.

И. П. Павловъ. Лекціи о работѣ пищеварительныхъ железъ.

Готовятся къ печати:

М. В. Ломаносовъ. Избранныя работы подъ ред. и съ пред. акад. П. И. Вальдена.

Ф. А. Бредихинъ. Избр. работы подъ ред. С. К. Костинскаго, проф. К. Д. Покровскаго и Г. Ф. Палака.

А. Г. Столетовъ. Актино-электрическія изслѣдованія. Подъ ред. и съ пред. проф. П. П. Лазарева.

В. В. Петровъ, Ладыгинъ и П. Н. Яблочковъ. (Русская электротехника) Подъ ред. и съ пред. К. И. Шенфера.

В. О. Ковалевскій. Избранныя палеонтологическія работы. Подъ ред. и съ пред. А. А. Борисяка.

А. О. Ковалевскій. Избранныя работы по эмбриологіи. Подъ ред. и съ пред. К. Н. Давыдова и С. И. Метальникова.

Гурьевъ, Родіи, Спалланцани. О зарожденіи живыхъ существъ (экспериментальная биологія въ XVII и XVIII столѣтіяхъ). Подъ ред. и съ пред. Н. К. Кольцова.

Луи Пастеръ. Избранныя работы. Подъ ред. и съ пред. Л. А. Тарасевича.

Условія подписки на „Клас. Ест.“ „Прѣсн. фауну“ и „Прѣсн. флору“

Лица, желающія обезпечить себѣ своевременное получене отдѣльныхъ выпусковъ по мѣрѣ ихъ выхода въ свѣтъ, высылаютъ 10 рублей, послѣ чего вносятся въ число подписчиковъ на это изданіе.

Подписчики на это изданіе пользуются скидкой съ номинальной цѣны въ размѣрѣ 10%. Если они одновременно состоятъ подписчиками и на журналъ „Природа“, то они пользуются скидкой до 20%.

Высланные 10 рублей погашаются стоимостью (за вычетомъ скидки) высланныхъ по мѣрѣ ихъ выхода выпусковъ изданія, послѣ чего дальнѣйшая высылка прекращается до полученія отъ подписчика слѣдующаго десятирублеваго взноса.

Цѣна отдѣльныхъ выпусковъ будетъ опредѣляться въ зависимости отъ ихъ объема и вообще стоимости изданія.

Подписка принимается лишь на выпуски въ порядкѣ ихъ выхода изъ печати, а не по выбору подписчика.

Подписныя деньги высылаются почтовымъ переводомъ по адресу: „Издательство „Природа“, Моховая, 24. Москва“.

Изд.
„ПРИРОДА“
МОСКВА

Естествен.-Историческая бібліотека „ПРИРОДА“

Основныя начала Естествознанія.

Проф. Е. ЛЕХЕРЪ. Физическія картины міра. Съ 28 рис. Перев. подъ ред. проф. Л. В. Писаржевскаго. Ц. 50 коп.

В. РАМЗАЙ. Элементы и электроны. Съ 3 рис. Перев. подъ ред. и съ примѣч. Николая Морозова. Ц. 60 коп.

Ч. С. МАЙНОТЪ. Современныя проблемы биологіи. Съ 53 рис. Пер. подъ ред. проф. Л. А. Тарасевича. Ц. 60 коп.

Проф. Л. МЕКЕНЗИ. Здоровье и болѣзни. Перев. подъ ред. проф. Л. А. Тарасевича. Ц. 60 коп.

Проф. КИЗЪ. Тѣло человека. Съ 10 рис. Перев. подъ ред. проф. А. А. Дешина. Ц. 90 коп.

В. БЕЛЬШЕ. Материки и моря въ смѣнѣ времени. Съ 18 рис. Пер. подъ ред. А. А. Чернова. Ц. 60 коп.

С. АРРЕНІУСЪ. Представленіе о строеніи вселенной въ различныя времена. Съ 27 рис. Перев. подъ ред. проф. К. Д. Покровскаго. Ц. 1 руб.

Проф. К. ГИЗЕНГАЕНЪ. Оплодотвореніе и зародѣшность въ растительномъ царствѣ. Съ 30 рис. Перев. подъ ред. проф. В. Р. Заленскаго. Ц. 50 коп.

Д-ръ К. ТЕЗИНГЪ. Размноженіе и наследственность. Съ 35 рис. Перев. подъ ред. проф. Л. А. Тарасевича. Ц. 50 коп.

Д-ръ Г. фонъ БУТТЕЛЕР-РЕЕПЕНЪ. Изъ исторіи происхожденія человѣчества. Первообытныя человѣки до и во время ледниковаго эпохи въ Европѣ. Съ 108 рис. Перев. подъ ред. и съ добавлен. Е. А. Шульца. Ц. 70 коп.

Д-ръ В. Р. ЭККАРДЪ. Климатъ и жизнь. Перев. подъ ред. съ пред. и дополн. проф. А. А. Кробра. Ц. 60 коп.

Р. ФРАНСЕ. Микроскопическій міръ прѣсныхъ водъ. Съ 49 рис. Перев. подъ ред. проф. Н. К. Кольцова. Ц. 80 к.

Д-ръ В. ГОТАНЪ. Ископаемыя растенія. Съ 89-рис. Перев. пр. доц. А. Генкеля. Ц. 1 руб.

Проф. Р. БЕРНШТЕЙНЪ и проф. В. МАРКВАЛЬДЪ. Видимые и невидимые лучи. Съ 84 рис. Перев. подъ ред. проф. Т. П. Крайнеца. Ц. 60 коп.

Подписчики жур. „Природа“ пользуются скидкой въ 10% и при выпискѣ книгъ не мѣняютъ, чѣмъ на 2 р., за пересылку не платятъ.

Таб. 1. 1. КУПЧЕНКО С. С. 1917 г.

по специальности. В 1937 г. освобожден и тут же снова арестован. Погиб в ГУЛАГе.

Очевидно, Кольцов имеет в виду результаты экспедиции в Южное Забайкалье. См.: Сушинский П.П. Предварительный отчет о поездке в Южное Забайкалье для изучения месторождений цветных камней и вольфрама. Пг., 1918.

⁶ Левингсон-Лессинг Франц Юльевич (1861—1939), петрограф, впоследствии академик АН СССР (1925). Труды по кристаллографии, минералогии, вулканологии.

⁷ Масальский Владислав Иванович. Известна публикация его доклада «Американская монополия и русское хлопководство». 7 марта 1912 г. Пг., 1914.

7. Кольцов — Ферсману

Москва, 6 апреля 1916 г.

Многоуважаемый Александр Евгеньевич!

На собрании сотрудников «Природы» 4 апр[еля] мы беседовали о нашей новой серии русских научных классиков. Надо приступить к ее изданию в ближайшем времени. Я ничего не имел бы против того, чтобы издание начать с Карпинского¹, но необходимо иметь определенный план ряда таких книжек, так чтобы книжка статей Карпинского была бы лишь одним из №№ этой серии и в этой же книжке было бы напечатано объявление об нескольких десятках №№ такой серии. Если же книжка Карпинского выйдет вне серии, то она покупателей не найдет. Поэтому, пожалуйста, сообщите списки тех русских кристаллографов, минералогов и геологов, которым могли бы быть посвящены особые книжки. Хотелось бы, чтобы объем каждой книжки был от 10 до 20 печатных листов. Можно комбинировать в одном томе несколько представителей одного направления.

Не пришлете ли каких-нибудь интересных статей и заметок для «Природы»? Что скажете по поводу нашего календаря²? Хорошо было бы иметь о нем рецензию в петроградских изданиях. А.А.Тарасевич говорил мне, что Вы думаете дать минералогический календарь. Было бы очень хорошо!

Уваж. Вас Ник. Кольцов

¹ Карпинский Александр Петрович (1846/47—1936), академик, президент Российской и АН СССР (1917—1936). Труды по стратиграфии, палеонтологии, тектонике, палеогеографии, генезису рудных месторождений и др.

² «Календарь русской природы на 1916 г.», дающий научную сводку всех основных сезонных явлений природы, в России выходил впервые. Редакция оговаривалась, что из-за отсутствия других данных в нем приводятся сведения только по центральной области Европейской России. Но и такая сводка была чрезвычайно трудоемким делом, потребовавшим участия четырнадцати крупных специалистов из разных областей естествознания. В результате этого и благодаря сжатой, преимущественно табличной форме, получилось уникальное по своей информативности справочное издание. В него вошли история календаря, астрономические явления, месяцеслов (таблица с указанием дат рождения крупнейших ученых

и некоторых выдающихся открытий), погода и состояние рек, данные о птицах, бабочках, вредных насекомых, календарь рыбководства и рыболовства, колебания числа браков, рождений и смертей в разное время года, календарь эпидемических болезней, важнейшие химические таблицы. По замыслу редакции, календарь должен был издаваться ежегодно в измененном и дополненном виде.

8. Кольцов — Ферсману

Сочи, 20 апреля 1916 г.

Многоуважаемый Александр Евгеньевич!

Только что прочел известие о смерти Вис. Вис. Карандеева¹: это, кажется, первая жертва, которую война вырывает непосредственно из рядов русских натуралистов! Думаю, что в «Природе» следует дать о нем заметку и портрет. Хорошо было бы успеть это сделать к майской книжке. Ведь Вы были с ним товарищами-сверстниками? Значит, напишете сами? Или попросите В.И.Вернадского, я думаю, ему было бы приятно написать несколько строк о своем ученике. Но если есть опасность, что В.И. задержит заметку о Карандееве, как задержал некролог Краснова, то лучше и не предлагать.

Я приехал в Сочи на Пасху, попал под каноняду немецкой подводной лодки, которая выпустила в Сочи около десятка 3-дюйм[овых] снарядов, перепугав ими публику, но никого не тронувших. Возвращаюсь к 14 мая в Москву.

Уваж. Вас Ник. Кольцов

¹ См.: Ферсман А. Памяти Виссариона Виссарионовича Карандеева // Природа. 1916. №5—6.

9. Кольцов — Ферсману

Москва, 17 января 1917 г.

Многоуважаемый Александр Евгеньевич!

В воскресенье, 22 января в Петроград выезжал Л.А.Тарасевич. Было бы хорошо, если бы Вы воспользовались этим случаем и устроили в Петрограде в понедельник или во вторник вечером заседание сотрудников и редакторов «Природы».

Я предлагаю Вам обсудить вопрос об организации петрогр. отд. редакции с секретарем и некот. небольшим бюджетом на выписку книг и журналов. Может быть, секретарем согласился бы быть А.А.Григорьев¹, который ближе стоит к «Природе», заведующим отделом «Путеводитель», он получает, кажется, ок. 50 руб. в месяц, эта сумма могла бы быть увеличена также соответственно увеличению работы. Мне кажется особенно желательной организация Петроградом библиографического отд.; следует наладить получение бесплатных и за плату книг и распределение по сотрудникам срочной работы. Также и отдел мелких заметок мог бы получить дальнейшее

развитие, лишь бы сотрудники попали в тон. Секретарь редакции должен был бы также озабочиться доставкой хроники петроградской ученой жизни. Наметьте также и статьи в (основной. — Ред.) корпус, темы и авторов.

На масленице желательно устроить съезд редакторов в Москве. Будет Артемьев², обещает быть Метальников, хорошо было бы если бы и Вы приехали. Съезд будет особенно плодотворным, если Вы явитесь с мнениями петроградских сотрудников. Пожалуйста, пришлите посланную Вам по ошибке корректуру опросного личного листа по справочнику. В этот листок были внесены поправки, которые нигде, кроме оригинала, не сохранились.

Ув. Вас Ник. Кольцов

¹ Григорьев Андрей Александрович (1883—1968), географ. Разработал теорию географической оболочки Земли. Дал анализ природных условий географических поясов Земли. Академик АН СССР (1939). Организатор и первый директор Института географии АН СССР.

² Артемьев Н.А. (1870—1948), профессор, постоянный сотрудник и автор «Природы». Среди его публикаций: Разыскивание на расстоянии бомб и мин и взрывание их // Природа. 1914. №12.

10. Кольцов — Ферсману

[Почтовая открытка] 19 января 1917 г.

Многоуважаемый Александр Евгеньевич!

Пришлите, пожалуйста, в контору «Природы» отчеты Академии наук за последний год для составления справочника, а то из многих лабораторий мы еще не получили ответа.

Уваж. Вас Ник. Кольцов

11. Кольцов — Ферсману

Москва, 29 января 1918 г.

Многоуважаемый Александр Евгеньевич!

Алексей Александрович (Тарасевич. — Ред.), получивши прилагаемую статью Соболева¹ о геологических периодах, раскритиковал ее и совсем было забраковал. Я оказался более снисходительным и нахожу, что с некоторыми поправками она могла бы пройти. Несколько длинен исторический очерк; для объяснения аммонитовой истории необходимы рисунки. Но я бы хотел, чтобы в «Природе» появилась статья, проводящая идею цикличности в геологии. Раз нет надежды рассчитывать на лучшее, можно удовольствоваться тем, что предлагается. Предоставляю решение на Ваше усмотрение. Соболева я совершенно не знаю ни с плохой, ни с хорошей стороны; ему до сих пор ничего не написано. <...>

Уваж. Вас. Ник. Кольцов

¹ Соболев Д. Геологические периоды // Природа. 1915. №6.

12. Кольцов — Ферсману

Москва, 28 марта 1918 г.

Многоуважаемый Александр Евгеньевич!

Пишу Вам по поручению Общества Франко-Итальяно-Русского объединения. В состав этого Общества входит присланная из Парижа миссия (Avenard и Malfitano), директор французского института в Петрограде, Patonillet, V.Henri, Л.А.Тарасевич, проф. Хвостов¹, проф. Готье², я и ряд др. лиц. Это общество организует ряд публичных лекций на французском, на русском и на итальянском языке и подготавливает выпуск сборника, в кот[ором] все эти лекции будут изданы на французском в Париже. Может быть, аудитория будет и не больше, чем на лекциях, организованных «Природой», но гораздо интереснее та более широкая аудитория, для которой будет издана в Париже книга. В серии лекций намечается: 1) «Природные богатства в России» и 2) «Природные богатства Франции». Для первой из этих тем наша группа наметила Вас, и мне поручено передать Вам нашу просьбу прочесть эту лекцию — на 40 или 80 минут по Вашему усмотрению. Лекции будут происходить ежедневно по субботам от 4 до 6 часов; двухчасовые — в одиночку, одночасовые — попарно. От Вас зависит избрать срок Вашей лекции в течение ближайших 2-х месяцев. Ведь, наверное, Вы соберетесь в Москву в это время? В крайнем случае, можно и позднее, т.к. никаких вакансий, конечно, в этом году не будет. Думаю, что Вам будет приятно принять участие в этом акте сближения, который подготавливает для нас возможность показаться с течением времени во Францию и Италию. А в тягостный для прекрасной Франции момент хочется проявить к ней хоть чем-нибудь активное сочувствие.

Нам очень хотелось бы, чтобы в составе наших лекций была бы и лекция о русской школе физиологической психологии (И.П.Павлов и И.М.Сеченов). Если при случае увидите И.П.Павлова, поговорите с ним. Просить его о приезде при теперешних условиях мы, конечно, не можем, но, может быть, он даст статью для сборника?

Работа в Научном институте³ подвигается и радует. Мы приступаем к изданию наших научных журналов: два по физике под ред. Лазарева⁴, два под моей ред. по экспериментальной биологии «Archives de biologie experim.» и «Успехи экспериментальной биологии» с обзорами и рефератами.

Ник. Кольцов

Сегодня видел Ал. Александр. Тар[асевича]. Ему как будто получше, сегодня имеет бодрый вид, насколько это надежно, сказать не могу. Все-таки, по-видимому, эндокардит.

¹ Хвостов Михаил Михайлович (1872—1920). Работы по истории Египта эллинистического и римского времени.

² Готье Юрий Владимирович (1873—1943), историк, археолог, впоследствии академик АН СССР. Труды по археологии Европы, земледелию Замосковского края в XVII в. и др.

³ В 1911 г. было организовано Общество московского научного института. Его задача заключалась в создании научно-исследовательских институтов, независимых от казенных учреждений (деньги собирались по подписке). Для одного из них, Физического института, который возглавил П.П.Лазарев, было построено здание на Миусской пл. (впоследствии там размещался ФИАН). Н.К.Кольцов возглавил Институт экспериментальной биологии.

⁴ Лазарев Петр Петрович (1878—1942), физик, био- и геофизик. Академик (1917).

13. Кольцов — Ферсману

Москва, августа 8 дня 1918 г.

Многоуважаемый Александр Евгеньевич!

Как только получил Ваше письмо, тотчас же передал его секретарю Центр. Бюро Акад. Союза¹ с просьбой выслать материалы и десять дней тому назад узнал от него, что все главное уже выслано, а именно текст постановления Акад. Союза (не судебный приговор, а именно постановление, на основании не личного разбирательства, от которого Союз отказался, а только печатанных материалов, опубликованных в журнале Нижегородского Университета)

2) Записку проф. Нижегородского Политехникума]

3) Заявление студентов Политехникума], опубликованное в Русских Ведомостях². <...>

Меня начинает беспокоить судьба нашего номера «Природы» по богатствам России. Очень хотел бы издать одну большую книжку за все второе полугодие, но иных материалов совсем мало. Набрана моя статья по «русскому птицеводству», есть рукопись Кулагина по пчеловодству и Иванова³ по животноводству, затем вводится статья Холодковского⁴, и статья о ради. Вы обещали вводную статью (свою) и ряд статей по рудным богатствам: золоту, платине, железу, углю и т.д., а также по хлебу, вину и табаку. Тарасевич готовит статью по курортам, Берг⁵ в нетите по рыбным богатствам, заметку по морским съедобным богатствам дал уже Бородин; как видите, проект очень интересен, но еще очень далек от осуществления. Пожалуйста, присылайте, какие можете, рукописи, необходимо немедленно сдавать в набор, иначе ничего не выйдет и было бы чрезвычайно обидно отказываться от проекта, который был предложен Вами и за который мы так горячо ухватились. Получил от Влад. Ив. Вернадского интересную статью о геологической роли организмов — к сожалению, их нельзя в этом отношении национализировать, а потому статья пойдет лишь позднее.

В.А.Анри⁶ передал Вам рукопись большой работы проф. М.Ф.Иванова «волынские овцы». Она идеально подходит в серию «Богатства России», т.к.

несомненно, что эта овца действительно великое богатство чисто русское и притом впервые изучаемая. Буду весьма признателен Вам, если Вы сообщите, сдана ли она уже в печать, хотели бы с ней поторопиться. Клише все находятся у меня, их отвезет к Вам в свой ближайший приезд Анри. Их надо отпечатать отдельно на таблицах, хорошо было бы достать для этого бумагу получше. Может быть, Вы сообщите мне, кто заведует печатаньем, и я сам попрошу его об этих деталях.

Все более и более заражаюсь потребностью связать чистую науку с ее применением к изучению и использованию великих богатств русского народа. В настоящее время избрал своей специальностью применение новейших биологических течений к русскому птицеводству, стремлюсь объединить московских животноводов-ученых и по другим специальностям. Захотят ли и успеют ли дать на все начинания средства большие, сомневаюсь, но полагаю, что когда у нас будет русское правительство, оно эти средства найдет, хотя ему придется очень и очень скряжничать.

Ваш Ник. Кольцов

¹ Академический союз (1905—1918) — общественная организация, объединявшая либеральную профессуру. Одна из задач — разработка нового устава российских университетов.

² Речь идет о конфликте, возникшем внутри Нижегородского политехникума и получившем широкий резонанс.

³ Иванов Михаил Федорович (1871—1935), зоотехник, академик ВАСХНИЛ (1935). Предложил научно обоснованную методику выведения и совершенствования пород свиней и овец, в частности асканийских.

⁴ Холодковский Николай Александрович (1858—1921), зоолог; труды по энтомологии, паразитологии и учению Дарвина. Член-корреспондент Петербургской АН (1909). Известны его переводы «Фауста» Гёте, произведений Байрона, Лонгфелло, Шиллера. Одна из его статей в «Природе» — «О роли обобщений в биологических науках» (1918. №4). См.: Павловский Е.Н. Николай Александрович Холодковский. К 60-летию со дня рождения // Природа. 1918. №4—6; Он же. Памяти Н.А.Холодковского // Там же. 1921. №10—12.

⁵ Берг Лев Семенович (1870—1950), физико-географ и биолог. Академик АН СССР (1946). Разработал теорию ландшафтов и осуществил зональное физико-географическое районирование СССР. Капитальные труды по ихтиологии, климатологии, озераведению и пр. Глубоко проник в теоретические проблемы биологии, в частности обосновал новый взгляд на теорию эволюции, альтернативный теории Дарвина. Посвященная ей монография «Номогенез», вначале встреченная скептически, постепенно приобрела все больше последователей. Их число увеличивается.

⁶ Анри В. (Henri Victor, Sorbonna). В «Природе» опубликовал статью «Энергетика жизни» (1917. №4).

14. Кольцов — Ферсману [без даты]

Многоуважаемый Александр Евгеньевич!

Относительно дел «Природы» частного характера, высылки журнала и счетов между Мос-

ковским и Петроградским отделениями Вам пишет В.П.Тарасевич. Я буду писать лишь по общим вопросам. Мы открыли в помещении редакции на Моховой в сотрудничестве с изд[ателем] Сабашниковым и бр.² книжную лавку и рассчитываем получить более крупные доходы от продажи оставшихся на складе изданий. По нынешним ценам они оцениваются десятками миллионов, и если дело реализации пойдет быстро, то есть надежда на то, что в нашем распоряжении окажется фонд, достаточный для того, чтобы приступить к печатанию новых изданий. Пока о переводе издания «Природы» мы не думаем — как у Вас в Петрограде продвигается дело? Но можно было бы приступить к изданию отдельных книг, которые могут найти сбыт. Мне кажется особенно желательным издание сборников, посвященным «Успехам» в разных областях естествознания. У меня есть сборник, уже готовый к печати: «Успехи экспериментальной биологии», П.П.Лазарев дает «Успехи физики»; может быть, Л.А.Тарасевич приготовил «Успехи экспериментальной медицины». Желательно получить и от Вас соответствующий сборник по успехам минералогии и кристаллографии. Как вы полагаете на этот счет?

Буду ждать Вашего ответа, напишите о себе.

Издательство «Природа» регистрируется в Москве.

Ваш Ник. Кольцов

¹ Письмо не датировано. Возможно, оно относится к 1918—1919 гг. В этот трудный для страны и науки период вышло всего несколько тонких, с трудом сколоченных номеров, напечатанных на дешевой бумаге. Н.К.Кольцову, видимо, трудно было расставаться со своим детищем, он надеялся сохранить журнал. Не получалось. В 1920 г. «Природа» не вышла. Но в 1921 г. вдруг вынырнула в Петрограде и в ином качестве — как издание Комиссии по изучению естественных производительных сил России при Академии наук. Ферсман спасал журнал. На титульном листе отмечалось: «За 1920 и 1921 гг. журнал «Природа» выходит одним выпуском, датированным 1921 г.»

² Издательство братьев Сабашниковых (1891—1930) — одно из самых серьезных и авторитетных. Играло просветительскую роль. Выпускало преимущественно популярную естественнонаучную и историческую литературу.

15. Кольцов — Ферсману

Москва, Сивцев Вражек, 41

10 июня 1922 г.

Многоуважаемый Александр Евгеньевич.

Очень сожалею, что мы не повидались с Вами в Ваш последний приезд. Пожалуйста, когда приедете в следующий раз, позвоните по телефону или ко мне (утром и вечером 3-06-37) или к Л.Алекс. (2-30-81) или в Научный Институт (1-62-64). Надо решить вопрос о переводе в Москву «Природы»¹.

Очень хотелось бы с 1923 года придать ей прежний вид ежемесячного журнала, и нам представляется возможность это сделать, добившись и вознаграждения сотрудников гонорарами и мер по нормальному распространению издания. А то ведь за исключением Петрограда «Природы» нигде найти нельзя, и даже авторы статей не могут увидеть их в печатном виде, а главные редакторы получают по одному экземпляру спустя несколько месяцев после выхода.

Поговорите со своими сотрудниками по изданию и выясните этот вопрос, чтобы при нашем свидании его можно было решить в окончательной форме и к новому году собрать достаточно материалов.

Как я Вам писал, моя статья о «Гении» задерживается потому, что в доставленном мне материале по генеалогии Карпинского совсем нет указаний на женские линии, и в таком виде генеалогия для нас не годится. Жду, что Вы мне привезете соответств. сведения.

Желаю всего лучшего

Ник. Кольцов

¹ Это произошло в 1952 г.

© Вступление, публикация и комментарии
Н.В.Успенской

Редакция благодарна Е.Н.Егоровой, от которой мы узнали о существовании этого материала и месте его хранения.

Генетическая рекомбинация в свете эволюции

П.М.Бородин

Ничто в биологии не имеет смысла, кроме как в свете эволюции.

Федосий Добжанский

Рекомбинация — это процесс, который обеспечивает перемешивание генов в ряду поколений. При формировании половых клеток гены, полученные от родителей, «перетасовываются», и в каждую гамету попадает только половина родительских генов. При оплодотворении гены двух родителей случайно комбинируются в зиготе. Сочетание этих двух случайных процессов — тасовки генов в генеративных клетках и встречи гамет — обеспечивает уникальность набора генов каждого организма.

Этот процесс был открыт в начале XX в. на основе анализа результатов скрещиваний. Сейчас в изучении рекомбинации используют весь арсенал современных методов молекулярной и клеточной биологии. И тем не менее процесс остается во многом загадочным. До сих пор идут бурные дебаты о том, зачем нужна рекомбинация. Непонятно, отчего она так сложно и, казалось бы, нелогично организована. Неясно, как распределяются по геному ее горячие и холодные точки. Попробуем ответить на эти вопросы, рассмотрев рекомбинацию в свете эволюции.

Зачем нужна рекомбинация

Рекомбинация — главный генератор фенотипического разнообразия, того самого, с которым оперирует естественный



Павел Михайлович Бородин, доктор биологических наук, заведующий лабораторией рекомбинационного и сегрегационного анализа Института цитологии и генетики СО РАН, профессор кафедры цитологии и генетики Новосибирского государственного университета. Занимается проблемами эволюционной генетики, генетики мейоза. Лауреат премии им. профессора В.С.Кирпичникова за выдающийся вклад в развитие эволюционной генетики (2004).

отбор, тех отличий между организмами, которые играют решающую роль в их борьбе за существование. Мы привыкли думать, что эти различия определяются мутациями генов. Это и верно, и неверно одновременно.

Мутации меняют гены. Ген может быть неузнаваемо испорчен мутацией, изменен с сохранением функции (синонимически) или с ее потерей. Мы должны ясно понимать, что функция каждого гена определяется его взаимодействием с другими генами. Поэтому и функцию гена, и ее изменения следует рассматривать исключительно в рамках конкретного метаболического пути или регуляторной генной сети, в которых задействованы продукты этого гена. Бессмысленный или неверный ген из одной генной сети может приобрести новый, неожиданный смысл в другой; синоним в одном контексте оказаться анто-

нимом в другом. Таким образом, мутации меняют фенотип не сами по себе, а в сочетании с другими генами.

Разнообразие фенотипов, которое мы наблюдаем, есть воплощенное разнообразие генных сочетаний. А поскольку рекомбинация обеспечивает постоянную генерацию все новых и новых сочетаний, мы имеем полное право назвать этот замечательный механизм генератором фенотипического разнообразия.

Рекомбинация, видимо, возникла одновременно или вскоре после появления жизни. Однако на первых порах она была робкой и спорадической. Такой она и остается в мире прокариот. Бактерии иногда входят в контакт друг с другом и обмениваются генетической информацией, чаще когда их жизнь становится хуже. Но из этого не следует, что рекомбинация не-

пременно облегчает им жизнь, повышает их приспособленность. Она дает им шанс, надежду на то, что новая комбинация генов окажется полезной.

Регулярная, запланированная и обязательная рекомбинация появилась гораздо позже, одновременно или вскоре после возникновения эукариотических клеток. В пользу этого предположения свидетельствует тот факт, что у подавляющего большинства современных эукариот рекомбинация происходит регулярно, а ее молекулярные и клеточные механизмы у самых разных организмов поразительно сходны. Сходство мы обнаруживаем и в том, что у всех них рекомбинация так или иначе связана с размножением. У эукариот, в отличие от бактерий, результаты рекомбинации проявляются не у самих организмов, а у их потомков.

Если мы сравним размножение бесполой (не рекомбинирующих) и половой (регулярно рекомбинирующих) организмов, нам сразу бросится в глаза поразительная неэффективность последнего варианта размножения. Представим себе два острова. На одном живут самец и самка, способные к половому размножению и, следовательно, к рекомбинации. На другом — две самки, размножающиеся бесполом путем. Ограничим плодовитость и тех и других самок двумя потомками. После первого же цикла размножения на бесполом острове родится четыре потомка, а на половом — два. Если на половом острове оба родившихся детеныша будут одного пола, то на этом вся история закончится. Если на свет появятся самка и самец, то эта пара произведет еще двух потомков, а на бесполом острове их родится уже восемь. Таким образом, при заданных условиях численность популяции бесполого острова будет расти экспоненциально, а на половом она так и останется равной двум особям. Очевидно, что эффективность бесполого раз-

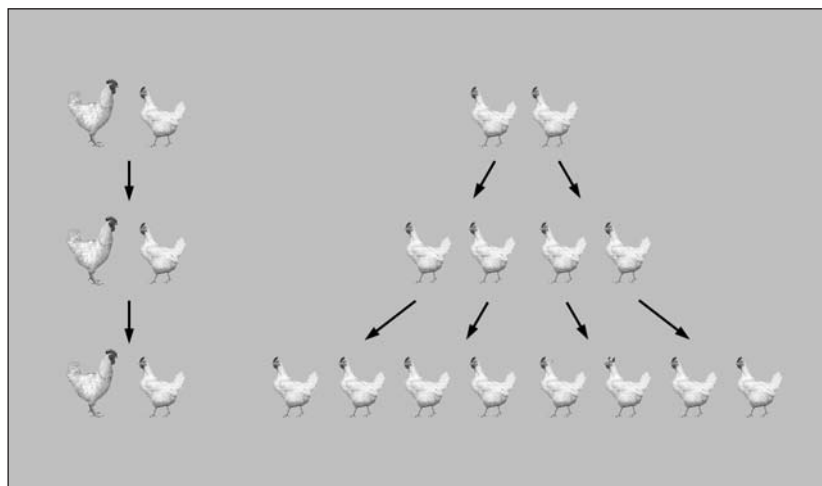


Рис.1. Сравнение эффективности полового и бесполого размножения.

множения значительно выше (рис.1).

Почему же тогда у эукариот, как правило, размножение половое, а бесполое — лишь редкое исключение? Именно потому, что при половом размножении возможна рекомбинация. Но если организмы, размножающиеся половым путем, так значительно проигрывают бесполом в эффективности размножения, то рекомбинация должна давать им преимущества, с лихвой покрывающие этот гигантский проигрыш. В чем же они заключаются?

Вернемся на наши умозрительные острова. И на одном, и на другом острове в генеративных клетках их обитателей возникают мутации. Полностью защититься от мутаций в принципе невозможно, ведь с ними неизбежно сопряжено копирование ДНК. Большинство мутаций оказываются вредными. Парадоксально, но очень вредные мутации не так опасны для генофонда популяции, как не очень вредные. Очень вредные мутации несовместимы с жизнью, их носители немедленно выбраковываются, и, следовательно, такие мутации не накапливаются в генофонде. А не очень вредные передаются потомкам, затем у них возникают новые не очень вредные мутации, и в ито-

ге генофонд бесполой популяции медленно, но верно деградирует (рис.2,а).

Выдающийся генетик Герман Мёллер впервые обратил внимание на медленную, но неуклонную деградацию бесполого генофонда за счет последовательного накопления не очень вредных мутаций. Сейчас в научной литературе этот процесс называется храповиком Мёллера. Мёллер показал, что бесполое популяции, несмотря на давление мутационного процесса, могут поддерживать свое существование за счет очень высокой численности и сильного давления стабилизирующего отбора, благодаря которому носители даже не очень вредных мутаций быстро погибают, а их место занимают клоны, свободные от мутаций.

Однако у храповика Мёллера есть еще одна неприятная особенность. Чем больше у организма генов, тем больше он накапливает мутаций. Вероятность мутации одного гена приблизительно равна 10^{-5} на гамету за поколение. Это значит, что каждая вторая из 10 тыс. гамет, содержащих 5 тыс. генов (именно столько их у бактерий), несет одну новую мутацию. Если в гамете 30 тыс. генов, как у нас млекопитающих, то каждая из 10 тыс. гамет несет в среднем

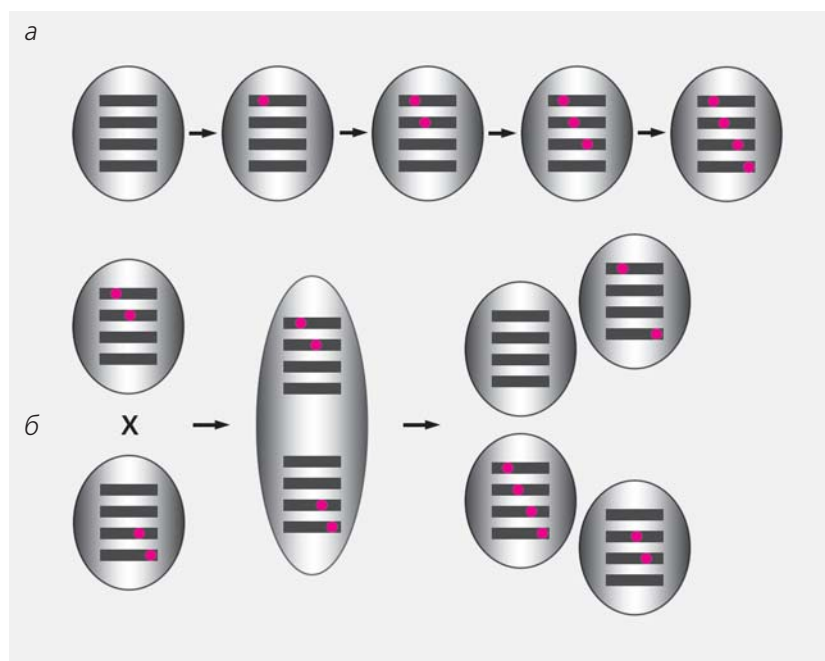


Рис.2. Накопление вредных мутаций (красные точки) при бесполом размножении (а) и их сортировка и элиминация при половом размножении (могут поддерживать свое существование) (б).

три новых мутаций. Отсюда третье условие, позволяющее виду жить с храповиком Мёллера, — малый размер генома и как следствие — относительная простота организации.

Мощное и радикальное средство борьбы с храповиком Мёллера — рекомбинация. Перетасовывая гены при образовании гамет, она может перегрузить мутациями одни гаметы и одновременно недогрузить другие. В итоге особи, возникшие из перегруженных мутациями гамет, погибают, а продукты гамет, очищенных от мутаций, процветают (рис.2,б). Это позволяет рекомбинирующим организмам избавиться от ограничений, накладываемых храповиком Мёллера. Они могут позволить себе роскошь иметь большие геномы. Отсюда получается, что все мы выше и сложнее оттого, что наши далекие одноклеточные предки открыли для себя рекомбинацию и создали механизмы, гарантирующие регулярную перетасовку генов из поколения в поколение.

Гипотеза Мёллера — не единственное объяснение преимуществ рекомбинации. Очень подробные обзоры гипотез о преимуществах рекомбинации даны в книгах Дж.Мэнард Смита [1] и М.Ридли [2].

Как происходит рекомбинация

У всех эукариот рекомбинация происходит в мейозе [3]. Это процесс изучают в школе, и по степени вызываемой у учащихся ненависти мейоз может соперничать разве что с двойным оплодотворением у растений по Навашину. Что обидно, поскольку процесс этот по-своему красив (рис.3).

Некоторые сравнивают мейоз с танго [4]. В первом туре мейоза пары удвоенных гомологичных хромосом (одна получена от отца, другая от матери) находят друг друга, тесно свиваются, обмениваются участками, а потом расходятся в разные стороны, в разные клетки, что-

бы уже не встретиться никогда. Второй тур мейоза менее романтичен. В нем гомологи выстраиваются вдоль экватора клетки и их хроматиды расходятся к разным полюсам. Так из одной генеративной клетки получают четыре гаметы с разными наборами генов.

Рекомбинация происходит в первом, романтическом туре мейоза. Рассмотрим его более подробно. Сближение гомологичных хромосом начинается с того, что их концы, скользя по ядерной мембране, собираются в одной точке и формируется структура, романтически названная букетом. В нем гомологичные хромосомы оказываются поблизости друг от друга и приступают к взаимному опознаванию. Оно, видимо, идет в два этапа: сначала приблизительное, а затем точное. Приблизительное опознавание может происходить по принципу штрих-кодов. Известно, что хромосомы представляют собой комплекс ДНК с белками, набор которых и характер связывания с ДНК во многом определяют последовательностью нуклеотидов. Поэтому каждая хромосома отличается индивидуальным, только для нее специфичным распределением белков — штрих-кодом. Поскольку гомологичные хромосомы в основном сходны по последовательностям ДНК, они должны иметь сходные штрих-коды. Таким образом, грубое распознавание может быть достигнуто простым их совмещением.

Процесс тонкого опознавания начинается с того, что в ДНК мейотических хромосом возникают множественные двунитевые разрывы (рис.4). Так, у мыши на этой стадии в каждой мейотической клетке образуется около 300 разрывов, а у лилии — несколько тысяч. В соматических клетках такое количество разрывов может появиться только в результате массированного облучения или обработки мощным мутагеном. Мейотическая клетка сама себе наносит

эти повреждения с помощью белка Spo11 (гомолога топоизомеразы II архей). У архей нет мейоза, и этот белок участвует в репарации повреждений. Он разрезает поврежденную ДНК и воссоединяет свободные концы. У эукариот в мейозе белок Spo11 только режет, оставляя другим белкам заниматься воссоединением.

В воссоединении разорванных нитей ДНК активно участвует белок Rad51 (рис.5). У прокариот и в соматических клетках эукариот он задействован в репарации повреждений ДНК: в комплексе с другими белками связывается со свободными концами разорванных ДНК и внедряет их в ДНК гомологичных хромосом, одновременно расплетая ДНК-мишень. Задача внедренных участков состоит в том, чтобы найти комплементарные фрагменты определенной протяженности. К этому моменту гомологи уже прошли грубое выравнивание по штрих-коду, поэтому поиск происходит на относительно небольших расстояниях и именно в тех районах, где гомология наиболее вероятна. Найдя комплементарный участок, внедрившаяся нить ДНК спаривается с ним.

Тонкое опознавание заканчивается, когда количество связей между ДНК пары гомологичных хромосом достигает критического уровня. В мейотической клетке начинается разрезание связей. Большая часть разрезается и сшивается таким образом, что восстанавливается исходное состояние цепей ДНК (безобменный путь). Только небольшая их часть (у млекопитающих — меньше 0.1) сшивается крест-накрест (обменный путь), при этом ДНК одного из гомологов в пункте обмена соединяется с ДНК другого. Это и есть точки рекомбинации. Именно в них происходит переключение с одного гомолога на другой. В мейоз хромосомы вступили в таком виде, как они были получены от родителей, а выходят из мейоза уже рекомбинант-

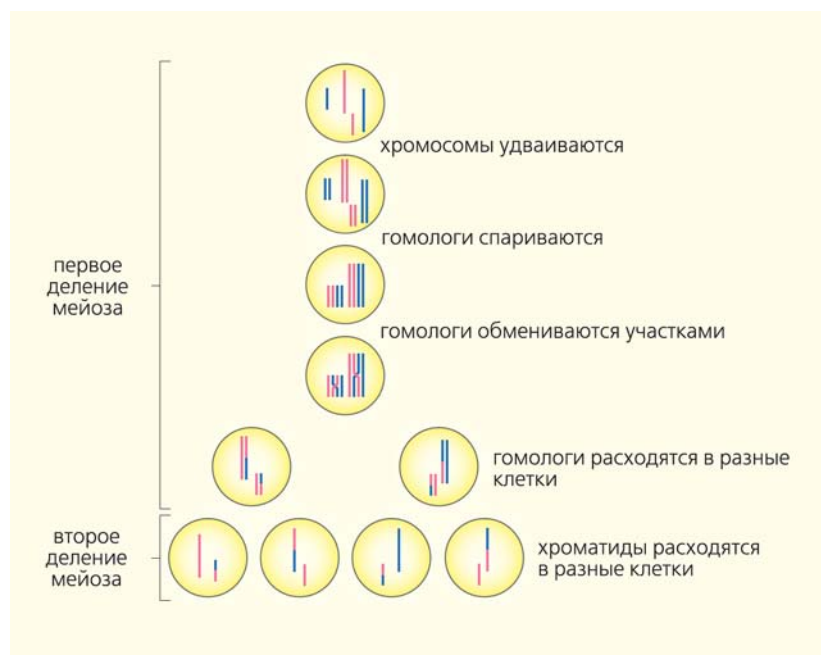


Рис.3. Схема мейоза. Красным обозначены материнские хромосомы, синим — отцовские.

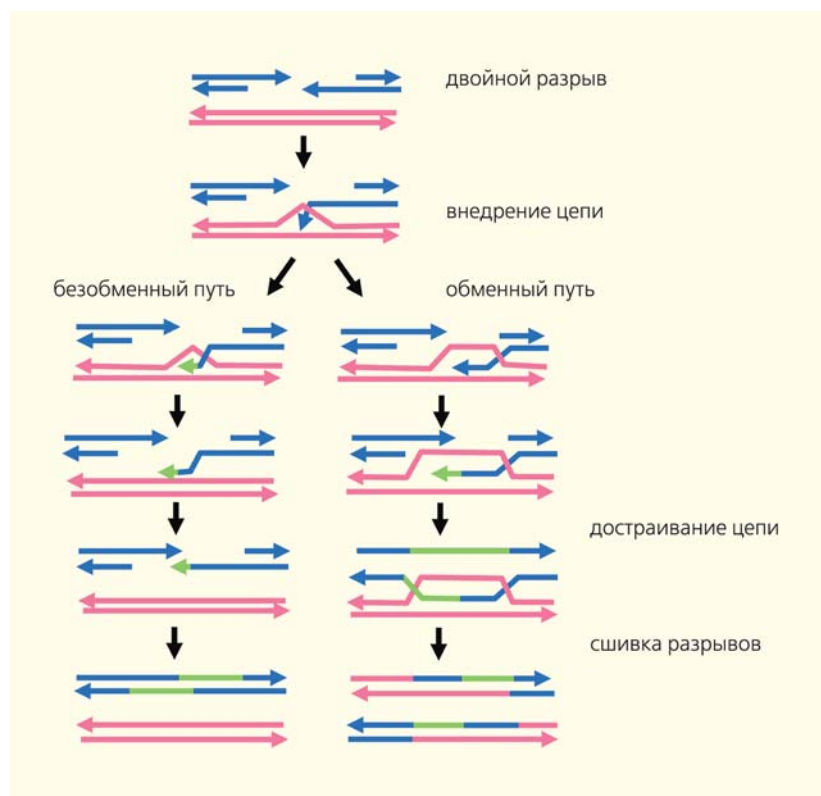


Рис.4. Молекулярные механизмы тонкого опознавания и рекомбинации гомологичных хромосом. Красным обозначена ДНК материнской хромосомы, синим — отцовской, зеленым — ДНК, достроенная в ходе репарации разрывов. Обратите внимание, что достройка идет по матрице ДНК гомолога, а не по собственной матрице [5].

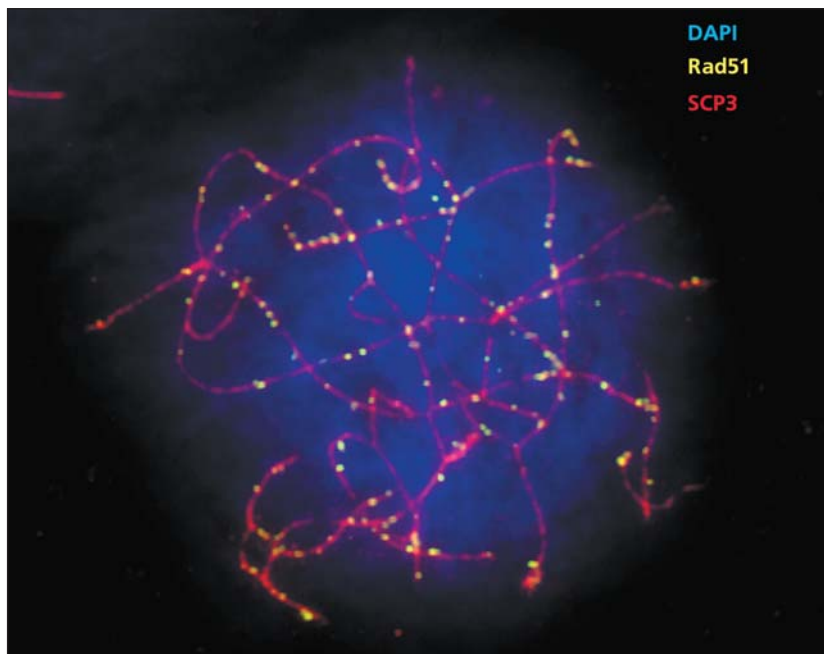


Рис.5. Мейотическая клетка обыкновенной бурозубки на стадии тонкого распознавания гомологов, окрашенная с использованием DAPI (специфического для ДНК красителя), антител к рекомбинационному белку Rad51 и белку синаптонемного комплекса (SCP3) — осевого элемента мейотических хромосом.

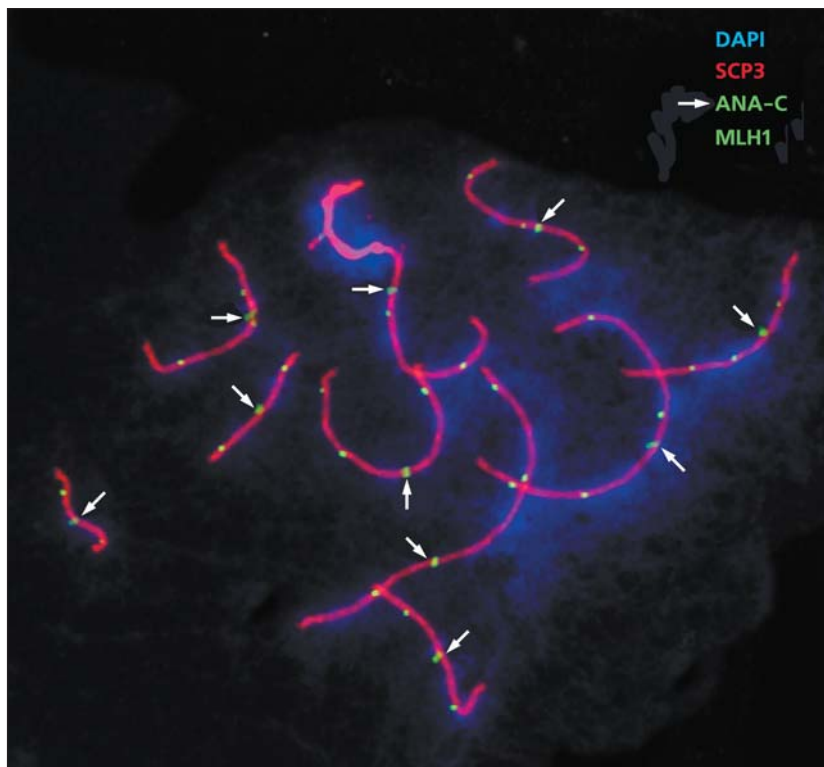


Рис.6. Мейотическая клетка обыкновенной бурозубки на стадии завершения рекомбинации, окрашенная с использованием DAPI, антител к белку репарации MLH1, центромерным белкам (ANA-C) и белку синаптонемного комплекса (SCP3).

ными. В материнской хромосоме будет часть отцовской, а в отцовской — часть материнской. Но это будут уже результаты рекомбинации, а мы пока вернемся к самому процессу.

Устранение опознавательных связок связано с нанесением новых повреждений в ДНК и репарацией этих повреждений. Эти процессы регулируются комплексом специфических белков. Примечательно, что все они принадлежат к тем семействам белков, которые у прокариот и в соматических клетках эукариот участвуют в заживлении мутационных повреждений ДНК.

Опознавательным знаком для точек рекомбинации служит белок MLH1 (рис.6). Он принадлежит к семейству белков мисматч репарации, функция которых — исправлять ошибки спаривания ДНК, т.е. устранять неспаренные нуклеотиды. Нас этот белок интересует в первую очередь как маркер точек рекомбинации. С помощью антител к MLH1, меченных флуоресцентными красителями, эти точки можно увидеть на хромосомах, а затем проанализировать частоту и распределение рекомбинационных событий по геному. Что мы и сделали на обыкновенной бурозубке. Для изучения мейоза она хороша тем, что у нее всего 10 пар хромосом, заметно отличающихся друг от друга по размеру и характеру дифференциального окрашивания [6]. Это позволило нам детально проанализировать особенности распределения точек рекомбинации по индивидуальным хромосомам.

Где происходит рекомбинация

Мы уже говорили, что рекомбинация — это случайный процесс перетасовки генов. Однако сами точки рекомбинации распределены по геному далеко не случайно (рис.7), а согласно ряду строгих правил.

Правило обязательного обмена гласит: всякая пара хромосом да имеет хотя бы один обмен. Общее число обменов на хромосому зависит от ее размера. На больших хромосомах бурозубки (*af* и *bc*) их может быть пять или шесть, но даже самые маленькие хромосомы (например, *tu*), как правило, имеют хотя бы один обмен.

Это правило обусловлено тем, что рекомбинация в мейозе, кроме генетического смысла (перетасовки генов), несет и чисто механическую функцию: образование и сохранение физической связи между гомологами вплоть до их расхождения в первом делении мейоза. Если между парой гомологов не произошло ни одного обмена, то они расходятся не как положено (один к одному полюсу деления, другой — к другому), а как попало, т.е. оба гомолога

могут уйти в одному полюсу. Тогда у одних гамет будет избыточная доза генов, а у других этих генов не будет вовсе. И то, и другое чаще всего ведет к гибели организмов.

Правило теломерного пика: обмены могут быть в любых районах хромосом, но чаще всего они локализуются на самом краю хромосом — вблизи теломер. Это обусловлено, видимо, механикой рекомбинации, а не ее генетическим смыслом. Я уже говорил, что сближение хромосом начинается с того, что их концы собираются в одной точке на ядерной мембране, т.е. самый первый контакт между гомологами происходит именно на краях хромосом, и эти самые края находятся в тесном контакте дольше, чем все остальные районы. Там же возникают первые опознавательные связки на уровне ДНК, и времени на обра-

зование и разрешение этих связок отводится больше, чем в других точках хромосом.

Я с удовольствием вспоминаю эксперимент, который мы с И.П.Горловым провели еще в начале 1990-х годов [7]. Нас интересовал вопрос: что определяет частоту рекомбинации в каждом районе хромосомы — его положение или генетическое содержание? Мы сравнили распределение обменов на первой хромосоме у нормальных мышей и у гомозигот по инверсии терминальной половины этой хромосомы. Если важно положение, то распределение должно быть одинаковым; если важно содержание, то у гомозигот по инверсии и распределение должно быть инвертированным. Полученные нами распределения были одинаковыми (рис.8). Следовательно, решающую роль играет положение.

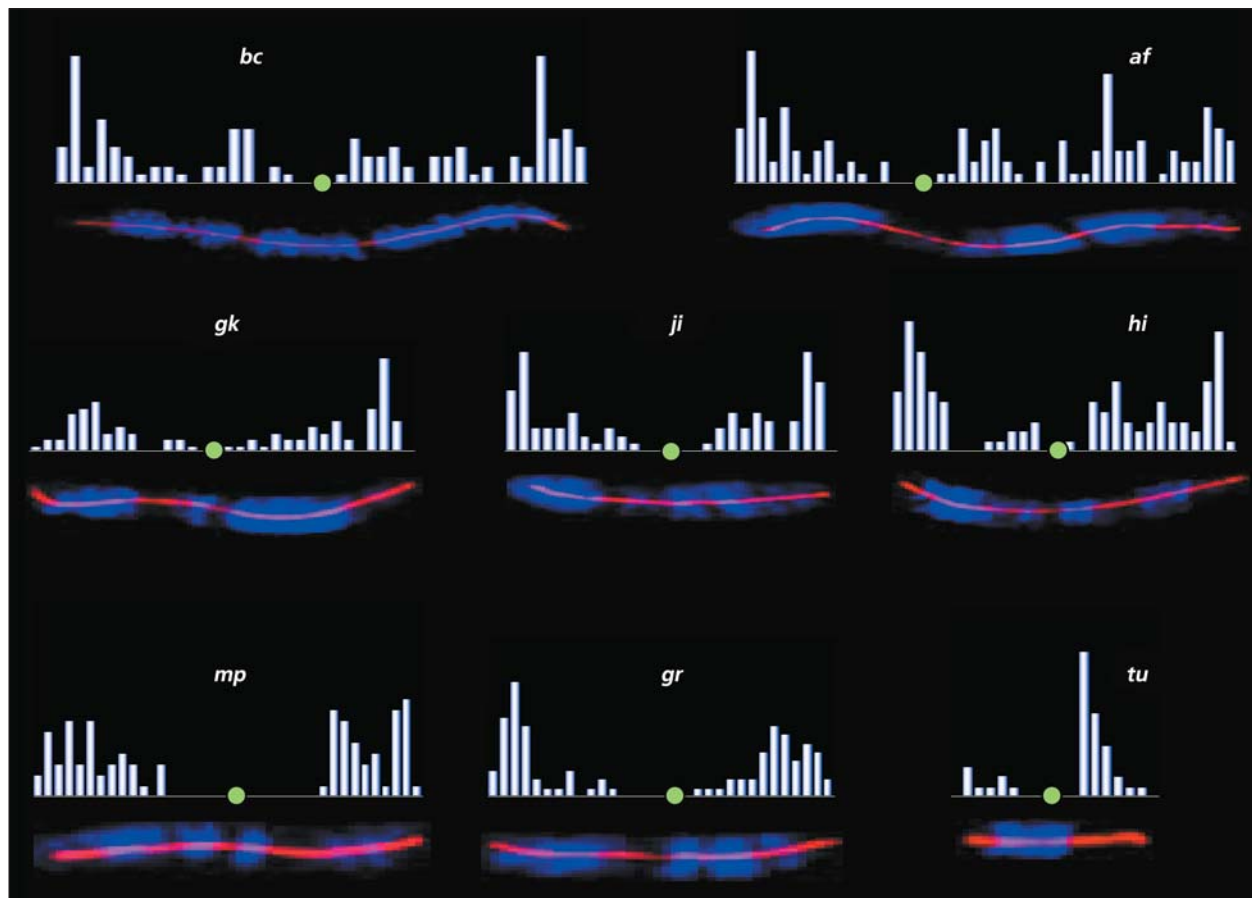


Рис.7. Распределение точек рекомбинации по хромосомам обыкновенной бурозубки.

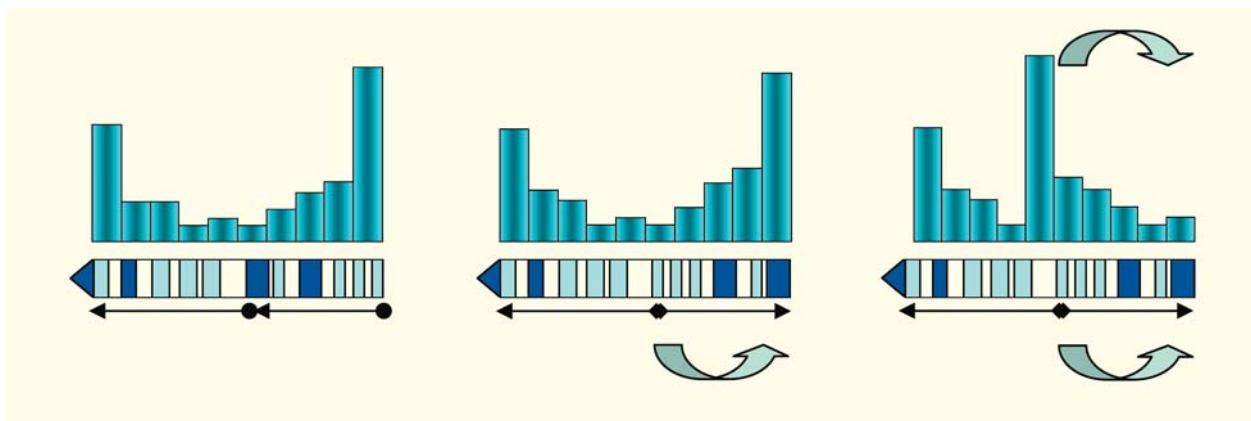


Рис.8. Распределение точек рекомбинации в хромосоме 1: слева — у нормальных мышей; в середине — у мышей, гомозиготных по инверсии в этой хромосоме, справа — распределение, которое было бы, если бы оно контролировалось не позицией, а генетическим содержанием района хромосомы.

Это механическое правило может иметь очень глубокий генетический и эволюционный смысл. Инверсии — одни из самых частых хромосомных перестроек, которые встречаются в природных популяциях и/или отличают виды друг от друга. Можно думать, что естественный отбор способствует фиксации инверсий, переносящих на края хромосом (т.е. в рекомбинационно горячие зоны) именно те гены, которые нужно часто перетасовывать, и наоборот, забрасывают в холодные зоны те блоки генов, которые лучше не трогать.

Правило интерференции: два обмена редко возникают в непосредственной близости друг от друга. Создается впечатление, что уже возникший обмен мешает (interfere) другому обмену возникнуть рядом. Это отталкивание обменов друг от друга получило название интерференции. Существует очень большой разброс в дистанциях между соседними обменами: от 1 мкм (т.е. на пределе разрешающей способности микроскопа) до 10 и более, а средние дистанции между соседними обменами у бурозубки составляют 5—6 мкм. Именно на этом расстоянии от теломерного пика обменов возникает второй пик. Если хромосома достаточно

длинная, то примерно на таком же расстоянии возникнет третий пик, и так далее. Замечательно, что если мы обнаруживаем на большой хромосоме один-единственный обмен, то он, как правило, находится достаточно далеко от края. Почему? Потому что интерференция этого обмена не оставляет места для других обменов.

Парадоксально, но лучшее всего явление интерференции интерпретируется в грубо механических терминах. Если представить хромосомы в виде упругих шлангов, скрученных друг с другом, становится понятно, что два перегиба рядом не возникают. Но в наше молекулярное время такие сантехнические аналогии выглядят по меньшей мере неприлично. Должны быть какие-то молекулярные механизмы интерференции обменов. По молекулярным понятиям несколько микрометров — это гигантское расстояние.

Существует несколько гипотез о механизмах интерференции, но ни одна из них не является общепринятой и ни одна из них мне не нравится. Поэтому я лучше приведу предложенную И.П.Горловым [8] гипотезу о том, зачем нужна интерференция. Суть ее такова. Ничего в природе не бывает бесплатно. Конечно, рекомбинация дает определен-

ные преимущества, но она обходится и организму недешево. Чего стоит одно разрезание живой ДНК! Естественный отбор должен балансировать рекомбинацию таким образом, чтобы ее преимущества превышали затраты. Два обмена стоят дороже, чем один, где бы они ни были расположены. Но если мы подумаем о преимуществах, то станет понятно, что чем ближе они друг к другу, тем менее полезны в смысле перетасовки генов. Второй обмен в непосредственной близости от первого практически аннулирует его эффект, возвращая гомологичные хромосомы в исходное состояние (рис.9). Поэтому, если уж тратить на обмены, то надо расположить их подальше друг от друга. Что и происходит благодаря интерференции, только до сих пор непонятно как.

Все перечисленные выше правила так или иначе обусловлены позиционными эффектами, которые играют, видимо, главную роль в распределении обменов по хромосомам.

Правило светлого района связано с особенностями упаковки ДНК мейотических хромосом. Отдельные районы хромосом сильно отличаются по этому признаку. Хромосомы млекопитающих после обработки красителями, специфично

связывающимися с ДНК, выглядят поперечно-полосатыми. В интенсивно окрашенных (темных) участках концентрация ДНК выше, чем в светлых. Особенности упаковки зависят от генетического состава ДНК. Сильно огрубляя ситуацию, можно сказать, что гены сосредоточены в основном в светлых районах, а темные главным образом состоят из бессмысленных и сильно повторенных последовательностей ДНК. Но это очень грубая картина. Гены есть и в темных районах, а в светлых довольно много бессмысленных последовательностей.

Правило светлого района состоит в том, что рекомбинация происходит в таких районах чаще, чем в темных. Однако пока не ясно почему. Можно думать, что ДНК светлых районов более активно участвует в поиске гомологии, в ней чаще возникают опознавательные связки и рекомбинационные обмены. На это указывает тот факт, что в мейотических хромосомах относительный размер светлых районов непропорционально больше, чем в митотических, а темных — непропорционально меньше. До наших экспериментов этот факт базировался на косвенных данных*. Было известно, что хромосомы, содержащие много светлых районов, в мейозе оказываются относительно более длинными, чем в митозе. Нам впервые удалось это увидеть, применив дифференциальное окрашивание мейотических хромосом обыкновенной буро-зубки. Светлые районы были длиннее.

Правило светлого района на первый взгляд кажется нецелесообразным. Цель рекомбинации состоит в перетасовке генов. Но из этого не следует, что рекомбинация должна происходить именно в тех районах, где сконцентрированы гены. Гораздо логичнее было бы про-

* В работе участвовали Н.М.Белоногова, Т.В.Карамышева, А.В.Поляков, М.И.Родионова и Н.Б.Рубцов, которым я искренне признателен.

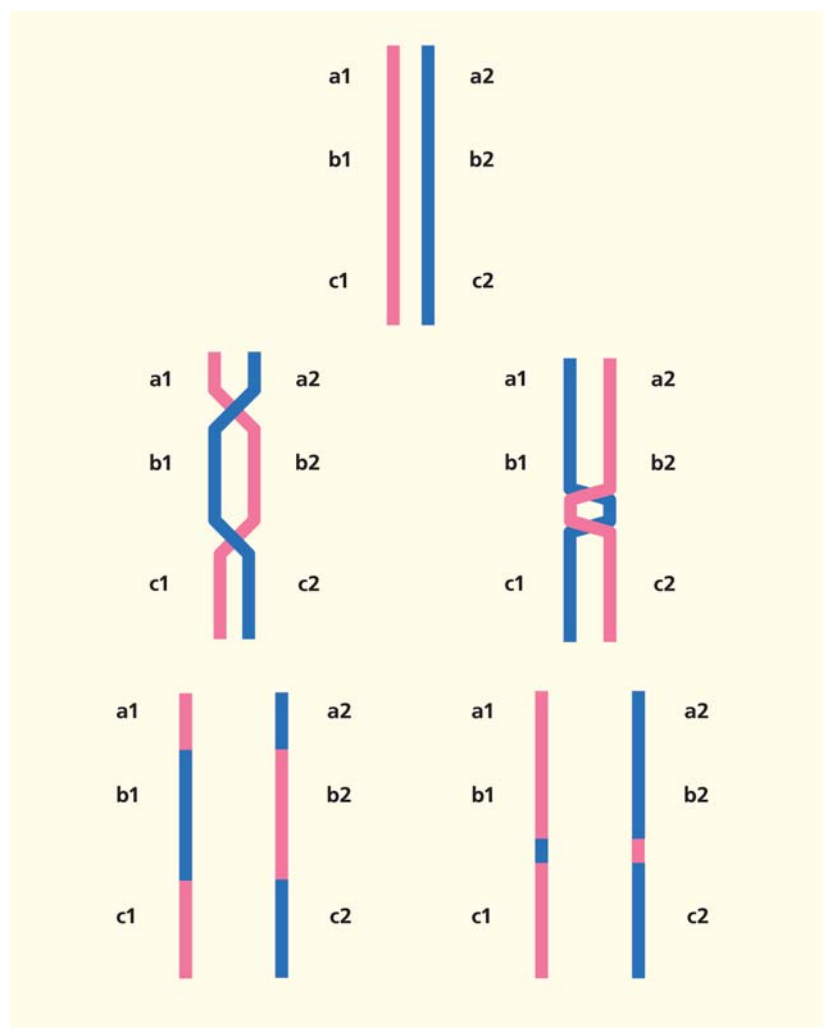


Рис.9. Результаты двух рекомбинационных событий на далеком (слева) и близком (справа) расстоянии друг от друга. В первом случае рекомбинантные хромосомы отличаются от родительских по набору генов а, b, c; во втором — не отличаются.

изводить обмены там, где генов нет. Результат был бы тем же, а риск повреждения генов за счет их разрезания, спаривания свободных цепей, подчистки результатов неверного спаривания был бы сведен к нулю. Однако логика эволюции не всегда совпадает с логикой инженера. Она (эволюция) никогда не создает механизмы с чистого листа. Она предпочитает слегка модифицировать уже существующие.

Мы уже говорили, что большинство белков, обеспечивающих рекомбинацию, — это гомо-

логи бактериальных и эукариотических белков, участвующих в репарации, залечивании мутационных повреждений ДНК. Поскольку рекомбинация возникла в эволюции позже репарации и использует слегка измененную машину репарации, можно заключить, что она и произошла от репарации. Более того, скорее всего на первых этапах, когда еще не было мейоза, она была всего лишь одним из вариантов репарации, предназначенным для залечивания самых опасных и тяжелых повреждений ДНК — двунитевых разрывов. Если ра-

зорвана одна нить, разрыв можно залечить, используя вторую нить в качестве матрицы. Если же разорваны две нити, нужно найти гомологичный участок ДНК в другом месте генома, расплести его и использовать как матрицу (рис.4).

С этой точки зрения становится понятной и нецелесообразная на первый взгляд концентрация обменов в светлых, богатых генами районах хромосом, и кажущаяся избыточность разрывов ДНК на ранних стадиях точного опознавания гомологов, и тот факт, что только малая часть этих разрывов превра-

щается в обмены, а большая — ни к каким обменам не ведет. В ходе подчистки необменных связок может происходить исправление потенциальных повреждений в генах.

Обратите внимание, однако, что репарация устраняет физические дефекты ДНК — разрывы, нарушения спаривания, полностью игнорируя смысл генетических текстов. Если повреждение обнаружено, например, в гене зеленых глаз, а в гомологичной хромосоме на этом месте находится ген карих глаз, то в восстановленной последовательности мы обнаружим

именно его — ген карих глаз. Так благодаря рекомбинации один ген превращается в другой.

Рекомбинация — один из самых важных и самых загадочных генетических процессов. На первый взгляд он кажется слишком дорогим и ненужным, он происходит не так как надо и не там где надо. Но это только на первый взгляд. Этот процесс, как и все в биологии, приобретает смысл, если мы рассматриваем его в свете эволюции, пытаемся понять, как и из чего он возник, как менялся шаг за шагом, сохраняя старые функции и находя все новые применения. ■

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проекты 01-04-48875 и 04-04-48024), ИНТАС и Программ Президиума РАН «Происхождение и эволюция жизни на Земле» и «Биоразнообразие и динамика генофондов».

Литература

1. Мэйнард Смит Дж. Эволюция полового размножения. М., 1981.
2. Ridley M. The Red Queen: Sex and the Evolution of Human Nature. Penguin, 1995.
3. Богданов Ю.Ф. // Генетика. 2003. Т.39. С.453—473.
4. Roeder G.S. // Genes and Development. 1997. V.11. P.2600—2621.
5. Bishop D.K., Zickler D. // Cell. 2004. V.117. P.9—15.
6. Belonogova N.M., Karamysheva T.V., Biltueva L.S. et al. // Chromosome Res. 2006. V.14. P.673—679.
7. Gorlov I.P., Ladygina T.Yu., Serov O.L., Borodin P.M. // Heredity. 1991. V.66. P.453—458.
8. Gorlov I.P., Gorlova O.Y. // J. Theor. Biol. 2001. V.213. P.1—8.

Материалы исследований одной из пещер Италии показали, что 4200 лет назад в поясе средних широт от Африки к Азии и Европе господствовала сильная засуха, сопровождавшаяся крахом нескольких крупных цивилизаций, существовавших в этом поясе. Исследователи полагают, что это климатическое событие и стало причиной социальных катастроф. Geotimes. 2006. V.51. №4. P.13 (США).

При одиночном плавании дельфины постоянно издают множество свистящих или щелкающих звуков, определяя по их отражению расстояния до

различных объектов. Когда же эти животные собираются в группу, локатором «работает» лишь один из них — остальные ориентируются в пространстве по его экосигналам. Такой способ взаимодействия дельфинам необходим для того, чтобы лоцирующие отражения звуков разных особей не перепутывались между собой. По мнению зоолога Т.Гёца (T.Götz; Институт зоологии, Тюбинген, Германия), согласованное плавание позволяет дельфинам значительно экономить силы в период долгих миграций.

Sciences et Avenir. 2006. №708. P.22 (Франция).

Гигантская саблерогая антилопа (*Hippotragus niger variani*), считавшаяся истребленной во время многолетней гражданской войны в Анголе, оказывается, не вымерла — об этом свидетельствуют фотоснимки животного, полученные недавно в труднодоступном районе страны. Грациозная антилопа с загнутыми назад винтообразными рогами длиной до 1.6 м — национальный символ Анголы, ее изображение можно увидеть на банкнотах, эмблеме футбольной сборной и т.п.

Science et Vie. 2006. №1063. P.38 (Франция).

О парадигме геологии

А.А.Ярошевский

Понятие «парадигма» введено Т.С.Куном. Оно оказалось весьма удачным и емким для характеристики очень важной стороны научного знания — его устойчивости (в определенном смысле консервативности), что только и позволяет науке в своем движении к познанию неизвестного не распадаться на бесчисленные частные решения. Последние всегда зависят от субъективности ученого, и гипертрофированный их расцвет неизбежно привел бы к краху науки как системы знания и превращению ее в набор мнений.

В различных изданиях в деталях по-разному трактуется это глубокое по своему существу понятие. Например, в Российском энциклопедическом словаре (М.: Большая Российская энциклопедия, 2001. Т.2. С.1142) читаем: «Парадигма — исходная концептуальная схема, модель постановки проблем и их решения, господствующая в течение определенного исторического периода в научном сообществе». В Философском энциклопедическом словаре (М.: Инфра М, 1999. С.332) — «Парадигма — совокупность предпосылок, определяющих конкретное научное исследование (знание) и признанных на данном этапе. Понятие “парадигма”... было широко распространено американским физиком Т.Куном для обозначения ведущих представлений и методов получения новых данных в периоды экстенсивного развития знания». Но как бы



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

разнообразны ни были такие определения, в самом существенном все они сходятся. Парадигма — не просто совокупность популярных в данное время теорий, предположений, гипотез, мнений, в конце концов, а нечто отобранное как общепринятая теоретическая основа науки, согласующаяся не только с основной массой эмпирических фактов, но и увязанная в логически непротиворечивую систему законов и закономерностей, на которых базируется интерпретация этих фактов и методология постановки новых проблем.

В попытках объяснить студентам смысл понятия «парадигма» в приложении к геологии я столкнулся с большой сложностью и неопределенностью. Огромный объем эмпирического материала, невозможность непосредственно наблюдать геологические процессы прошлого, сложность и многофакторность геологических процессов — все это сильно ос-

ложняет задачу упорядочить материал, тем более, создать логические конструкции, которые хоть в какой-то степени напоминали бы теории, присущие таким фундаментальным наукам, как физика, химия и даже биология, и стали бы мировоззренческой основой геологии. Если говорить откровенно, рождается сомнение, возможно ли вообще корректно сформулировать парадигму современной геологии. Но я интуитивно не могу с этим согласиться; более того, считаю, что если нет парадигмы науки, то нет и самой науки. Поэтому я предпринял попытку ее — парадигму — сформулировать. Получилось что-то в высшей степени сырое, но мне показалось интересным даже в таком виде предложить ее для обсуждения с коллегами в надежде, что встретчу заинтересованных собеседников.

С моей точки зрения, надо попытаться наметить определенные элементы структуры наук о Земле, которые отвечали бы

© А.А.Ярошевский, 2007

некоторым критериям, достаточным, чтобы объединить их в понятие парадигмы геологии. К таким элементам можно отнести утверждения о существовании эмпирических фактов*, объективность которых доказывалась повторяющимися независимыми наблюдениями в поле и лаборатории, и систему эмпирических обобщений (замечательное понятие, придуманное В.И.Вернадским), истинность которых также доказывалась повторяющимися наблюдениями и которые формулируются независимо от каких-либо теоретических представлений.

Но этого для парадигмы мало. Все-таки геология (несмотря на Бернала) — наука, а наука означает обязательно существование идей (принципов), связывающих все эмпирические материалы в систему, которую только и можно назвать наукой. И вот здесь у геологии есть проблемы. Методологическая суть проблем, с моей точки зрения, заключается в том, что геология — наука историческая. Процессы, которые привели к эмпирической картине фактов, не наблюдаемы в принципе**. Поэтому единственное, что мы можем положить в основу теории геологии, — это модели. Не предположения или гипотезы, а именно — модели, в которые необходимо вкладывать конкретный научный смысл.

Смысл моделей — объяснить наблюдаемые факты. Объяснить, понять значит логически вывести (вычислить) существование самих фактов из определенных всем очевидных принципов (утверждений, в этом смысле гипотез). Чтобы такие модели построить, каждый

* Геология все-таки эмпирическая в своей основе наука — впрочем, как и все остальные, хотя Дж.Бернал в свое время и считал это признаком ее отсталости.

** Возможность наблюдать некоторые современные процессы не меняет сути дела. Во-первых, это лишь фрагменты, во-вторых, временной масштаб наблюдений ничтожен по сравнению с длительностью геологической истории. Да есть еще и проблема актуализма.

принцип должен быть конструктивным. Он не имеет права повторять эмпирические факты (они являются предметом объяснения), а должен опираться на законы, которые независимы от геологической эмпирики. Такими законами могут быть только законы физики и химии, иных в Природе нет. Поэтому конструктивные модели — модели только физико-химические. Отсюда следует, что в понятие парадигмы должно быть включено третье положение: система теоретических принципов, основанных на законах физики и химии.

Положение геологии осложняется еще и тем, что в реальные геологические процессы включается жизнь, развивающаяся по собственным законам — биологическим. Несомненно, теоретические построения в геологии должны включать эти законы как независимые от геологической эмпирики. Но я считаю, что сами законы биологии имеют в методологическом отношении статус эмпирических обобщений, в основе которых (как и в основе эмпирических обобщений геологии) лежат, в конце концов, законы физики и химии.

Но есть две особенности. Во-первых, строя модели геологических процессов, мы можем показать (доказать) их достаточность для интерпретации фактов, но никогда не докажем их необходимости (единственность). Всегда остается возможность привлечь иной (не учтенный) механизм и построить еще одну модель. Можно, конечно, перебрать все возможности, разрешенные законами физики и химии, но сколько для этого надо человеко-лет! Ведь научный смысл имеет не сама гипотеза, а построенная на ней модель. Но построение модели — огромный и специальный труд.

Во-вторых, конечно, мы (геологи) зависим от уровня наших знаний законов физики и химии. Для пояснения приведу пример — неизвестна была ра-

диоактивность. И физически совершенно корректная модель лорда Кельвина (У.Томпсона), учитывающая в качестве источников глубинного тепла начальную температуру и энергию гравитационного сжатия и трактуемая эволюция Земли как следствие остывания от первично расплавленного до современного твердого состояния, оказалась неполной. Но не потому, что Томпсон ошибся, а потому, что физики не знали явления радиоактивности. При этом все предположения о таких глубинных источниках тепла, как горение угля или серы и т.п., в то время были физически бессмысленными. Модель же Томпсона стала конкретным вкладом в теорию геологии.

Однако понимание зависимости теоретических представлений в геологии от уровня знания законов физики и химии совершенно не означает, что при интерпретации геологических фактов допустимо обращаться к механизмам и явлениям, в физике и химии неизвестным. Такой путь ведет только к тому, что геология превращается в «ненауку». Он неприемлем.

Но в парадигму геологии целесообразно включать не конкретный набор текущих (современных), хотя и физико-химически корректных, моделей (Вернадский прав, они преходящи, они не цель, а лишь средство решения проблем геологии), а только фундаментальные законы физики и химии. И здесь возникает собственно геологическая проблема. Проблема, которая делает геологию самостоятельной наукой, а не просто областью приложения физики и химии. Общие законы физики и химии допускают огромное (бесконечное?) число возможных их реализаций. Задача науки под названием «геология» заключается в необходимости найти вариант, реализованный в Природе (в приложении к истории Земли, Луны, Венеры, Марса, метеоритов). Путь поиска такого варианта — интуитив-

ное проникновение в суть (природу) геологических явлений и обращение к конкретной комбинации физико-химических механизмов, которые могли бы объяснить конкретные факты. И здесь ситуация такая — каждый исследователь в меру своих знаний геологических фактов, законов физики и химии, а также своей интуиции (именно она и делает некоторых ученых великими) обращается к гипотезе, которая кажется ему возможной. Но сформулировать гипотезу не значит решить проблему. Геологическую проблему можно считать решенной, только когда будет показано, что построенная на основе гипотезы модель (физико-химическая!) адекватна эмпирическим фактам. Нет ни одной конкретной модели, объясняющей весь (или хотя бы существенную часть) комплекс геологических фактов (тогда ее можно было бы считать парадигмой). Нет уверенности, что такую генеральную модель вообще когда-либо удастся построить.

И еще один элемент парадигмы геологии, с моей точки зрения, совершенно непреложный, — принцип актуализма. Но его надо понимать не как утверждение, что наблюдаемые сегодня геологические процессы и явления были такими же и в геологическом прошлом, а как утверждение, что есть некоторые инварианты по отношению к времени. К ним относятся по крайней мере законы физики и химии. Если мы от принципа актуализма откажемся, то геологическое прошлое (т.е. вся геология) станет непознаваемым.

Таким образом, все конкретные теоретические построения в геологии (модельные по своему существу) нецелесообразно включать в парадигму. Они необходимы, но представляют собой преходящий элемент структуры геологического знания.

Три компоненты парадигмы геологии — эмпирические факты, законы физики и химии

и принцип актуализма просты и понятны (здесь нет смысла обсуждать, сколь непросто дается в геологии то, что можно назвать «фактом»). Четвертая компонента — эмпирические обобщения — значительно сложнее. Чтобы сформулировать ее содержательно, надо критически проанализировать всю систему геологического знания. Поэтому здесь приводятся лишь некоторые соображения, которые поясняют возможный смысл этой компоненты.

К эмпирическим обобщениям в геологии, например, нельзя отнести ни контракционную гипотезу и вытекающий из нее примат вертикальных движений, ни тектонику плит с горизонтальными движениями, ни тектонику плюмов, ни принцип кристаллизационной дифференциации как основной механизм, ответственный за поведение химических элементов в магматических процессах, ни представление о магматогенной, или, как говорили раньше, латераль-секреционной, природе рудного вещества гидротермально-метасоматических месторождений. Подобные взгляды (идеи), каждый раз основанные на гипотезе (а эмпирическим обобщениям в смысле Вернадского гипотезы противопоставлены!), относятся к классу моделей, их нецелесообразно (см. выше) включать в парадигму. Но можно наметить некоторые утверждения, которые могут стать эмпирическими обобщениями в геологии. Например, о том, что:

— все генетические типы вещества земной коры (магматическое, осадочное, метаморфическое, гидротермально-метасоматические образования, вещество гидросферы, атмосферы и живое) в ходе геологической истории постоянно вовлекаются в круговорот преобразования одного типа в другое и связаны между собой постоянными потоками химических элементов;

— все геологические процессы, протекающие в биосфере, прямо или косвенно подвер-

жены воздействию живого вещества (пересказ эмпирического обобщения Вернадского);

— геологические процессы, протекающие в биосфере (выветривание и эрозия, осадкообразование, формирование и эволюция состава гидросферы и атмосферы), имеют внешний (солнечный) источник энергии, тогда как все эндогенные процессы (магматизм, метаморфизм, гидротермально-метасоматические процессы, движение масс вещества) питаются внутренней энергией планеты;

— направленность тектонической (геодинамической) эволюции земной коры в геологической истории нашей планеты отражает преобразование подвижных зон (старых геосинклиналией) в стабильные (старые платформы), осложненное их активизацией;

— основной структурный элемент литосферы — относительно жесткие плиты, движение и взаимодействие которых определяют место, время и характер процессов, ведущих к формированию и структурно-вещественной эволюции земной коры;

— существует относительная замкнутость геохимического круговорота вещества континентальной коры во время эрозии и осадкообразования в пределах континентального блока, а латеральный обмен веществом между континентальным и океаническим блоками земной коры играет второстепенную роль;

— эндогенный магматизм — неперенный атрибут истории Земли (и всех планет земного типа);

— есть два геологически независимых типа магматизма (с точки зрения положения в геологическом пространстве-времени, определяющего источники вещества и условия локализации энергии) — мантийный (глубинный) и коровый (палингенный);

— земная кора в сопоставлении с силикатной фракцией хондритов и веществом верхней

мантии обогащена так называемыми «легкоплавкими» элементами, понижающими температуру ликвидуса силикатных систем (эмпирическое обобщение, на котором основан принцип выплавления и дегазации, предложенный А.П.Виноградовым для объяснения механизма формирования кор и атмосфер планет земной группы и земной гидросферы);

— существуют два типа корообразующего мантийного магматизма: складчатых поясов и островных дуг, ведущий к образованию континентальной коры, и рифтовых систем срединно-океанических хребтов, формирующий кору океанов;

— геохимическое разнообразие магматических пород существенно больше, чем разнообразие магм (эмпирическое обобщение, из которого вытекает идея дифференциации и на котором основан принцип фракционирования, предложенный

в качестве главного механизма магматической эволюции);

— изменение минеральных парагенезисов и составов кристаллизующихся минералов в ходе формирования дифференцированных серий магматических пород строго коррелируют с закономерностями кристаллизации соответствующих силикатных систем (эмпирическое обобщение, на котором основан реакционный принцип Н.Л.Боуэна);

— масса вещества, вовлеченного в гидротермально-метасоматические процессы, относительно незначительна по сравнению с массой земной коры;

— наблюдается множественность (гетерогенность) источников рудного вещества (понятие «рудное» — техногенное; правильнее говорить «источники локальных концентраций химических элементов»).

К эмпирическим обобщениям можно отнести и известные

формулировки В.М.Гольдшмидта* о том, что распространенность химических элементов определяется строением ядер атомов, а их распределение — строением электронных оболочек, или утверждение о том, что число минералов существенно меньше числа соединений химических элементов, «разрешенных» законами химической комбинаторики.

Но это лишь примеры, поясняющие возможный смысл понятий «эмпирическое обобщение» и «парадигма». Именно система эмпирических обобщений, которые невозможно вывести из «первых принципов», и является «граничным условием», выделяющим геологию как самостоятельную науку в широчайшем поле реализации общих законов физики и химии. ■

* Вернадский это положение сформулировал лет на 10 раньше Гольдшмидта, но оно осталось незамеченным геохимиками.

Гляциология

Ледовая летопись климата

Один миллион лет — таков возраст льда, извлеченного в Антарктиде в апреле 2006 г. группой японских гляциологов из Национального института полярных исследований. Керны льда, поднятые из скважины глубиной свыше 3000 м, расширяют временные рамки доступной изучению истории климата на 20 тыс. лет по сравнению с материалами бурения по проекту Эпика, который уже позволил раскрыть динамику атмосферы за последние 65 тыс. лет. Однако полагают, что этот новый рекорд окажется побитым, по-

скольку вскоре намечается поднятие кернов льда, возраст которого предположительно оценивают в 1,2 млн лет.

Science et Vie. 2006. №1065. P.19 (Франция).

Климатология

«Тибетский лифт» для поллютантов

Группа американских аэрологов из Атланты на основе спутниковых измерений, выполненных над Южной Азией, доказала, что водяной пар и оксид углерода попадают в верхние слои атмосферы преимущественно через Тибет, над северной окраиной «Крыши мира». Специалисты указывают, что процессы конвек-

ции, связанные с грозами над Тибетом (его средняя высота 4000 м), выносят в стратосферу, на высоту в 17 км, в три раза больше водяного пара и столько же оксида углерода, чем при более частых грозах над Индией.

Этот результат очень важен для уточнения прогнозов истощения озонового слоя под действием атмосферных поллютантов. Вынос этих веществ в стратосферу позволяет им быстро распространиться со струйными течениями и оказываться над другими частями земного шара, влияя тем самым на глобальную динамику толщины озонового слоя.

Пресс-релиз Технологического института штата Джорджия (Атланта, США); Science et Vie. 2006. №1066. P.30 (Франция).



Наблюдаемо ли комбинационное рассеяние света от одиночной молекулы?

О.А.Акципетров

Полированные тела испускают лучей меньше, нежели шероховатые.

К.Д.Краевич. Основания физики. СПб., 1911.

Вынесенная в заглавие тема относится не столько к области молекулярной оптики, как может показаться, сколько к оптике металлов. Нужно отметить, что оптика, и оптика металлов в том числе, — весьма традиционный раздел физики, с историей исследований, которую можно смело характеризовать как многовековую. Степень завершенности описания многих оптических явлений, по-видимому, можно сравнивать с завершенностью и совершенством классической механики.

Подобное эмоциональное вступление необходимо, чтобы подчеркнуть степень удивления, вызванного открытием в конце 70-х годов прошлого столетия целого ряда новых оптических явлений, единая природа которых не выходит за рамки классической электродинамики. Часть из них вполне можно было бы обнаружить многие десятилетия назад*, а заключаются они в значительном усилении оптических эффектов для специальных поверхностных металлических структур. Так, эффективные сечения поглощения, люминесценции, комбина-



Олег Андреевич Акципетров, доктор физико-математических наук, профессор кафедры квантовой электроники физического факультета Московского государственного университета им.М.В.Ломоносова. Область научных интересов — нелинейная оптика поверхности, наноструктур, фотонных кристаллов. Лауреат Государственной премии РФ 2001 г.

ционного рассеяния света, генерации оптических гармоник и других процессов возрастают на несколько порядков. Терминологически эти эффекты объединяются определением «гигантские». Именно гигантскому увеличению комбинационного рассеяния света молекулами, адсорбированными на поверхности, мы и уделим основное внимание.

Случайное открытие

Сначала напомним о «традиционном» комбинационном рассеянии (КР) света, называемом еще рамановским рассеянием или Раман-эффектом [1]. Этот термин связан с именем одного из первооткрывателей явления, индийского ученого Ч.Рамана, впервые его наблюдавшего (совместно с К.Кришнаном) одновременно с нашими соотечественниками Г.С.Ландсбергом и Л.И.Мандельштамом в 1928 г. и удостоенного за это открытие в 1930 г. Нобелевской премии по физике. При комбинационном рассеянии в спектре изначально монохроматического света после взаимодействия со средой появляются новые компоненты. Эти спектральные линии обладают удивительным свойством: разности их частот и частоты возбуждающего света совпадают с частотами внутримолекулярных колебаний, которые, в свою очередь, служат однозначной характеристикой молекул среды. Механизм появления новых линий в спектре рассеянного света имеет ясную радиофизическую аналогию и связан с воз-

* Не их ли имел в виду автор учебника по физике для Высших женских курсов, изданного в 1911 г., цитата из которого взята в качестве эпиграфа?

никновением новых – комбинационных – частот («боковых» полос) при модуляции амплитуды электромагнитного колебания основной частоты колебанием другой частоты. В случае КР света внутримолекулярное колебание атомов с характеристической частотой Ω_{mol} модулирует дипольный момент d_{mol} , наводимый в электронной подсистеме молекулы электромагнитной волной излучения накачки с амплитудой E_0 и частотой ω_L :

$$d_{\text{mol}} = [\alpha_R \sin \Omega_{\text{mol}} t] E_0 \sin \omega_L t \propto \alpha_R E_0 \sin(\omega_L \pm \Omega_{\text{mol}}) t. \quad (1)$$

Здесь α_R – рамановская поляризуемость молекулы, определяющая связь внутримолекулярного колебания с электронной поляризуемостью молекулы. Физический смысл такой связи понятен: электроны, ответственные за оптический отклик молекулы, движутся в электрическом поле, которое задается расположением атомов. Колебания последних модулируют его потенциал, что в итоге проявляется в модуляции дипольного момента молекулы. Этот промодулированный дипольный момент молекулы и переизлучает новые спектральные компоненты $\omega_{\text{st}} = \omega_L - \Omega_{\text{mol}}$ и $\omega_{\text{ast}} = \omega_L + \Omega_{\text{mol}}$, называемые стоксовыми и антистоксовыми линиями соответственно.

Перейдем теперь к самому важному обстоятельству. Интенсивность рассеянного света зависит не только от соответствующих молекулярных поляризуемостей, но и от числа молекул, попадающих в область рассеяния (т.е. от плотности вещества, а значит, и от его агрегатного состояния). Типичное отношение интенсивности стоксовой компоненты к интенсивности падающего излучения в конденсированных средах (в жидкостях и твердых телах) составляет 10^{-6} . Это позволяет считать КР весьма слабым эффектом. Для сравнения, та же величина для упругого – рэлеевского – рассеяния света, ответственного за голубой цвет неба, составляет 10^{-3} . Малая вероятность процесса КР в расчете на одну молекулу делает наблюдение КР даже при исследовании конденсированных сред достаточно сложной задачей, требующей современных лазерных источников и систем счета фотонов для регистрации рассеянного излучения. Однако КР – фантастически эффективный инструмент изучения строения молекул, поскольку набор частот внутримолекулярных колебаний однозначно связан со структурой молекул и внутримолекулярным взаимодействием. Это заставляет думать о применении КР для исследования систем с малым числом молекул в области рассеяния, например в молекулярных пучках или моно- и субмонослоях молекул, адсорбированных на поверхности. В последнем случае грубые оценки показывают, что число участвующих в процессе рассеяния молекул на шесть-семь порядков меньше, чем для твердого тела или жидкости. Тогда для монослоя адсорбата эффективность КР имеет порядок 10^{-12} – 10^{-13} . Чтобы оценить величину регистрируемого сигнала КР, учтем, что, во-

первых, для наблюдения КР в качестве спектральных приборов используются двойные монохроматоры, пропускающие только 10^{-2} входной интенсивности; во-вторых, от полной КР интенсивности, рассеянной в телесный угол 4π , только 10^{-3} собирается оптической конденсорной системой; и, наконец, квантовый выход фотоэлектронных умножителей (отношение числа выбитых из фотокатода электронов к числу упавших на него фотонов) имеет порядок 10^{-1} . Тогда при накачке лазерным излучением с мощностью $W_L = 1$ Вт, что соответствует потоку 10^{19} фотонов в секунду, от монослоя адсорбированных молекул нужно уметь зарегистрировать всего лишь один рамановский фотон в секунду, что представляет собой не совсем тривиальную задачу. Эти экспериментальные трудности возрастают многократно (я бы сказал, «многопорядково»), если речь пойдет об уменьшении плотности молекул вплоть до единиц молекул в области их взаимодействия со светом.

Однако идея исследования адсорбатов методом КР спектроскопии была настолько привлекательной, что экспериментаторы пытались разными ухищрениями увеличить регистрируемый сигнал КР. В 1974 г. английский электрохимик М.Флейшман решил увеличить эффективное число молекул, участвующих в рассеянии от монослоя, расширив площадь поверхности при сохранении видимой площади, освещаемой излучением накачки. Для этого он «прошероховатил» поверхность серебра в электролите (в водном растворе KCl) методом анодного травления, а затем там же в электрохимической ячейке адсорбировал на «разросшуюся» поверхность серебра монослой молекул пиридина – C_5H_5N . Флейшману легко удалось наблюдать спектр КР адсорбированных молекул, что он интерпретировал как следствие возрастания «эффективной» площади монослоя. Однако в какой-то момент стало понятно, что здесь что-то не так: регистрируемая интенсивность КР по аккуратным оценкам возрастала в 10^6 – 10^7 раз, в то время как площадь «разрыхленной» анодным травлением поверхности серебряного электрода увеличивалась только на порядок! Это говорило о том, что интерпретация Флейшманом его собственных экспериментов неверна (или неполна, по крайней мере), и за наблюдаемым усилением КР может стоять новый нетривиальный эффект, который и был назван позднее гигантским КР*.

* Кроме истории с не осознанным Флейшманом открытием гигантского КР, с его именем связана еще одна страница истории науки: в 1989 г. на специально созванной пресс-конференции он и его коллега С.Понс объявили о наблюдении «холодного термояда», т.е. об осуществлении реакции термоядерного синтеза элементов при комнатной температуре. Как известно, «обычно» для инициирования термоядерной реакции необходимы температуры, достигаемые в эпицентре взрыва атомной бомбы. Последующие исследования не подтвердили результаты Флейшмана.

Наноструктуры как оптические антенны

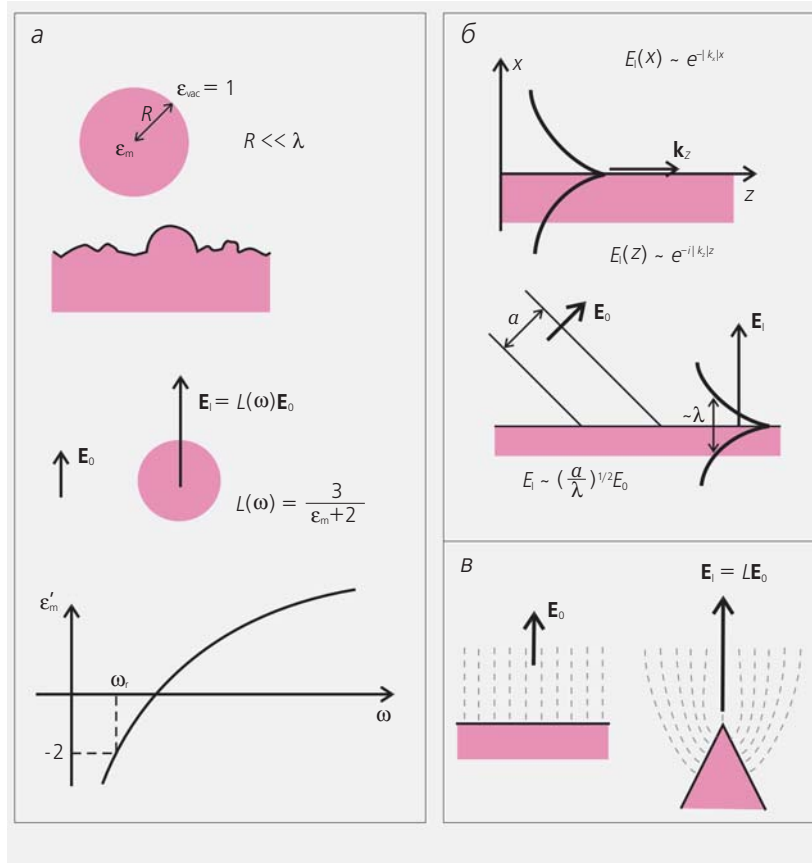
Для понимания механизма гигантского КР обратимся к выражению (1), а точнее, к входящей в него напряженности поля накачки, которая, собственно, и вызывает (еще говорят — наводит) стоков дипольный момент в молекуле. В «традиционном» КР на «свободных» молекулах в объеме конденсированной среды это напряженность внешнего электромагнитного поля, несколько модифицированная влиянием диэлектрической проницаемости среды за счет поправок «локального» поля. В обычной ситуации для молекул в объеме эти поправки близки к единице. Иное дело, когда молекула адсорбирована на поверхности металла, да еще и *шероховатого* металла. Специфика металлов связана с тем, что в оптическом диапазоне действительная часть диэлектрической проницаемости металлов отрицательна. С одной стороны, вследствие этого оптические волны не могут распространяться и затухают в объеме металлов. С другой стороны, на границе раздела или в металлических наночастицах могут возбуждаться оптические поверхностные плазмоны (особого рода коллективные колебания свободных электронов). В этом случае локальная природа оптического поля, действующего на молекулы вблизи поверхности, становится принци-

пиально важной, так как ниже мы увидим, что амплитуды локальных оптических полей в такой ситуации могут возрастать на порядки по сравнению с напряженностью внешнего поля вдали от поверхности.

Уже в самом простейшем случае гладкой поверхности идеального металла, когда на нее по нормали падает свет, вследствие интерференции падающей и отраженной волн возникает стоячая волна с удвоенной напряженностью электрического поля в областях пучности. Естественно, для молекул, находящихся в этих областях, все дипольные моменты будут также удвоены по сравнению с дипольными моментами молекул в объеме среды.

Еще более значительно оптическое поле модифицируется вблизи шероховатой поверхности металла и вблизи поверхности малых металлических частиц, с размером, много меньшим длины волны падающего света λ [2]. Действительно, рассмотрим малую сферическую частицу радиуса R с диэлектрической проницаемостью $\epsilon_m(\omega)$, для простоты помещенную в вакуум — рис.1,а. Такая сфера может служить электродинамической моделью либо коллоидной частицы, либо «элементарного бугорка» шероховатой поверхности — в обеих системах наблюдается гигантское КР. Пусть на эту частицу падает монохроматическая световая волна с напряженностью поля E_0 . Ка-

Рис.1. Различные электромагнитные механизмы усиления. Механизм усиления при возбуждении локальных поверхностных плазмонов (а). Металлическая сфера радиуса R с диэлектрической проницаемостью $\epsilon_m(\omega)$ моделирует коллоидную частицу или элемент шероховатой поверхности. Локальное поле E_l резонансно возрастает на частоте ω_p , такой что действительная часть $\epsilon'_m(\omega_p) = -2$. Механизм усиления при возбуждении бегущих поверхностных плазмонов (б). Поверхностная волна распространяется вдоль оси с действительным волновым вектором k_z , а ее амплитуда экспоненциально затухает в обе стороны от поверхности металла, поскольку компонента волнового вектора k_x мнимая. Эффект громкоотвода (в).



кова будет амплитуда оптического поля внутри сферы? В случае $R \ll \lambda$ задача имеет простое и хорошо известное из учебников электростатики решение: напряженность поля (теперь это уже локальное поле E_l) внутри сферы будет определяться выражением:

$$E_l(\omega) = L(\omega)E_0 = \frac{3}{\epsilon_m(\omega) + 2} E_0. \quad (2)$$

В обычном диэлектрике, для которого в видимом диапазоне $\epsilon(\omega) \approx 2 > 0$, «локальные» поправки из-за фактора локального поля $L(\omega)$ в выражении (2) незначительно сказываются на величине напряженности поля. Совершенно иное дело для металлической сферы: для металлов всегда существует спектральный диапазон, в котором действительная часть диэлектрической проницаемости $\epsilon'_m(\omega) < 0$. Тогда при некоторой частоте, иногда называемой резонансной, $\epsilon'_m(\omega_r) = -2$ и, как следствие, напряженность локального поля $E_l(\omega_r)$ на данной частоте существенно возрастает. Поскольку в знаменателе формулы (2) стоит полная комплексная диэлектрическая проницаемость (что учитывает наличие поглощения в среде) $\epsilon_m(\omega) = \epsilon'_m(\omega) + i\epsilon''_m(\omega)$, где $\epsilon'_m(\omega)$ и $\epsilon''_m(\omega)$ — действительная и мнимая части диэлектрической проницаемости сферы на резонансной частоте, то и на резонансной частоте знаменатель в ноль не обращается. Оказывается, что в резонанс $L(\omega_r) \propto |\epsilon'_m|/\epsilon''_m$. В благородных металлах, как, например, в серебре, где в видимом диапазоне поглощение мало, т.е. $\epsilon''_m \propto 0.05 \ll 1$, а $|\epsilon'_m| \propto 2$ (по условию резонанса), фактор локального поля может достигать 10^2 .

Очевидно, что локальное поле усилено не только внутри частицы, но и в некоторой ее окрестности. Таким образом, интенсивность КР в расчете на одну молекулу, адсорбированную на коллоидной частице или на шероховатой поверхности металла, пропорциональна квадрату дипольного момента на стоксовой частоте и имеет, в отличие от (1), вид

$$I(\omega_{st}) \propto [d(\omega_{st})]^2 \approx [L(\omega_l)]^4 (\alpha_R^*)^2 (E_0)^2. \quad (3)$$

В выражении (3) учтены два обстоятельства. Прежде всего, металлическая сфера усиливает не только поле накачки, но, будучи помещенной также и в поле стока дipoля, еще и излучаемое этим диполем поле на стоксовой частоте. Так в выражении (3) появляется четвертая степень фактора локального поля. Здесь также учтена малость Ω_{mol} по сравнению с ω_l , что дает $\omega_{st} \approx \omega_l$. Таким образом, усиление интенсивности КР может достигать многих порядков. Нужно отметить, что обсуждаемое усиление находится в полном соответствии с законом сохранения энергии. Оно означает только, что перекачка энергии из возбуждающей волны в волну КР происходит более эффективно при «посредничестве» металлической частицы (или шероховатой поверхности), играющей как бы роль при-

нимающей (на частоте ω_l) и передающей (на частоте ω_{st}) антенны. Этот электродинамический механизм усиления, связанный с резонансным возрастанием локальных полей при возбуждении дипольных колебаний электронного газа в малых металлических частицах, называется механизмом локализованных поверхностных плазмонов.

Второе важное обстоятельство, отмеченное в выражении (3), это отличие рамановской восприимчивости адсорбированной молекулы α_R^* от аналогичной восприимчивости свободной молекулы α_R в выражении (1). Такое отличие возникает из-за возможного образования новых химических связей адсорбированной молекулы с металлом и может также приводить к возрастанию интенсивности КР. Этот уже неэлектродинамический механизм усиления кратко обсудим ниже.

Другие механизмы усиления

Существуют и другие электродинамические механизмы, которые приводят к увеличению локального поля накачки. Остановимся на двух из них: механизме бегущих поверхностных плазмонов и «эффекте громоотвода».

На поверхности металлов (точнее, на границе раздела сред с положительной и отрицательной диэлектрической проницаемостью) могут существовать поверхностные электромагнитные волны, т.е. волны, бегущие вдоль поверхности и от нее в объем не «отрывающиеся». Амплитуда этих волн экспоненциально спадает в обе стороны по нормали к поверхности (см. рис.1,б). Такие волны, называемые еще поверхностными плазмонами, в оптическом диапазоне можно рассматривать как двумерный поверхностный свет. На гладкой поверхности металла поверхностные плазмоны не взаимодействуют с привычными для нас объемными световыми волнами: они не могут возбуждаться объемными волнами и не могут в них переходить, т.е. не могут переизлучаться в объем. Для такого взаимного перехода нужны, например, специальные призмы, дифракционные решетки или просто шероховатость поверхности.

Для нас важно, что энергия поверхностных плазмонов сконцентрирована вблизи поверхности в слое толщиной порядка λ . Представим себе, что нам удалось объемную световую волну накачки с мощностью W_l , напряженностью поля E_0 и площадью сечения пучка S_l (пусть, например, для простоты — это квадрат со стороной a) перевести в поверхностные плазмоны (рис.1,б). Теперь та же световая мощность W_l будет переноситься через сечение существенно меньшей площади S_s — ведь энергия не может накапливаться у поверхности. Это означает, что плотность потока энергии должна увеличиться, а, значит, должна увеличиться и напряженность поля E_s в поверхностной волне по сравнению с полем волны объемной накач-

ки E_0 . Простые геометрические соображения и определение потока мощности светового пучка через вектор Умова—Пойнтинга позволяют оценить напряженность локального поля вблизи поверхности: $E_1 = (a/\lambda)^{1/2} E_0 = L_p E_0$. Оценка величины фактора локального поля для поверхностного плазмона при сечении $a = 1$ см и $\lambda = 1$ мкм дает $L_p \approx 10^2$.

Еще одним механизмом усиления локального поля вблизи поверхности металла может быть оптический аналог хорошо известного из электростатики «эффекта громоотвода». Вблизи металлической поверхности с большой кривизной (проще говоря — вблизи металлического острия) однородное внешнее поле модифицируется: силовые линии концентрируются на острие и, как следствие, напряженность поля возрастает (см. рис.1,в). Этот эффект, давно известный в электростатике и реализуемый на практике в громоотводах, слабо зависит от частоты поля (с точностью до зависимости проводимости металла от частоты электромагнитного поля) и должен учитываться и в оптике. В нашем случае молекулы, адсорбированные на участках шероховатой поверхности с большой кривизной, попадают в локальное поле накачки, усиленное «эффектом громоотвода», что также приводит к эффекту гигантского КР.

Наряду с электромагнитными механизмами гигантского КР, нужно отметить уже упоминавшийся выше, альтернативный им адсорбционно-молеку-

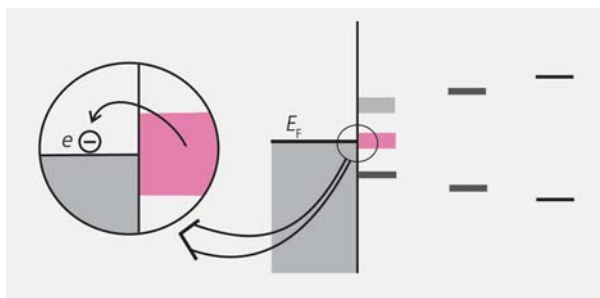


Рис.2. Адсорбционно-молекулярный механизм резонансного возрастания рамановской поляризуемости молекулы. Молекула представлена двухуровневой системой. Перенос электрона схематически показан на вставке. Электронный спектр зоны проводимости металла проиллюстрирован уровнем Ферми E_F , ниже которого все энергетические состояния заполнены электронами проводимости.

лярный механизм, связанный с изменением рамановской поляризуемости молекулы при хемосорбции. Как показано на рис.2, при сближении молекулы с поверхностью металла ее энергетические электронные уровни уширяются и сближаются, а при адсорбции (хемосорбции) на поверхности может возникать новое химическое соединение,

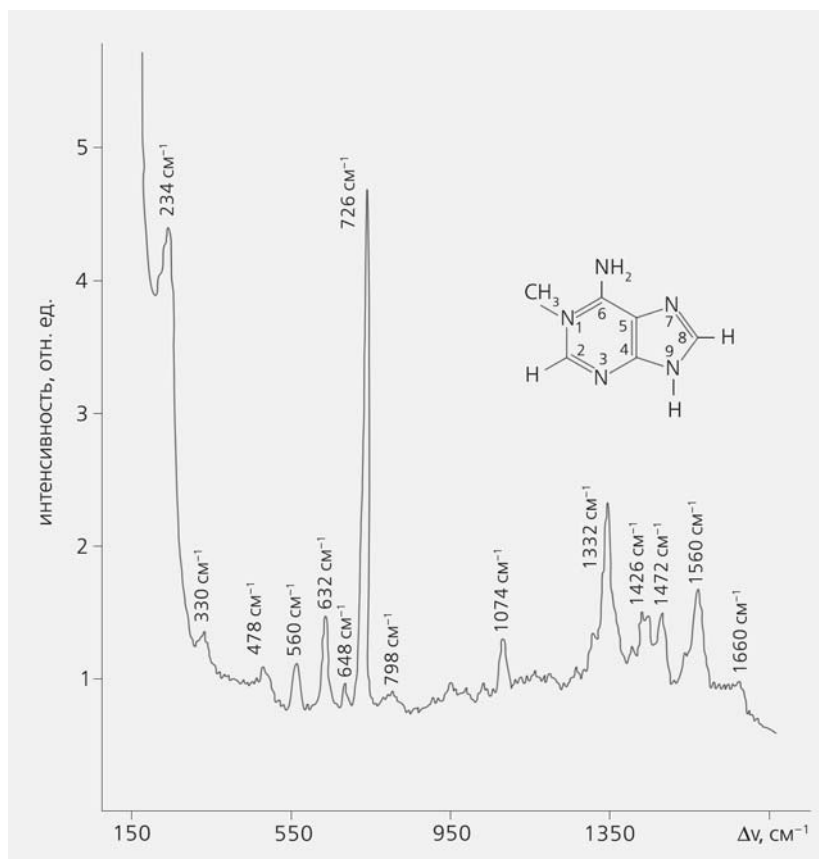


Рис.3. Спектр гигантского КР молекул метиладенина, адсорбированных на наночастицах золя серебра. Наибольшая интенсивность наблюдается для линии колебания с частотой $\nu = 726$ см $^{-1}$: абсолютная величина интенсивности составляет $\sim 10^5$ фотоотчетов в секунду (при общем количестве вещества в пятне порядка 10^{-10} моля). Интенсивность линии гигантского КР превосходит интенсивность традиционного КР в аналогичных условиях на 6—8 порядков.

отличное от исходного адсорбируемого вещества. По сути, образуется новая молекула со своим электронным спектром, в котором, кроме уровней исходной молекулы, присутствует новый уровень энергии, связанный с переносом заряда (электрона) между молекулой и металлом. Этот энергетический уровень, существенно уширенный взаимодействием электронов молекулы с электронами металла, часто называют полосой переноса заряда. Если полоса переноса заряда попадает в видимую область спектра, металломолекулярный комплекс будет резонансно возбуждаться излучением накачки. Иными словами, вновь образованная молекула обладает резонансной рамановской поляризуемостью: той самой α_p^* в выражении (3). При резонансном возбуждении в полосу поглощения электронного спектра поверхностного металломолекулярного комплекса интенсивность КР существенно возрастает, и само явление называется уже резонансным КР.

В качестве примера, демонстрирующего типичное усиление, наблюдаемое при гигантском КР, на рис.3 приведен спектр гигантского КР биомолекул метиладенина, полученный авторами работы [3] (там же дана структурная формула молекул). Метиладенин выделен из пробы со следовым его содержанием методом жидкостной хроматографии и в хроматографическое пятно введены серебряные наночастицы. Абсолютная величина интенсивности линии колебания с частотой $\nu = 726 \text{ см}^{-1}$ составляет $\sim 10^5$ фотоотсчетов в секунду при общем количестве вещества в пятне порядка 10 нг (грубо — 10^{-10} моля). Интенсивность гигантского КР на 6—8 порядков превосходит интенсивность традиционного КР в аналогичных условиях.

Помощь второй гармоники

Вопрос об относительном вкладе в усиление гигантского КР электродинамических и адсорбционно-молекулярных механизмов важен для целенаправленного создания усиливающих структур и выбора молекул, для которых этот эффект максимален. Сложность, однако, состоит в том, что в гигантском КР оба типа механизмов практически невозможно разделить экспериментально: с одной стороны, всегда в эксперименте по гигантскому КР существует металлическая структура, усиливающая локальные поля, с другой стороны, всегда есть адсорбция, меняющая рамановскую поляризуемость адсорбированной молекулы. Однако существует замечательная возможность обойти эти трудности, полностью исключив вклад адсорбированных молекул. Для этого нужно просто отказаться от молекул и исследовать нелинейно-оптический отклик самой металлической поверхности или структуры, в которой (конечно, в присутствии молекул) наблюдается гигантское КР. В отсутствии молекул единствен-

ным механизмом усиления оптических эффектов будет электродинамический механизм локальных полей. В качестве такого оптического индикатора усиления может быть выбран известный эффект генерации второй гармоники [4].

Генерация второй гармоники заключается в появлении света с удвоенной частотой при взаимодействии лазерного излучения с нелинейной средой. В спектре света, прошедшего через нелинейный кристалл или отраженного от поверхности нелинейной среды, кроме излучения на основной частоте ω_L , возникает компонента с частотой $2\omega_L$.

Появление такой новой спектральной компоненты легко понять из феноменологической модели нелинейно-оптической среды как среды, у которой диэлектрическая проницаемость $\epsilon(E)$ зависит от напряженности электрического поля E самой световой волны. Тогда при распространении монохроматической световой волны в нелинейной среде, обладающей нелинейной восприимчивостью второго порядка $\chi^{(2)}$, будет возбуждаться волна поляризации на частоте $2\omega_L$, которая и будет источником светового излучения второй гармоники. Интенсивность излучения отраженной второй гармоники пропорциональна квадрату амплитуды нелинейной поляризации и с учетом факторов локального поля для поля накачки и поля второй гармоники имеет вид

$$I_{2\omega} \propto \chi_{2\omega}^2 L^2 (2\omega_L) L^4 (\omega_L) I_L^2, \quad (4)$$

где I_L — интенсивность излучения накачки. В случае резонанса, когда $\omega_L \equiv \omega$, будет наблюдаться значительное усиление интенсивности второй гармоники, целиком определяемое электромагнитными механизмами, поскольку молекулы адсорбата на поверхности металла вообще отсутствуют.

Эксперименты по генерации гигантской второй гармоники для исследования электромагнитных механизмов проводились в самых разных усиливающих системах [5]. На рис.4,а приведено изображение так называемой островковой пленки серебра — ансамбля серебряных наночастиц, полученных термическим напылением металла на стеклянную подложку. Подобная пленка служит очень хорошей модельной системой для исследования усиления локальных оптических полей при возбуждении локальных поверхностных плазмонов. Спектр интенсивности излучения второй гармоники, генерируемой в островковой пленке, приведен на рис.5. Спектр демонстрирует гигантское резонансное усиление второй гармоники при перестройке частоты в области возбуждения локальных поверхностных плазмонов [6].

Интенсивно исследовалось усиление при возбуждении локализованных поверхностных плазмонов на шероховатой поверхности серебра в случае мелкомасштабной шероховатости, созданной методами электрохимического травления. Изображение морфологии данной поверхно-

сти в электронном микроскопе приведено на рис.4,б. В таких серебряных наночастицах наблюдалось усиление второй гармоники на пять-шесть порядков.

В качестве «громоотводной» металлической структуры, в которой наблюдалась гигантская вторая гармоника, была выбрана система микроострий, полученная напылением серебра на микропористую лавсановую пленку (так называемый ядерный фильтр) с последующим удалением лав-

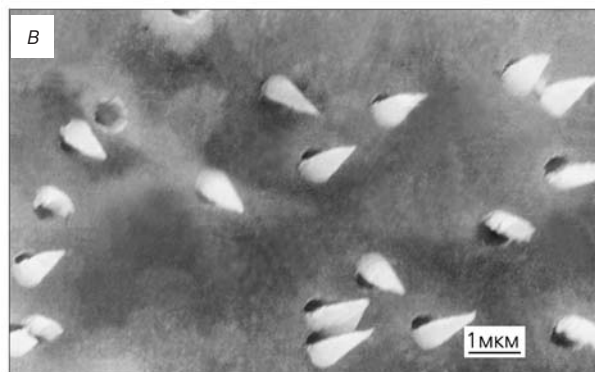
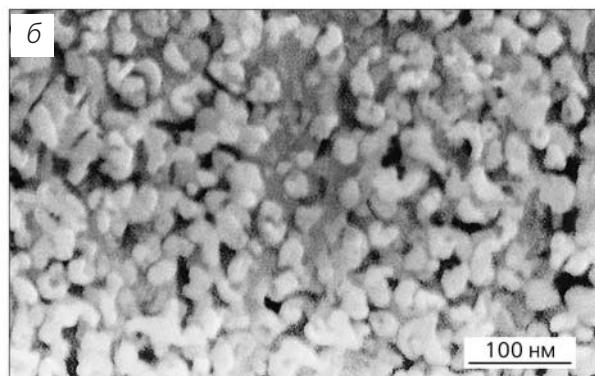
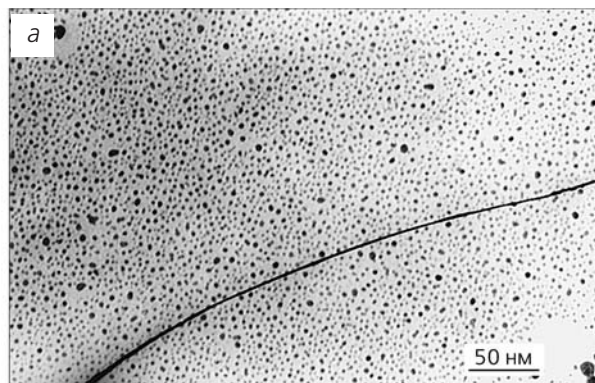


Рис.4. Изображения островковой пленки серебра со средним размером металлических частиц порядка 50 Å (а), шероховатой поверхности серебра, подвергнутой анодному травлению в электрохимической ячейке (б), серебряной пленки с остройной структурой (в). Все изображения получены в растровом электронном микроскопе.

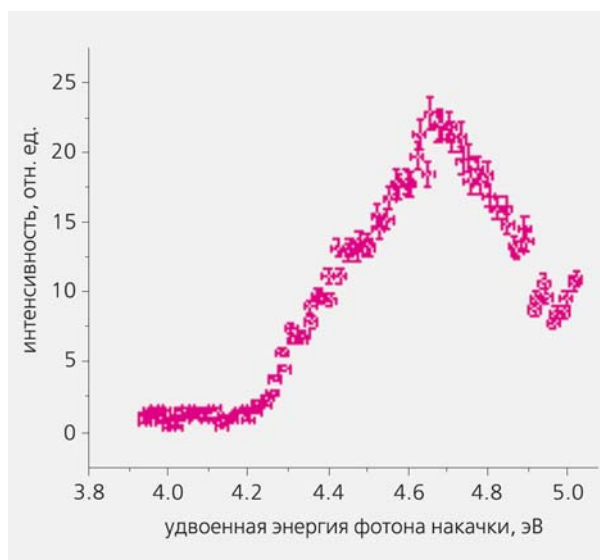


Рис.5. Спектр интенсивности гигантской второй гармоники для островковой пленки серебра. Спектральное поведение нелинейно-оптического отклика соответствует возбуждению локальных поверхностных плазмонов в серебряных наночастицах.

сана. Изображение этой структуры в электронном микроскопе приведено на рис.3,в. Усиление интенсивности ВГ за счет эффекта громоотвода достигает здесь 10^4 — 10^5 [7].

Исследовалась генерация гигантской второй гармоники и на гладкой поверхности металла при возбуждении поверхностных плазмонов. Оказалось, что возникающие при этом локальные поля усиливают эффективность генерации второй гармоники на четыре-пять порядков.

Многолетние комплексные исследования гигантского КР и гигантских нелинейно-оптических эффектов позволяет оценить относительную величину вкладов от обоих классов механизмов усиления. Оценивая грубо, можно сказать, что 5—7 порядков в усилении определяются электродинамикой, а за два-три порядка ответственны адсорбционно-молекулярные механизмы. [8]

Да или нет?

Вернемся, наконец, к вопросу, вынесенному в заголовок статьи. Ни один из рассмотренных механизмов по отдельности не может обеспечить усиление, необходимое для наблюдения комбинационного рассеяния от штучного числа молекул. Поэтому подходы, которые выбираются для реализации подобных прецизионных оптических экспериментов, состоят в очевидной попытке комбинировать возможные механизмы. Успешной была уже комбинация усиления при возбуждении локальных

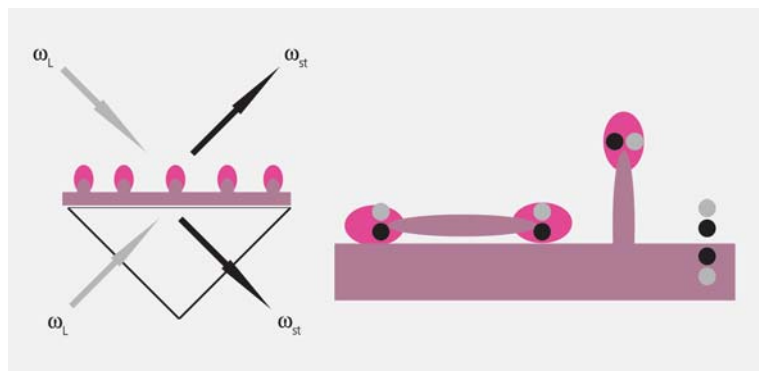


Рис.6. Схема серебряной структуры, в которой комбинируются различные механизмы усиления. Слева изображена призма Кречмана, в которой на тонкую однородную пленку серебра нанесены серебряные наноструктуры с большой кривизной поверхности у вершины. Розовый ореол иллюстрирует область усиленного оптического поля. Справа в более крупном масштабе добавлены изображения адсорбированных двухатомных молекул в виде двухцветных гантелей.

плазмонов с высокой добротностью и сильного резонансного КР [9]. Эти два механизма в совокупности с чувствительной методикой регистрации слабых световых потоков действительно позволили выделить сигнал КР от одиночной молекулы.

Дальнейшее развитие подобных экспериментов идет по пути создания металлических структур, комбинирующих все больше и больше из описанных выше механизмов. Пример такой структуры приведен на рис.6. На этой схеме показана тонкая металлическая пленка, нанесенная на «диагональную» грань призмы, изготовленной из стекла с большим показателем преломления. В такой структуре, известной под названием «призмы Кречмана», эффективно возбуждаются поверхностные плазмоны. Если теперь на такую пленку нанести одиночную наночастицу серебра (на практике это означает — нанести их достаточно редко) вытянутой эллипсоидальной формы с большой кривизной острия, то в области острия в той или иной мере сработают все электромагнитные механизмы усиления. Локальные оптические поля будут усилены как за счет возбуждения бегущих поверхностных плазмонов в пленке металла, так и за счет резонанса локальных плазмонов в наночастице и эффекта громоотвода вблизи ее острия. Если молекула, благодаря своей химической природе, будет еще и хемосорбирована на острие, то и адсорбционно-молекулярный механизм добавит свои два-три порядка в усиление.

Область приложения чувствительных систем наблюдения гигантского КР очевидна: это явление дает уникальный инструмент для качествен-

ного анализа следовых количеств молекулярных соединений, что весьма важно во многих областях человеческой активности, начиная с биомедицинских приложений и заканчивая антитеррористической деятельностью.

Именно подобные структуры, в которых усиление гигантского комбинационного рассеяния будет достаточным для наблюдения единичных молекул, наверное, можно будет считать аналогом обоняния.

* * *

Самое удивительное и неожиданное в этой истории — само обнаружение новых и действительно гигантских эффектов в весьма традиционной области физики — оптике металлов. Интересным кажется и то, что возникли два в известном смысле альтернативных подхода в объяснении гигантского усиления. Существенно, конечно, не то, что два (могло быть и больше), а то, что их природа действительно альтернативна. Один — это чистая электродинамика, второй же, по сути, — квантовая химия. А далее приходится только удивляться логике Природы, когда два альтернативных механизма, хоть и в значительно разной степени, но тем не менее оба, дают вклад в один и тот же эффект. Нам же в конечном итоге важно, что, комбинируя различные подходы, мы можем реализовать такие экспериментальные условия, при которых комбинационное рассеяние света, еще недавно не без проблем наблюдаемое даже в конденсированных средах, может действительно регистрироваться для одиночных молекул. ■

Литература

1. Горелик В.С. // Соросовский образовательный журнал. 1997. Т.7. С.91—95.
2. Емельянов В.И., Коротеев Н.И. // Успехи физических наук. 1981. Т.135. С.345—361.
3. Squarisi J.M., Koglin E. // Analit. Chemie. 1985. V.321. P.758—764.
4. Делоне Н.Б. // Соросовский образовательный журнал. 1997. Т.3. С.94—99.
5. Aktsipetrov O.A., Elyutin P.V., Nikulin A.A., Ostrovskaya E.A. // Phys. Rev. B. 1995. V.51. P.17591—17599.
6. Kim E.M., Elovikov S.S., Mursina T.V., Aktsipetrov O.A. // Phys. Rev. Lett. 2005. V.95. P.227402—227405.
7. Акципетров О.А., Баранова И.М., Мишина Е.Д., Петухов А.Б. // Письма в ЖЭТФ. 1984. Т.40. С.240—243.
8. Aktsipetrov O.A., Elyutin P.V., Nikulin A.A. et al. // Surf. Sci. 1995. V.325. P.343—355.
9. Kneipp K., Wang Y., Kneipp H. et al. // Phys. Rev. Lett. 1997. V.78. P.1667—1670.

Цунами в глубине Кольского полуострова?

А.А.Никонов,

доктор геолого-минералогических наук

Институт физики Земли им.О.Ю.Шмидта РАН

Москва

В поисках следов необычных природных явлений на территории Кольского п-ова я натолкнулся на любопытное описание озерных осадков более чем двадцатилетней давности.

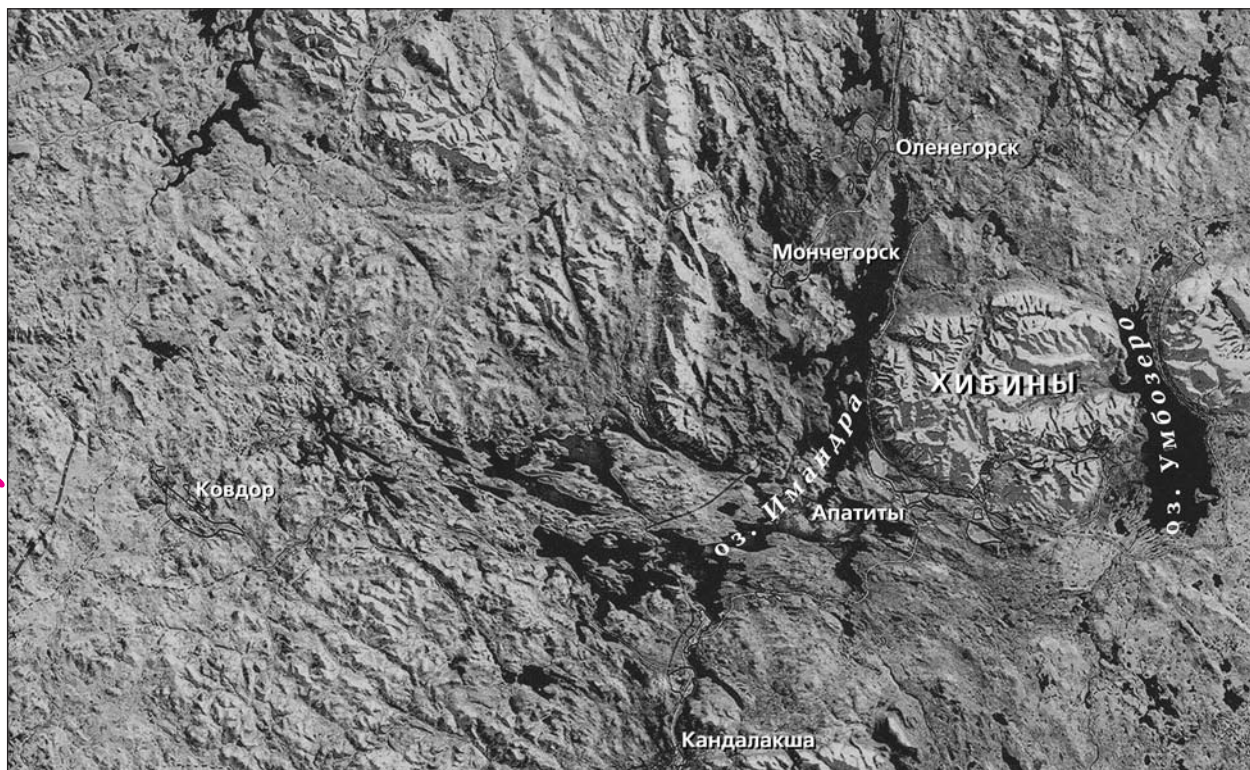
Среди грядово-холмистого рельефа на юго-западе Мурманской обл., у западной границы Имандровской котловины, в бассейне р.Ёны, расположено оз.Ковдор, вытянутое с северо-запада на юго-восток. Длина озера 3.5 км, ширина до 0.4 км. Котловина в основном заполнена водно-ледниковыми песчано-галечными отложениями. Поверх них почти повсеместно, в том числе и за пределами современной озерной ванны, распространена толща диатомита — породы, состоящей более чем на 50% из панцирей диатомовых водорослей. В нижней части толщи выделяется 20-сантиметровый пропласток ила — так называемой диатомовой гиттии [1]. Наиболее мощная толща диатомита, до 12—13 м, вскрыта в широкой и мелкозернистой северо-западной части озера. Там, близ берега, залежь осушена и карьером вскрыта нижняя часть разреза. На небольшом удалении от береговой линии палеоводоёма, на 0.4 м выше основания толщи диатомита в нем обнаружен размыв, на поверхности которого тонким прерывистым слоем залежали скопления гравия с редкой галькой и обломками древесины (в том числе обнаружен крупный ствол березы).

Накопление диатомовой гиттии началось во время бореального периода, а самого диатомита — во время атлантического периода [1], т.е. в середине голоцена. Уровень озера был тогда, несомненно, выше современного. Диатомит обычно откладывается в мелких озерах, в больших объемах у берега. Однако мощность толщи указывает на длительность и высокую скорость накопления этой породы в северо-западной части котловины, которое происходило в спокойных условиях. Только отмеченный размыв и появление тонкого слоя гравия, гальки и древесных остатков фиксируют некие изменения условий отложения осадков в начале долгого периода спокойного накопления. Размыв и принос явно перемещенного (аллохтонного) материала в виде чечевицевидных скоплений гравия, гальки, древесных остатков, как теперь известно, характерны для сильных цунами [2]. И в данном случае найти другое объяснение столь резкой и выразительной аномалии в разрезе трудно. Принос с берега в нашем случае исключается. Гравий и галька могли попасть в однородную толщу гиттии только со дна водоема, будучи подняты с глубины не менее нескольких десятков сантиметров (до 0.6 м) с соседнего участка дна. Это могло произойти только за счет сильной, внезапной, направленной из акватории в сторону берега волны цунами, которая одновременно эрозирует дно водоема у берега,

переносит обломочный материал и набрасывает его на прибрежную отмель. Именно так, например, происходило при Суматринском цунами 26 декабря 2004 г. [3].

На оз.Ковдор сильная волна могла подойти к северо-западному берегу водоема, где имела достаточное (несколько километров) пространство для разгона и набора высоты. Чтобы размывать лежащие ниже осадки — диатомит (0.4 м) и гиттию (0.2 м) — и захватить подстилающий обломочный материал и крупный ствол, волна в месте разреза должна была иметь высоту, по-видимому, не менее 1—1.5 м, скорее всего больше — 2—3 м.

Время прошедшего в Мурманской обл. события определяется на основе двух радиоуглеродных датировок [1]: мелкие древесные обломки с поверхности размыва имеют возраст 6950 ± 70 , а крупный ствол березы 7070 ± 50 лет. Внезапная волна случилась, видимо, несколько позже, возможно, на несколько сотен лет, поскольку первичное погребение древесных остатков, вероятнее всего, произошло при формировании толщи диатомита или подстилающего его илового слоя. Ориентировочно событие можно датировать 6.5 ± 0.2 тыс. лет назад. Косвенно эта оценка подтверждается датированием древесных остатков, вынутых из-под прибрежных песков в железнорудном карьере на прилежащем берегу. Здесь древесные остатки имеют возраст 6670 ± 80 лет.



Рельефная космofотокарта центральной части Кольского п-ова. Выделяются Чуна-тундры (в центре), Хибинский массив (справа) и Ловозерские тундры (у правого края), а также разветвленная система оз.Имандра (в центре). Маленькое оз.Ковдор располагается слева от оз.Имандра, восточнее одноименного поселка.

Возбуждение сильной волны цунами в небольшом озере наиболее вероятно связывать с сильным землетрясением, менее вероятно — со случайным или также порожденным землетрясением подводным оползнем в его акватории. Землетрясение, по-видимому, имело место восточнее, в котловине озера Имандра или в Хибинских горах. Чтобы поднять сильную волну цунами в небольшом озере, сила землетрясения в эпицентральной области, скорее всего, должна была достигать не менее чем 8 баллов.

Представление о возникновении сильных землетрясений в послеледниковое и голоценовое время в центральной части Кольского п-ова развивается в последние годы рядом исследователей. Так, С.Б.Николаева [4, 5] обнаружила в окрестностях оз.Имандра достаточно об-

ширную (70×18 км) область развития разного рода сейсмодетформаций как в коренных породах, так и в перекрывающем моренном покрове. Среди них на северном берегу оз.Экостровская Имандра выделяется сбросовый уступ высотой 5—6 м северо-восточного простирания и параллельно ему рвы-ущелья протяженностью по 25—250 м каждый с ясными признаками сейсмогенного происхождения. Полагают, что всего в 60—65 км к востоку от оз.Ковдор сейсмодислокация привела к образованию в кристаллических породах рва, пересекающего вершину водораздела между озерами Чуноязеро и Экостровская Имандра. Возникновение рва-грабена, судя по размерам, связывается с землетрясением силой 9 баллов и более. Возраст группы сейсмодетформаций в районе озера

Имандра точно не определен, но он скорее всего больше 10 тыс. лет. Имеются косвенные признаки «оживления» рва в связи с землетрясением в историческое время [6].

Возможность сильных землетрясений в бассейне оз.Имандры косвенно подтверждается и обнаруженными следами блоковых тектонических подвижек вплоть до среднего голоцена на низких (ниже 3 м) террасах в центральной части котловины оз.Бабинская Имандра [7].

На юге Хибинских гор и по периферии этого массива у его подножий обнаружены молодые разрывы и сейсмодетформации, которые интерпретируются как отражения очень сильных землетрясений, в том числе и голоценового возраста [8]. Недавно изучен еще один разрез в восточной части Хибин. В сильно увлажненных понижениях озер-

ной котловины Умбозера на песках с гравием залегают диатомовые илы и сапропели, в свою очередь перекрытые торфяниками [9]. Этот разрез очень близок к ковдорскому. Сапропели в котловине Умбозера начали откладываться примерно с 9270 ± 250 лет назад, а торфяники во временном интервале от 6770 ± 70 до 1470 ± 50 . По мнению исследователей, «изгибы торфа» обусловлены криогенными процессами. Между тем разрез находится южнее южной границы вечной мерзлоты, и речь идет о торфянике, сформировавшемся в более теплое, чем ныне, атлантическое и суббореальное время. Так что о вечной мерзлоте здесь речи быть не может.

В Карелии и Ленинградской обл. в торфе, как и в тонкозернистых минеральных отложениях, неоднократно наблюдались деформации, которые ныне специалисты считают результатом сейсмических воздействий. В рассматриваемом случае наиболее вероятно именно такое объяснение — тем более, что как раз в Восточных Хибинах обнаружили целый комплекс крупных сейсмогенных послеледниковых нарушений рельефа и коренных пород [9]. Подобные нарушения возникают при сейсмических событиях интенсивностью не менее 8 баллов, к тому же обычно именно в эпицентральных зонах.

Ранняя (из имеющихся) датировка торфа в котловине Умбозера очень близка времени предполагаемого цунами на оз.Ковдор и вероятного землетрясения в центре Кольского п-ова. Соответственно, можно предполагать, что речь идет об одном или близких во времени событиях. Если эпицентр землетрясения располагался в центре Хибин, то расстояние до Ковдора оценивается в 100 км, а от сейсмодислокаций на восточном склоне Хибин — 125–130 км, так что вполне вероятно могла возникнуть волна цунами на озерах Ковдор и Имандра.

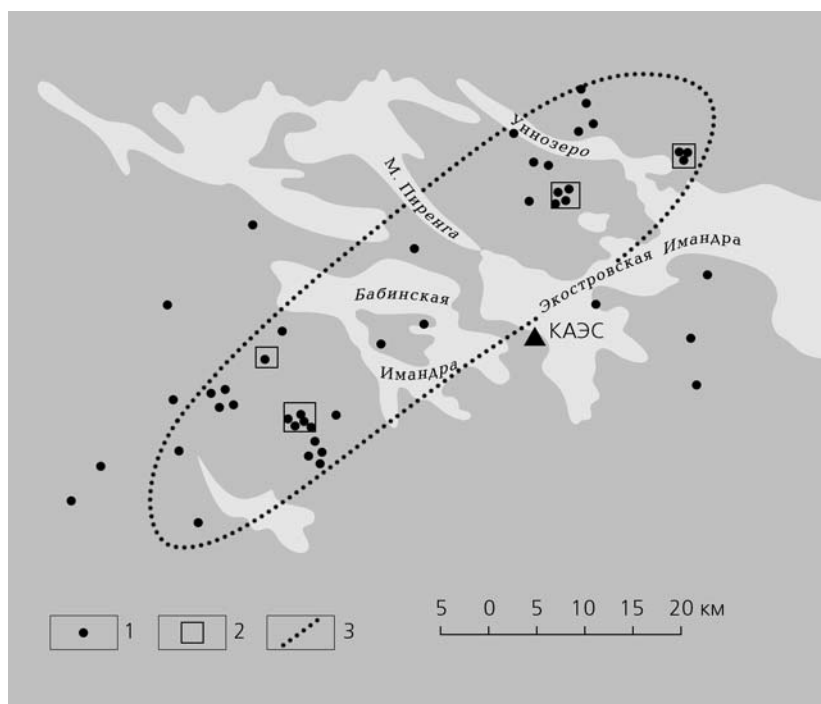
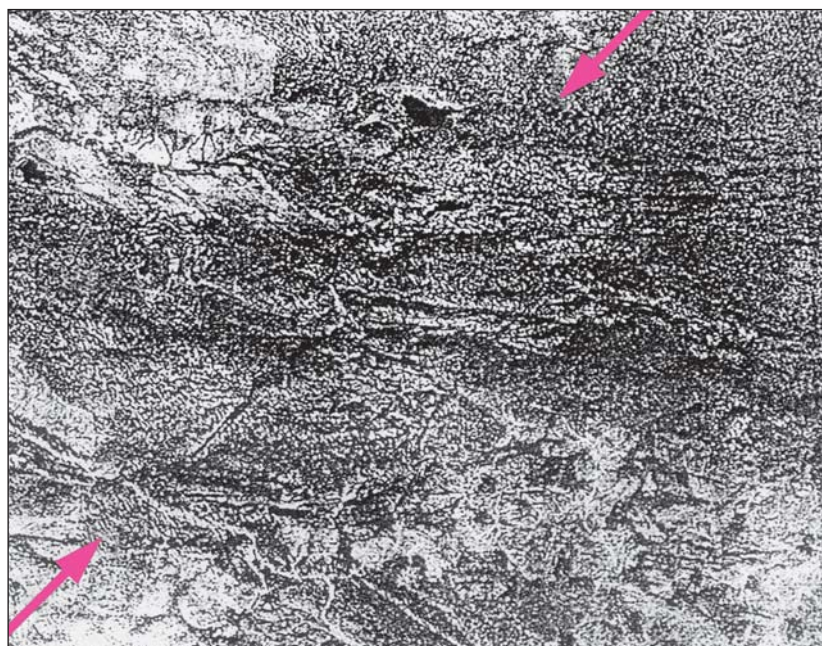


Схема распространения палеосейсмодислокаций в районе озер Бабинская и Эжостровская Имандра:

- 1 — палеосейсмодислокации, выделенные по материалам дешифрирования аэрофотоснимков;
 2 — участки проведения полевых работ;
 3 — граница наибольшего распространения сейсмодислокаций.
 Треугольник — местоположение Кольской атомной станции.
 По материалам С.Б.Николаевой [4].



Аэрофотоснимок палеосейсмодислокации в виде крупного секущего кристаллические породы архей рва (показан стрелками) на водоразделе озер Чунозеро и Бабинская Имандра.

Получается, что и в высоких широтах возможны цунами. Ничто не мешает им возникать при значительных землетрясениях в сезон открытой воды, но случаются они и подо льдом. Из относительно недавних событий сошлемся на наблюдения А.А.Балаганского: во время землетрясения 20 мая 1967 г.

с эпицентром в Кандалакшском заливе Белого моря в Керетской губе возникла волна, при которой на берег выброшено тяжелые и большие деревянные лодки [10]. Высота волны при этом должна была составить никак не менее метра. Подобные явления отмечались в 1937 г. на Сегозере в Карелии и в 80-х годах прошлого века на севере Ладожского озера.

Да и на оз.Имандра еще 100 лет назад вспоминали время, когда «по всему озеру пошли большие волны» при обстоятельствах, очень похожих на сильное землетрясение [6].

Вот и ответ на вопрос в заголовке. А главное — новая область исследования, оказывается, актуальная и для многочисленных бассейнов Европейского Севера. ■

Литература

1. Евзеров В.Я., Каган Л.Я., Лебедева Р.М. Начальный этап формирования диатомита в оз.Ковдор (юго-западная часть Мурманской области) // История озер в СССР. Тезисы докладов VI Всесоюзного совещания. Т. II. Таллин, 1983.
2. Bourgeois J., Pinegina T. Tsunami deposits on Kamchatka, Russia: contribution to historical and millennial records — work in progress / Tsunami risk. Workshop Proceedings. Moscow, 2001. P.68—78.
3. Никонов А.А. Волна, которая обошла весь мир // Природа. 2005. №5. С.23—29.
4. Николаева С.Б. Палеосейсмодетформации южной части Кольского полуострова // Четвертичные отложения и новейшая тектоника ледниковых областей Восточной Европы. Апатиты, 1993. С.69—81.
5. Николаева С.Б. // Геоморфология. 2001. №4. С.66—74.
6. Никонов А.А. // Знание — сила. 2004. №11. С.56—63.
7. Шварев С.В. // Геоморфология. 2003. №4. С.97—105.
8. Николаева С.Б. Палеосейсмодислокации в Хибинском массиве (северо-восточная часть Балтийского щита, Кольский полуостров) // Напряженно-деформированное состояние и сейсмичность литосферы. Тр. Всерос. совещания. Иркутск. 26—29 августа 2003 г. Новосибирск, 2003. С.409—412.
9. Романенко Ф.А., Лукашев А.А., Шеремецкая Ю.Р. и др. Формирование рельефа и рыхлых отложений Восточных Хибин в конце позднего плейстоцена и голоцене // Изотопно-геохимические и палеогеографические исследования на севере России / Ред. В.И.Николаев. М., 2004. С.82—127.
10. Никонов А.А. Макросейсмическая характеристика землетрясений XX века в восточной части Балтийского щита // Белорусский сейсмологический бюллетень. Минск, 1992. С.96—144.

Уникальные кадры

П.В.Флоренский,

доктор геолого-минералогических наук

Российский государственный университет нефти и газа им. И.М.Губкина
Москва

Полвека тому назад среди друзей моей тетушки, Анны Васильевны Гиацинтовой, была семья, к которой принадлежал летчик, работавший на Камчатке. Зная, что племянники Анны Васильевны — гео-

логи, они подарили ей несколько фотографий извержений вулканов. Фотографировать с самолета тогда категорически запрещалось, что делает еще более уникальными эти снимки.

На обороте первого снимка надпись: «27.X.55. Вулкан Карымский. Начало извержения.

Снято с высоты 2500 м». Вулкан Карымский извергается ежегодно, и фотографий его извержений достаточно, хотя с самолета, да еще полувекковой давности — невиданная редкость!

Второй снимок, сделанный с самолета, летящего с юго-запада, без подписи, но ясно, что

на нем Ключевская группа вулканов, покрытых снегом. Если считать, что оба снимка сделаны примерно в одно время, то перед нами фотография начальной фазы извержения вулкана Безымянный. Эруптивное облако поднялось над вулканом на высоту, вдвое превышающую Ключевскую сопку (4750 м над ур.м.), т.е. более 7 км над поверхностью. Особенно интересно, что видно, как из кратера по склону еще только начинает катиться агломератовый поток.

Сопка Безымянная в Ключевской группе вулканов считалась потухшей. В конце сентября 1955 г. здесь, в совершенно ненаселенном районе, усилились землетрясения, но их отнесли к Ключевской Сопке. И поэтому сильное извержение вулкана Безымянный, начавшееся 22 октября, оказалось полной неожиданностью. Высота мощного выброса пепла превышала 6 км. По склону на восток по долине р.Сухая Хапица скатилась огненная туча смешанных с пеплом раскаленных газов. Снег под ней растаял, и образовались селевые и водные потоки. Потом извержение стало затихать, а 30 марта 1956 г. вулкан Безымянный взорвался. Взрыв был направлен на восток под углом 40–45°, верхняя часть вулкана исчезла почти на 200 м (с 3075 до 2882 м). Эруптивное облако поднялось на высоты в десятки километров, и пепел был отнесен ветром вплоть до Тихого океана. Раскаленный агломератовый поток пепла, камней и газов устремился на восток вниз и остановился лишь через 18 км вблизи Передового хребта, перегородив р.Большую Хапицу. Сначала образовался кратер глубиной в несколько сот метров, но из него стал быстро подниматься экструзивный купол. С тех пор Безымянный стал одним из активных вулканов Камчатки. Сильные извержения происходили в 1961, 1966 и 1977 гг. За ним велись регулярные наблюдения из домика вулканологов, построенного на



Вулкан Карымский, 27 октября 1955 г.



Вулканы Ключевской группы. Начало извержения вулкана Безымянный, октябрь 1955 г. (?).

Из архива П.В.Флоренского

бровке взорвавшегося кратера. Последнее извержение произошло 9 мая 2006 г. и уничтожило эту научную базу.

Вулкан Безымянный находится вдали от населенных пунктов (конечно, к счастью, —

заметим мы), и фотографий его катастрофического извержения практически неизвестно. Появление же каждого нового снимка извержения Безымянного тех времен представляет несомненный научный интерес. ■

Что есть Каспий и как его поделить?

Е.Б.Чернявский

«Море проблем» — так называлась вышедшая не так давно книга сотрудников Совета по изучению производительных сил РАН и Минэкономразвития России о Каспии [1]. Действительно, проблем у этого моря-озера немало, но одна из них — ключевая и сдерживает решение других. Это проблема международно-правового статуса моря и его раздела.

Разграничение вод после распада СССР

На протяжении XX в. дважды — при распаде Российской империи, а потом и при распаде СССР — земли и воды прежде единой державы делили между вновь образованными на ее территории странами. И несмотря на территориальные споры и даже войны, всякий раз сухопутные границы в конце концов каким-то образом закреплялись в договорах, а пограничные воды, если таковые имелись, разделялись без особых осложнений. Так было повсюду, за исключением Каспия. Это удивительно, тем более, что между прикаспийскими государствами — и это надо подчеркнуть особо — не было и нет *территориальных* споров.

Сто лет назад морем владели две державы — Россия и Персия. Затем они пережили каждая свои смуты и распады, затем



Евгений Борисович Чернявский, заведующий сектором комплексного развития прибрежных зон в Совете по изучению производительных сил РАН и Минэкономразвития России. Географ-океанолог, занимался проблемами Каспийского моря, работая в Государственном океанографическом институте и Гидрометцентре РФ. Ныне научные интересы связаны с производительными силами морей и их бассейнов.

снова стали двумя государствами — СССР и Ираном, и, наконец, после распада СССР их стало пять: Россия, Казахстан, Туркменистан, Азербайджан, Иран (рис.1). Но воды Каспия, как никогда не были разделены, так не разделены и по сей день. Более того, даже не согласованы принципы их разделения.

«С распадом СССР и появлением трех новых прикаспийских государств политическая ситуация в регионе изменилась кардинально, но международно-правовой статус Каспия остался без изменений», — так объясняет дело юрист-международник Ю.Г.Барсегов [2]. Отсюда следует, что статус Каспия не выдержал распада СССР в силу своей исключительности. Он оказался исключительно плох.

Для сравнения обратимся к истории раздела вод между Финляндией, Эстонией и Россией (рис.2). При дележе владений

бывшей Российской империи в 1920 г. Финский залив был разбит этими странами на три части, Ладожское озеро — на две (финскую и российскую), Чудское и Псковское озера — тоже на две части (эстонскую и российскую). В 1939—1940 гг. СССР отвоевал у Финляндии большие территории. Соответственно изменились и границы вод. Ладожское озеро стало целиком советским, а в Финском заливе доля СССР увеличилась за счет финских владений. Эстонские владения при этом затронуты не были. Несколько месяцев спустя все эстонские земли и воды вошли целиком в состав СССР. При этом событии финские владения в море никак не изменились. Наконец, в 1991 г. советская часть Финского залива и Чудское озеро были разделены между Россией и Эстонией. Новая граница местами оказалась не там, где про-

ходила граница 1920—1940 гг. Она оставила Псковское озеро России, точно совпала со старой на Чудском озере и вышла к морю в устье реки Наровы. Это на 12 км западнее выхода к морю прежней границы. От этой точки начинается новая морская граница между Эстонией и Россией.

Каков же вывод из этой истории? Он состоит в том, что хотя те договоры о границах, которые заключали между собою Финляндия, Эстония, РСФСР, СССР, а затем и Россия, с точки зрения одной из сторон могли выглядеть несправедливыми, но юридически они были составлены правильно. Поэтому при том или ином положении сухопутной границы разграни-

чение вод проходило без осложнений. При этом воды Финского залива разграничивались так, как полагается делить воды морей, а воды озер — так, как полагается делить воды озер. Оказывается, правовой статус этих вод сохранялся и работал при любых переделах. Что, собственно, от него и требуется.

Морские и озерные границы

Размежевание суши и вод между соседними государствами происходит по разным правилам. На суше чаще всего применяются способ, который можно назвать географическим, поскольку он привязан к фор-

мам поверхности Земли (руслам, водоразделам, тальвегам и т.п.) или к другим реально существующим географическим объектам.

Воды морей, а также озер и других природных водоемов делят иначе. Морские границы должны отвечать нормам международного морского права. В современном мире это не только отрасль науки, но и целая система законов, конвенций и других установлений, а также и учреждения, которые ими занимаются [3]. Эти границы, во-первых, разделяют собою морские воды соседних государств, а во-вторых, определяют те пределы, до которых права прибрежного государства на морские ресурсы простираются от берега в море.

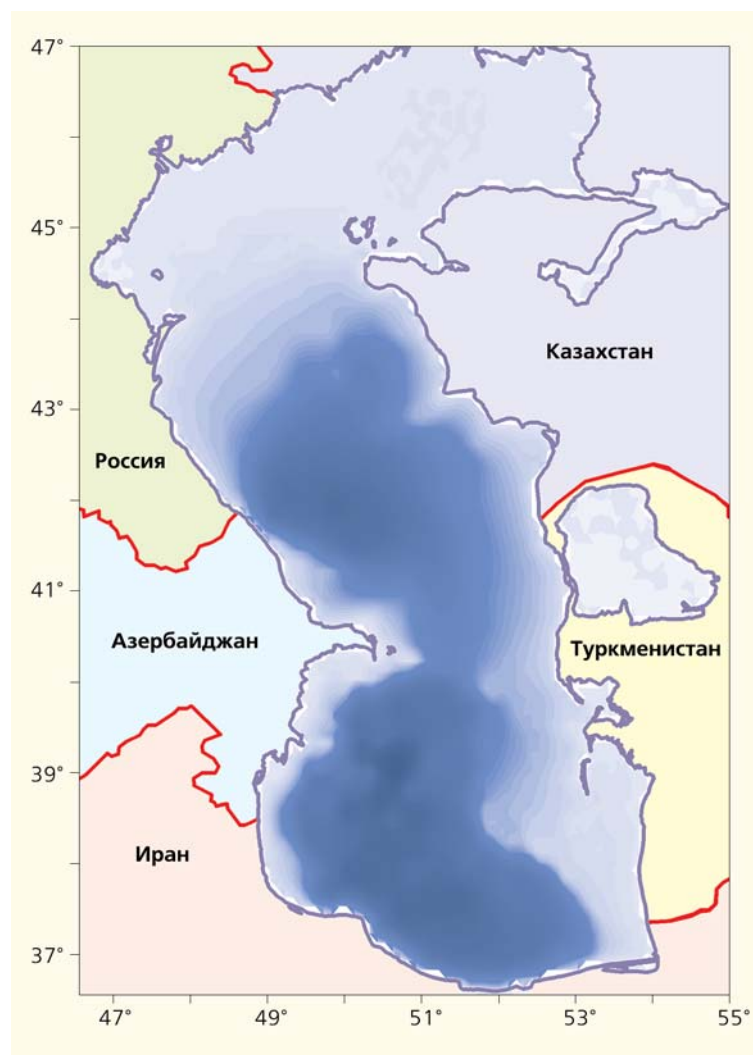


Рис.1. Прикаспийские государства в 2007 г. на фоне батиметрии дна.



Рис.2. Граница между РСФСР и Эстонией в 1920—1940 гг. (зеленая линия) и современные (красные линии).

Ближе к берегу находится так называемое территориальное море. Его ширина обычно составляет 12 морских миль, или же 22 км. На него распространяется суверенитет прибрежного государства. Далее простирается исключительная экономическая зона, на которую распространяется юрисдикция прибрежного государства. Основное внимание специалистов морского права занимает внешняя граница, отделяющая пределы морских владений государства от неделимого достояния всего человечества, «Божьей дороги», по выражению русского царя Федора Иоанновича [3. С.7], каким был и пока что остается открытый океан. Триста с лишним лет назад считалось, что такая граница должна быть удалена от берега на пушечный выстрел [3. С.33]. Теперь это расстояние отсчитывается не просто от берега, который разрушают волны и насыпают люди, а от фиксированной исходной линии. И само оно выросло до 200 морских миль (370 км). Немудрено, что такие широкие владения кое-где смыкаются между собою и внешняя граница превращается в морскую границу между соседними странами. Именно так, целиком и без остатка, поделено на части Балтийское море.

Граница между морскими владениями двух сопредельных стран устанавливается так, как они договариваются между собою, или же так, как их рассудит международный суд. Обыкновенно она проводится на равном удалении от их берегов, по медианной линии.

Воды пограничных озер делятся между приозерными государствами без остатка. Через озера и прочие естественные водоемы, а кое-где и через моря, границы иногда проводят, так сказать, по прямой. Однако на сфере прямых нет, и на самом деле кратчайшим расстоянием между двумя точками на поверхности Земли будет отрезок дуги большого круга — ортодромия. Впрочем, для разгра-

ничения могут быть использованы также параллель, локсодромия (кривая, по которой движется судно, если идет постоянным курсом) и другие геодезические линии. Такой способ определения границ можно назвать геодезическим или абсолютным, поскольку он строится безотносительно к рельефу. Этот способ всегда применяется для водных пространств, но иногда и для суши. Именно так, напрямую через горы, доли и озера, проведены большие куски границы между США и Канадой и границы в Австралии. По этому поводу можно напомнить такой пассаж Жюль Верна: «...бросается в глаза прямолинейность границ австралийских провинций. Англичане провели их прямехонько, несколько не сообразуясь ни с горными склонами, ни с течением рек, ни с климатическими особенностями, ни с различием рас... В этих прямых линиях видна рука геометра, а не географа» [4].

Отчего же с разделом Каспийского моря возникли такие трудности, каких в бывших водах Российской империи и СССР не было больше нигде?

Особенности международно-правового статуса Каспия

Причина состоит в неясности международно-правового статуса Каспийского моря. В двусторонних российско-персидских, а затем советско-иранских соглашениях стороны не трактовали Каспий ни как море, ни как озеро, а главное, они его между собою никак не делили и государственную границу по нему не проводили.

По тексту Гюлистанского трактата 1813 г. и Туркменчайского трактата 1828 г. выходило, что Каспийское море было внутренним для купеческих судов как одной, так и другой стороны, а для военных судов — исключительно российским: «Рос-

сийские купеческие суда, по прежнему обычаю, имеют право плавать свободно по Каспийскому морю и вдоль берегов оною, как равно и приставать к ним; в случае кораблекрушения, имеет быть подаваема им в Персии всякая помощь. Таким же образом, предоставляется и Персидским купеческим судам право плавать на прежнем положении по Каспийскому морю и приставать к берегам Российским, где взаимно, в случае кораблекрушения, имеет быть оказываемо им всякое пособие. Относительно же военных судов, как издревле одни военные суда под Российским военным флагом могли иметь плавание на Каспийском море; то по сей причине предоставляется и подтверждается им и ныне прежнее сие исключительное право, с тем, что кроме России, никакая другая Держава не может иметь на Каспийском море судов военных» [5].

Это ограничивающее Персию положение было снято в статье 11 договора 1921 г., и Каспийское море стало общим для всех судов обеих сторон без различия: «Исходя из того соображения, что, в силу провозглашения в статье 1 настоящего Договора принципов, утратил также силу и мирный трактат, заключенный между Персией и Россией в Туркманчае 10 февраля 1828 г., статья 8 коего лишала Персию прав иметь флот на Каспийском море, обе Высокие Договаривающиеся Стороны согласны, что, с момента подписания настоящего Договора, они будут в равной степени пользоваться правом свободного плавания по Каспийскому морю под своим флагом» [6].

Наконец, статья 13 договора 1940 г. гласит: «Договаривающиеся Стороны условились, что в согласии с принципами, провозглашенными Договором от 26 февраля 1921 г. между Российской Социалистической Федеративной Советской Республикой и Персией, на всем протяжении Каспийского моря мо-

гут находиться только суда, принадлежащие Союзу Советских Социалистических Республик или Ирана» [7].

Ввиду таких немислимых ограничений свободы мореплавания, которые устанавливали обе стороны, можно заключить, что они не считали Каспий морем. Каждая каспийская держава имела основания понимать Каспий как свое внутреннее озеро. Статус Каспийского моря был установлен так, что ничто не воспрещало иранским судам, например военным, по своему усмотрению зайти в Баку. Ничто, кроме здравого смысла. Ибо на самом деле Каспий был внутренним озером СССР. Однако и здесь не обойтись без оговорки, поскольку в 1935 г. часть Каспия к югу от линии Астара-Атрек была закрыта для советских судов постановлением НКВД СССР за подписью небезызвестного Ягоды. Иранцы тоже благоразумно не пересекали эту линию, хотя имели на это полное право.

В то же время по внутренним советским установлениям Каспий считался морем. Всякая деятельность на Каспии была закреплена за морскими ведомствами и управлениями, а в законодательном отношении определялись морскими нормами, правилами, уставами и тарифами. Изучением Каспия занимались морские гидрографы и океанографы. Единственно, им приходилось останавливаться на этой «линии Ягоды», вследствие чего лежащая за ней четвертая часть объема воды Каспийского моря долгие годы оставалась вне поля зрения науки.

Таким образом, закрепленный договорами международно-правовой статус Каспия представляется порочным. Нет никакого сомнения и в том, что он сделан именно так, как того хотела советская сторона. В условиях безраздельного советского господства на Каспии статус моря, каков бы он ни был, никак не стеснял СССР. Он как будто устраивал всех.

Ныне, когда СССР распался, а прикаспийских государств стало пять, пороки статуса дали о себе знать. Для законного раздела Каспия, подобного сделанному на Финском заливе и Чудском озере, не на что опереться. Нужен новый международно-правовой статус. Не в последнюю очередь он должен будет иметь правильное географическое основание. Именно эта сторона дела рассматривается ниже.

Гидрологический статус Каспия

Известно, что Каспийское море представляет собою бессточное и самое большое из всех озер на Земле (площадь около 400 тыс. км²). Отличительная черта бессточного озера — неустойчивость. Пусть мерой неустойчивости водоема будет отношение площади его водного зеркала к площади его водосборного бассейна. Это число определяет чувствительность водоема к явлениям, протекающим в его бассейне, т.е. его зависимость от этих внешних по отношению к нему самому событий. Для Каспия это отношение примерно равно 1:9, для Мертвого моря 1:64, для оз.Чад — 1:100,

а для Мирового океана, который тоже представляет собою бессточный водоем, — 3:1. Как видно, Каспий занимает промежуточное положение между океаном, который может считаться самой устойчивой и независимой экосистемой Земли, мелеющим Мертвым морем и эфемерным Чадом. Однако неустойчивость Каспия все же очень велика. Она выражается в непредсказуемых колебаниях объема его вод и в сопутствующих изменениях среднегодовых отметок его уровня. Ряд среднегодовых значений уровня Каспия имеет бимодальное распределение (рис.3), а это значит, что средняя величина уровня за время с начала инструментальных наблюдений не является наиболее вероятной его величиной. Иначе говоря, понятие нормы в применении к среднему уровню Каспия не имеет смысла.

Неустойчивость Каспия простирается еще дальше. Он даже не всегда бессточен. Более того, во все то время, когда он подвергается научным наблюдениям, Каспий имеет сток в Кара-богаз-гол. Да, на картах Кара-богаз-гол обозначен как залив, соединенный одноименным проливом с Каспием. Но на самом деле это не совсем пролив. Обычно



Рис.3. Сглаженная гистограмма распределения среднегодовых отметок уровня Каспийского моря с 1830 г. (оранжевая линия) в сравнении с графиком нормального распределения для той же выборки (зеленая линия).

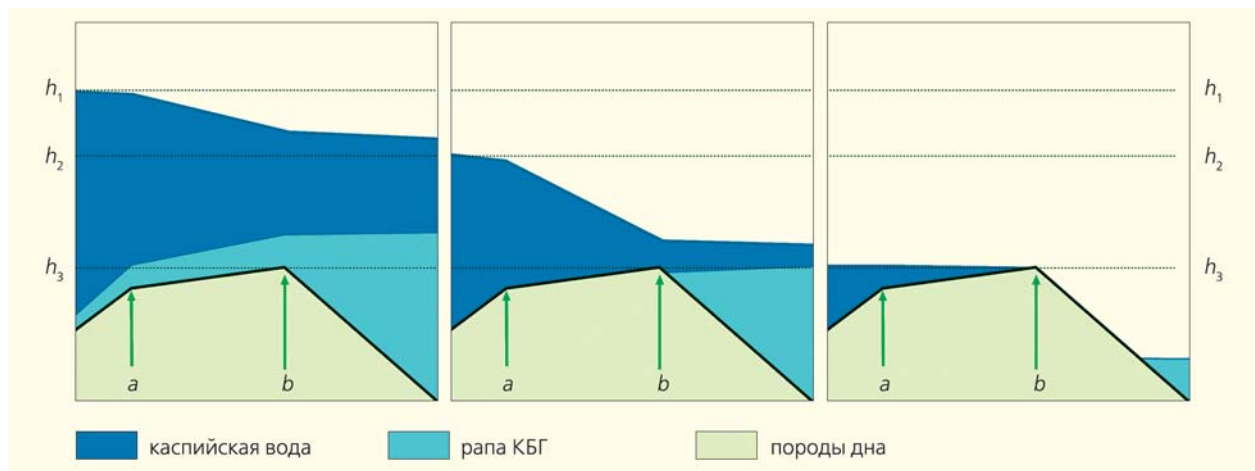


Рис.4. Схематический разрез вдоль пролива Кара-богаз-гол в направлении с юга на север при различных положениях уровня Каспийского моря. Обозначения: *a* — вход в пролив из Каспийского моря (входной створ), *b* — выход из пролива в Кара-богаз-гол (выходной створ), h_1 — верхний критический уровень (около -25 м), h_2 — современный уровень (около -27 м), h_3 — нижний критический уровень (около -31 м).

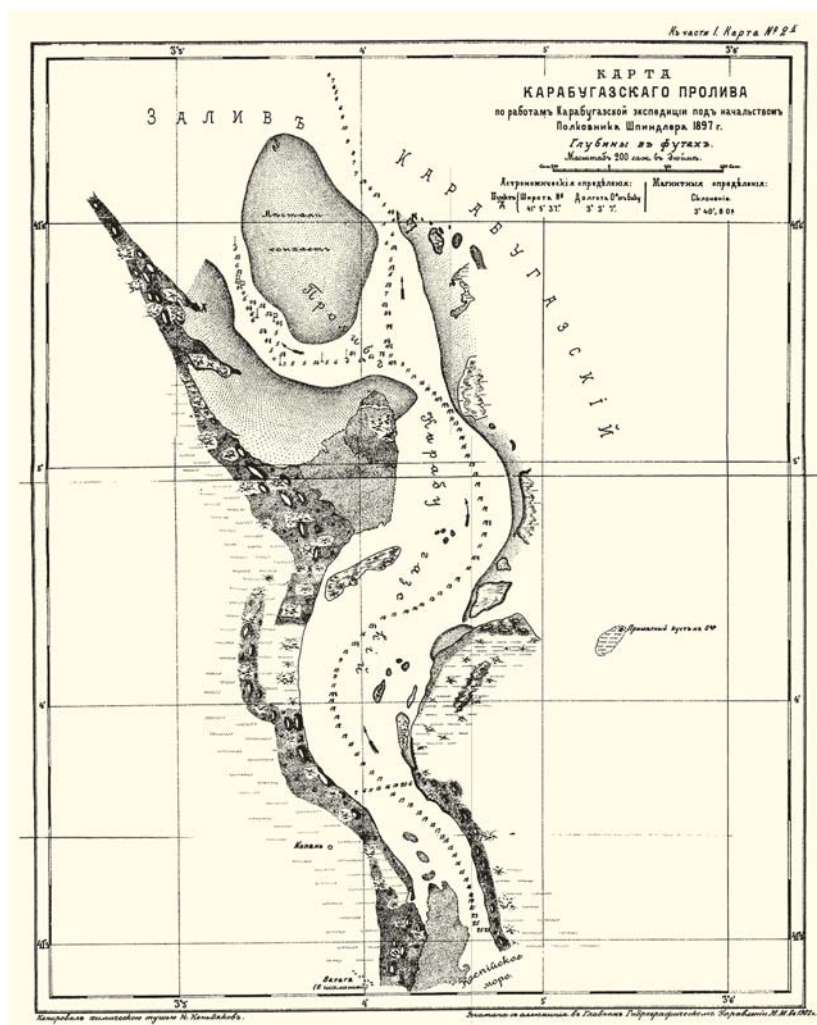


Рис.5. Карта пролива Кара-богаз-гол по промерам экспедиции 1897 г.

в проливе, соединяющем между собою два естественных водоема, вода либо постоянно, либо попеременно движется в обе стороны, т.е. происходит водообмен [8]. В проливе Кара-богаз-гол вода движется всегда в одну сторону, как в речном протоке, наподобие尼亚гары. Значит, сам Кара-богаз-гол уместно считать не заливом, а отдельным бессточным озером.

За годы наблюдений были выявлены три простые закономерности. Во-первых, уровень Кара-богаз-гола всегда ниже, чем уровень Каспия. Во-вторых, он тем выше, чем выше уровень Каспия. В-третьих, он тем ближе к уровню Каспия, чем выше этот уровень. Самый высокий уровень Каспия был зафиксирован в 1929 г., и тогда уровень Кара-богаз-гола был ниже него примерно на 0.5 м. В разгар падения уровня в 1946 г. перепад составил 2.9 м. После этого в протоке возник водопад, и гидравлическая связь между водоемами прервалась [9]. В общем, в зависимости от уровня Каспия связь последнего с Кара-богаз-голом может изменяться, принимая одну из трех качественно разных форм (рис.4).

Первая — это настоящий водообмен через пролив, который

на самом деле никогда не наблюдался. Вода из Каспия стекает в Кара-богаз-гол, а в придонном слое поток рапы направлен из Кара-богаз-гола в Каспий. Такое положение возможно при очень высоком стоянии уровня Каспия, выше –25 м относительно нуля Кронштадтского футштока. Тут уж залив Кара-богаз-гол действительно становится заливом, пролив Кара-богаз-гол — проливом, а Каспий — бессточным озером. Близкое к этому состояние наблюдалось до 30-х годов (оно зафиксировано на карте, составленной на основании съемки 1897 г. [10] (рис.5), и в лоции 1935 г. [11], где пролив Кара-богаз-гол описан как судоходный).

Вторая форма связи наблюдается сейчас. Воды Каспия стекают в Кара-богаз-гол, а обратного потока рапы в Каспий нет.

И наконец, когда уровень Каспия ниже отметки –31 м, стока из Каспия в Кара-богаз-гол нет. Каспий становится бессточным. Кара-богаз-гол пересыхает. В естественных условиях такое положение пока не наблюдалось, хотя в конце 1970-х годов до него было недалеко. Тогда уровень Каспия упал так низко, что его вода переливалась в Кара-богаз-гол через уступ водоппада, и сходство протока Кара-богаз-гол с Ниагарой было вполне наглядным. В этот момент проток был перекрыт дамбой. Бессточный режим Каспия был создан искусственно.

Поскольку взаимоотношения между Каспием и Кара-богаз-голом могут иметь международно-правовые последствия, имеет смысл рассмотреть этот вопрос. Кара-богаз-гол уместно считать отдельным озером, а не заливом, не только потому, что его уровень всегда несколько ниже уровня Каспия, и не только потому, что между этими водоемами невозможен водообмен. К этому надо добавить и полное различие их флоры и фауны. Действительно, все живое, что выносятся потоком из Каспия с его солоноватой водой в карабогазскую ра-

пу, содержащую в каждом литре в сто с лишним раз больше соли, немедленно погибает. А тем организм, что способен жить в Кара-богаз-голе, вообще не дано выбраться из него.

Даже термический режим этих водоемов совершенно различен, хотя их разделяет лишь узкая песчаная коса. К востоку от косы лежит мелководный Кара-богаз-гол, и климат там солнечный. Это значит, что там почти нет термической инерции: взошло солнце, и рапа быстро нагрелась, настала ночь, и она так же быстро остыла. Иное дело Каспий. Он так велик, что обладает некоторыми признаками моря. Здесь, как и в море, наблюдается климатическая зональность и адвекция тепла течениями. На карте, построенной по спутниковым данным, в одноградусном квадрате (рис.6) хорошо видны контрасты температуры. Слева,

на восточной окраине Среднего Каспия, у самого берега видны разливы холодной воды, которая поднимается по склону дна из глубины к поверхности и затем длинными языками вторгается в теплые воды открытого моря. Удивительно, но в жаркий июльский день температура у этого берега Туркмении такая, что не искупаешься. Это последствия сгона, или, как теперь говорят, апвеллинга, явления, характерного именно для морей. А справа на карте видна часть Кара-богаз-гола, отделенная от Каспия узкой песчаной косой. Здесь рапа теплее каспийской воды на 8°. Она нагревается примерно так же, как почва пустыни, и одинаково по всей площади водоема. И лишь там, где в Кара-богаз-гол через узкий проток врывается свежая каспийская вода, на карте видно небольшое холодное пятно, похожее на факел во мраке.

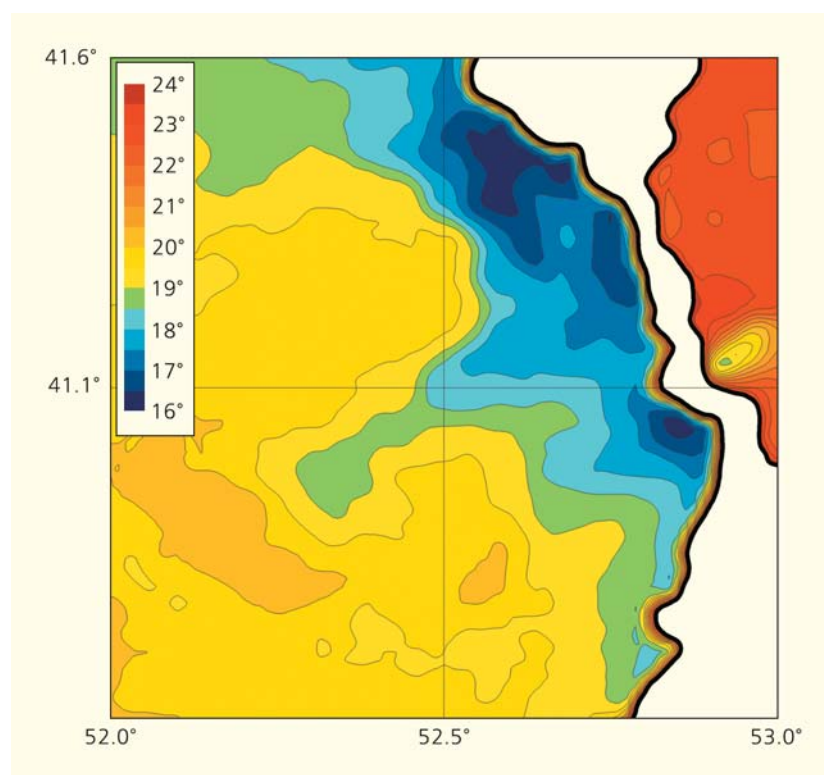


Рис.6. Температура (°C) поверхности в одноградусном квадрате на востоке Среднего Каспия. Карта построена по данным съемки радиометром высокого разрешения AVHRR со спутника серии NOAA 12 июля 2004 г. около местного полудня.

Раздел Каспия

Теперь понятнее те предложения, которые делают каспийские страны по поводу раздела Каспия. Одно из них сводится к тому, чтобы признать Каспийское море морем и делить его по морским правилам. Тогда бы вдоль берегов образовались территориальные воды, а остальная площадь моря была бы поделена на исключительные экономические зоны прикаспийских стран. Таким образом, дно Каспия было бы поделено на национальные сектора, а воды за пределами территориального моря были бы свободны для всех стран. Это предложение неудобно тем, что Каспий все-таки не часть Мирового океана, и обеспечить там законную свободу мореплавания всем флагам невозможно.

Если Каспий делить как обычное озеро, то и дно, и вода

окажутся нацело поделенными на национальные сектора. Такого порядка на Каспии еще никогда не было. Для России более приемлем раздел только дна, но не воды.

Были предложения бывших советских республик разделить между ними каспийские воды СССР, а Иран оставить при своих владениях. Но поскольку ни таких владений, ни границ на Каспии нет, то предлагается считать границей «линию Ягоды» от устья р. Астары до устья р. Атрек (рис.7). Тогда Иран получает примерно 11% нынешней площади Каспия к югу от этой линии. Но Ирану этого мало, да вопрос о том, как поделить остальную часть моря, так и остается нерешенным.

Известно встречное предложение Ирана о том, чтобы каждая из пяти каспийских стран получила по 20% площади Каспия. Дабы не утруждать своих

соседей размышлениями о том, какие именно 20% имеются в виду, иранская сторона сама себе наметила свою долю [12]. Она ограничена по линии Астара — точка им.Мирзы Кучек-Хана (героя гражданской войны в Персии) — Атрек. Деление остальной части Каспия Иран оставляет на усмотрение бывших советских республик.

В Туркменистане выработан свой подход к разделу моря. Он сводится к определению координат срединной линии методом равноудаленных точек... но по широтам. Разделив море таким хитрым способом, мы, например, получим, что на широте 40°20' от границы до азербайджанского берега будет в три раза ближе, чем до берега Туркменистана (рис.8).

Большинство предложений все же сводятся к разграничению по линиям равного удаления от берегов. Так Ирану достанется около 14% нынешней площади Каспия к югу от срединной линии (рис.8). Оставляя в стороне вопрос о том, насколько справедливы эти варианты, нужно сказать, что они невыполнимы.

Действительно, в обозримом прошлом площадь моря менялась на 10%, соответственно этому перемещались и берега. А поскольку уклоны дна сильно разнятся, то берега Каспия перемещались по-разному. Грубо говоря, отмельные берега Туркменистана и Казахстана сдвигались на километры, приглубые берега Ирана и Азербайджана — на метры и десятки метров, а у России имеются берега и того, и другого рода. Соответственно менялся и размер пятой части Каспия, который необходимо выдерживать при разделе по-ирански, и положение срединной линии при разделе по-туркменски и т.п. Для соблюдения любого подобного принципа раздела пришлось бы устраивать ежегодный передел Каспия, что совершенно неудобно.

Возможно, имеются и другие идеи, но все они об одном: как

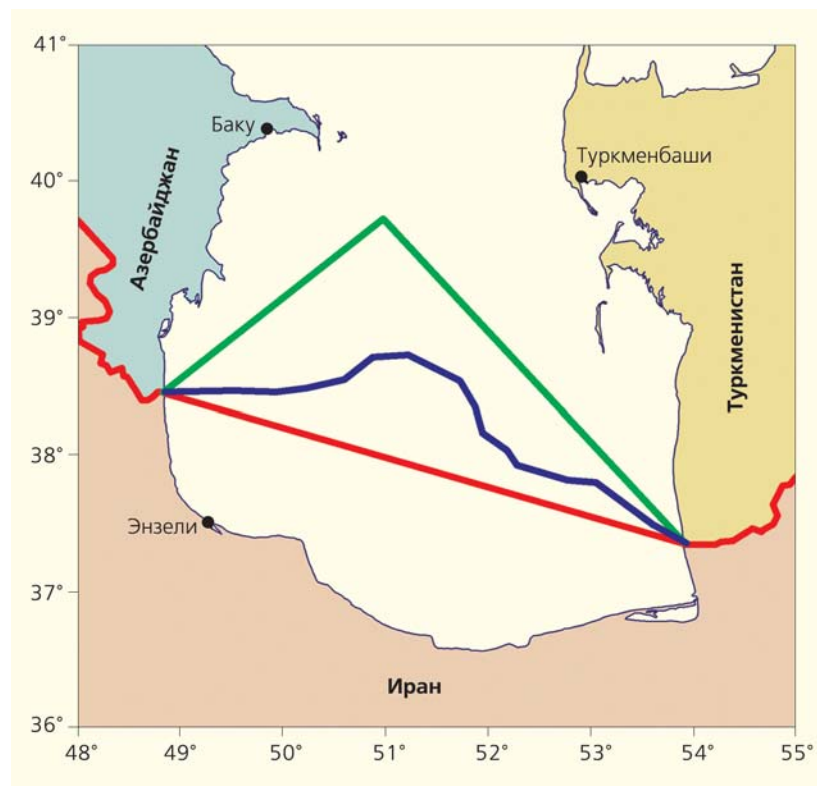


Рис.7. Варианты границы владений Ирана в Южном Каспии: по линии Астара — Атрек («линия Ягоды») — красная линия; по срединной линии (синяя линия); 20% площади Каспия, на которые претендует Иран (зеленая линия).

бы получить побольше дна, обещающего нефть. Беспристрастно Каспий можно разделить только на естественнонаучной основе.

Во-первых, при разделе Каспия он должен рассматриваться без Кара-богаз-гола. Во-вторых, для Каспийского моря приемлем только геодезический раздел дна, проведенный так, как если бы в нем не было воды. Только так при любом положении уровня Каспия границы останутся на своих местах. Геодезический раздел между прибрежными государствами проведен, например, на пространствах усыхающих озер Чад и Мертвое море, упомянутых выше.

Озеро Чад стремительно уменьшается в размере. Европейцы в начале прошлого века застали его четвертым по площади озером Африки. В начале 60-х годов, когда на его берегах образовались четыре суверенных государства, уровень его был относительно высоким (рис.9). Через несколько десятилетий уровень понизился. Сейчас озеро почти исчезло. Однако государственные гра-

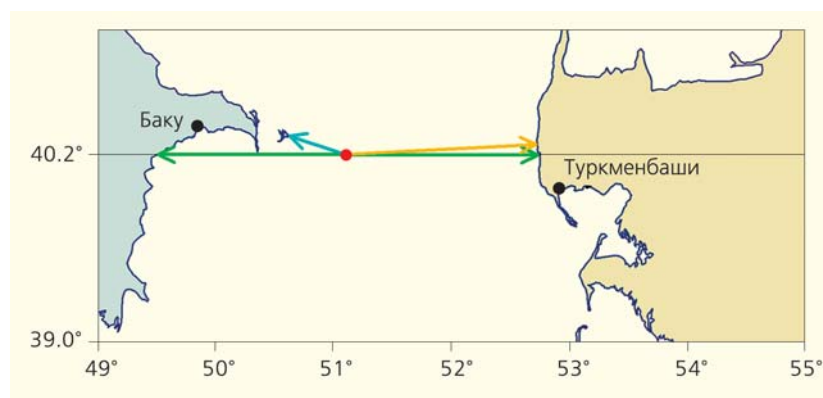


Рис.8. Туркменистанский вариант раздела в Южном Каспии: красная точка — положение границы между владениями Azerbaijan и Туркменистана на широте 40.2°с.ш.; зеленые стрелки — равные отрезки от точки пограничной точки до берегов Azerbaijan и Туркменистана, считая по параллели 40.2°с.ш.; голубая стрелка — кратчайшее расстояние от пограничной точки до берега Azerbaijan; желтая стрелка — кратчайшее расстояние от пограничной точки до берега Туркменистана.

ницы, проведенные по его дну, остались как были. Причем озеро усыхает так, что Камерун, у которого когда-то был самый маленький участок близ дельты р.Шари, возможно, уже стал обладателем крупнейшей доли озера, тогда как доля Нигера высохла совсем, а Чад и Ниге-

рия утратили почти все, что имели. Можно представить себе, что за конфликты возникали бы в этих краях, будь пространство озера разделено относительно береговой линии или русел рек.

Мертвое море находится едва ли не в самой горячей точке

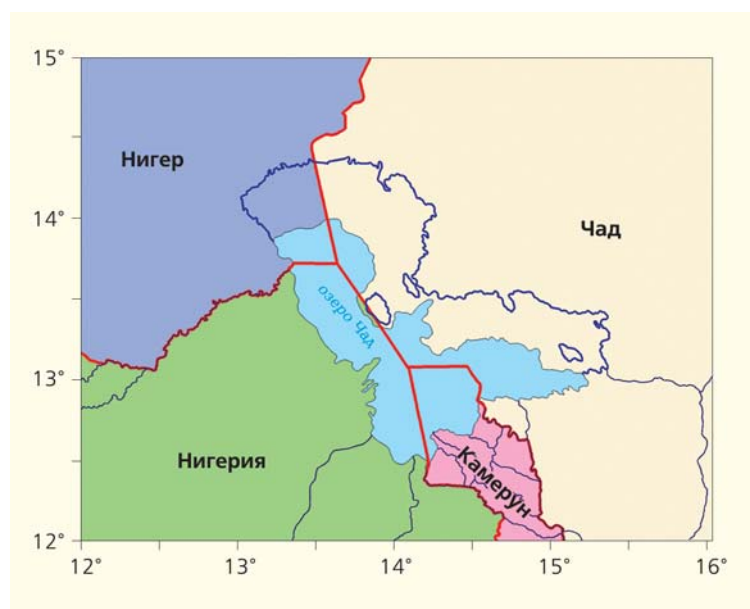


Рис.9. Государственные границы. Слева — между Камеруном, Чадом, Нигером и Нигерией вокруг оз.Чад (красные линии) и берега оз.Чад 30 лет назад (синяя линия). Справа — между Палестинской автономией, Израилем и Иорданией вокруг Мертвого моря (красные линии) и берега Мертвого моря 30 лет назад (синяя линия).

планеты, как в переносном (политическом), так и в прямом (климатическом) смысле. Здесь огромное испарение, и уровень Мертвого моря в последние десятилетия стремительно падает. Но границы между тремя его со-владельцами — Иорданием, Израилем и Палестиной — не меняют своего положения (рис.9), потому что тоже проведены «по воде аки посуху». Когда мелко-водная южная часть водоема вы-сохла совсем, то граница между Израилем и Иорданием на этом участке стала сухопутной. Обе страны стали добывать здесь соль и грязь, для чего каждая разгородила свою часть обсох-шего ложа на испарительные пруды [13].

Итак, раздел дна Каспийско-го моря между прибрежными странами удобнее было бы про-вести так, как разделены озеро Чад и Мертвое море, т.е. геоде-зическим способом. И если счи-тать вопрос о способе установ-ления границ решенным, то оста-ется понять, где именно про-вести эти границы.

Отождествление границы между владениями соседних го-сударств с геометрическим мес-том точек, равно удаленных от

их берегов, вероятно, можно считать самым справедливым решением. Но напрямую этот способ на Каспии неудобен, так как требует, чтобы береговая линия не меняла своего положе-ния. Здесь должна быть назначе-на фиксированная отсчетная линия, скорее всего изогипса, обнимающая водное простран-ство Каспия. Выбор отсчетной изогипсы, конечно же, может быть предметом спора. По есте-ственным причинам наиболее уместна была бы изогипса –26 м относительно нуля Кронштадт-ского футштока. За все время инструментальных наблюдений именно этот уровень повторял-ся чаще всего: около этой от-метки уровень Каспия держался до 1930 г. Это примерно тот уровень воды, при котором Рос-сийская империя и Персия впервые ввели Каспий в сферу современных международных отношений и наметили его пра-вовой режим.

Если бы прикаспийские страны смогли договориться о неизменной отсчетной линии и о разграничении по правилу равного удаления от нее, то это могло бы стать прочной осно-вой для урегулирования споров

о разделе Каспия и вполне соот-ветствовало бы общепринятым нормам международного права. Однако на Каспии сложился и свой особый порядок, кото-рый не следовало бы нарушать. Воды Каспия до сих пор никак не разграничены. Формально они равно открыты для судов стран России и Ирана. Осталось перенести эту норму на случай пяти прикаспийских государств. Тогда геодезические границы национальных участков Каспия разделяли бы только его дно, ре-сурсы дна и недр под ним. Вод-ное же тело Каспия, со всеми на-селяющими его и не прикреп-ленными ко дну растениями и животными осталось бы об-щим достоянием. Правила сбе-режения этого бесценного до-стояния, правила управления им, неизбежно должны быть едины для всех прикаспийских стран. Ученые готовы вырабо-тать эти правила, опираясь на накопленные ими знания о при-роде Каспия. Разумеется, обес-печить их соблюдение будет очень сложно. Но, решив, нако-нец, пограничные вопросы, это будет все же возможно. Тогда мы сможем помочь Каспию пере-жить свою нефть. ■

Литература

1. Море проблем / Ред. Г.К.Войтоловский. М., 2001. С.212.
2. Барсегов Ю.Г. Каспий в международном праве и мировой политике. М., 1998. С.6.
3. Вылегжанин А.Н. Морские природные ресурсы. М., 2001.
4. Верн Жюль. Полное собрание сочинений. Т.3. Дети капитана Гранта. М., 1956. С.306.
5. Трактат, заключенный в Туркменчае 10 февраля 1828 г. Ст.VIII; <http://www.genocide.ru/lib/treaties/02.htm>
6. Договор между Российской Социалистической Федеративной Республикой и Ираном (Персией) // Советско-иранские отношения в договорах, конвенциях и соглашениях. М., 1946. С.74—82.
7. Договор о торговле и мореплавании между Союзом Советских Социалистических Республик и Ираном (Тегеран, 25 марта 1940 г.) // Сборник торговых договоров и соглашений по торгово-экономическому сотрудничеству СССР с иностранными государствами (на 1 января 1977 года). Т.1. М., 1977. С.301—313.
8. Зубов Н.Н. Основы учения о проливах Мирового океана. М., 1956.
9. Гидрометеорология и гидрохимия морей. Т.VI. Каспийское море. Вып.1. СПб., 1992. С.220.
10. Труды Карабугазской экспедиции. Отчеты министерству земледелия и государственного имущества. СПб, 1902.
11. Лоция Каспийского моря. Л., 1935. С.228.
12. Iran's Changing Perspectives & Policies on the Caspian Sea: Interview with Abbas Maleki (<http://www.netnative.com/news/01/mar/1112.html>).
13. <http://www.deadseaproject.org/deadseaproject/DeadSeaProjectProjectfactors.htm>

Фрамбоидальный пирит причастен к возникновению жизни на Земле?

Л.Я.Кизильштейн

Проблема «откуда пошла и есть стала» жизнь на Земле — проблема, главным образом, биологическая, точнее — биохимическая. Науки о Земле — геология и палеонтология — более ответственны за представление данных об эволюции жизни, поскольку монополюльно располагают стратифицированными ископаемыми остатками организмов, окаменевших или углефицированных.

Большие трудности при создании гипотез происхождения жизни представляет реконструкция химических процессов, в результате которых каким-то образом возникли органические соединения, ставшие в дальнейшем исходным материалом для синтеза соединений биохимических. Этот, как понятно, весьма ответственный этап в возникновении жизни получил название добиологического. Вокруг соответствующих ему химических событий развернута активная и эмоциональная дискуссия.

Этапы развития жизни

Начало добиологического этапа датируется временем, когда из неорганических соединений в водах Древнего океана образовались первичные относительно простые органические



Леонид Яковлевич Кизильштейн, доктор геолого-минералогических наук, профессор Ростовского государственного университета. Область научных интересов — органическая геохимия, элементы-примеси в углях и осадочных породах, петрология углей, экологические проблемы энергетики. Заслуженный деятель науки РФ.

соединения: аминокислоты, углеводы, липиды и нуклеотиды. Как доказано экспериментально (например, ставшими хрестоматийными опытами американских ученых С.Л.Миллера и Г.К.Юри), это могло произойти под воздействием естественных физических полей (электромагнитного, радиоактивного, теплового, ультрафиолетового и рентгеновского) на неорганические компоненты (аммиак, метан, азот, водород и др.), оказавшиеся в составе «допланетного» материала в гидросфере и атмосфере Земли. Кстати, такие соединения могли быть занесены на Землю из космоса в готовом виде. Во всяком случае, они обнаружены в метеоритах и космической пыли, которые в огромных количествах за-

хватывались притяжением Земли. Добиологический этап может считаться предшественником жизни.

Следующий этап — возникновение сложных органических соединений, способных к самовоспроизведению благодаря обретенным тем или иным образом особенностям состава и химической структуры. Вопрос — «каким именно образом?» — самый туманный. Именно здесь возникают самые остроумные и изощренные гипотезы, а также их опровержения. Считается, что первичным биохимически важным соединением был не белок (как это долго предполагалось), а рибонуклеиновая кислота — РНК. Именно она оказалась стартовым соединением для последующего биогенеза, результатом



Коацерватные капли в растворе биокolloида. Проходящий свет, увел. 250.

Здесь и далее фото автора

которого и стала жизнь. Появилось даже выражение «мир РНК» как самостоятельный и способный к эволюции мир добиологической жизни. Однако последующий биосинтез, приведший к самой жизни, — процесс настолько сложный и дискуссионный, что я с облегчением отмечаю: он не является предметом предлагаемой работы.

Каким бы способом ни создавались «предбиологические» соединения, для последующей эволюции необходимо их концентрирование (повышение молекулярной плотности) в замкнутом объеме, который в то же время сохранял бы связь (обмен) с окружающей средой. В этом случае неизмеримо возросли шансы на возникнове-

ние перспективных (с точки зрения последующего биосинтеза) межмолекулярных взаимодействий. Академик А.И.Опарин первым (в 1922 г.) обратил внимание на то, что благоприятные условия для подобного начального концентрирования могли возникнуть в коацерватных системах [1]. Эта новаторская идея всегда упоминается при обсуждении проблемы возникновения жизни.

Коацервация (от лат. coacervato — накопление) — разделение коллоидного раствора на две системы: обогащенную коллоидной субстанцией и разбавленную. Первая система образует капли (шарики), взвешенные во второй. Поскольку коацерваты, возникающие в природных условиях, имеют разный объем и плотность образующего их вещества, создаются условия для варьирования состава и концентрации биомолекул и, следовательно, некоего их естественного отбора.

Таким образом, «исходные» органические соединения, вполне вероятно, могли сформироваться в результате воздействия на неорганические компоненты естественных физических полей Земли и космоса, а последующее их концентрирование могло происходить путем коацервации. Однако остается вопрос: что за материал создал коацерваты? Этот вопрос переводит обсуждение в сферу минералогии и геохимии. Речь пойдет о весьма специфических формах нахождения в породах земной коры минерала пирита — фрамбоидах (от французского framboise — малина). Если рассматривать срезы таких образований, то они действительно напоминают ягоды малины.

Фрамбоиды и гипотезы их образования

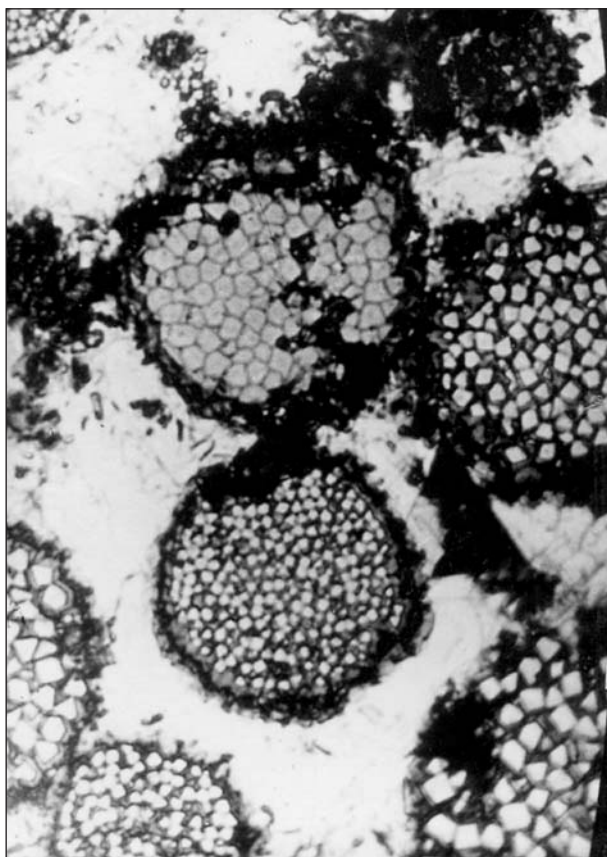
Пирит (FeS_2) — один из самых распространенных минералов земной коры и наиболее

распространенный минерал в классе сульфидов. Название происходит от греческого $\piύρῖτης λίθος$ — «огненный камень» и связано со способностью пирита (единственного из сульфидов!) давать искры при ударе. Встречается он в горных породах в виде прекрасно ограниченных крупных кубических кристаллов соломенно-желтого цвета с ярким металлическим блеском. Это красивый коллекционный минерал. Кроме того, пирит — руда, из которой получают некоторые редкие химические элементы (кобальт, золото, селен, таллий, медь), входящие изоморфно в его кристаллическую решетку. Он служит важным сырьем для получения серной кислоты. Пирит постоянно присутствует в составе углей. Иногда его содержание в них достигает более 10%.

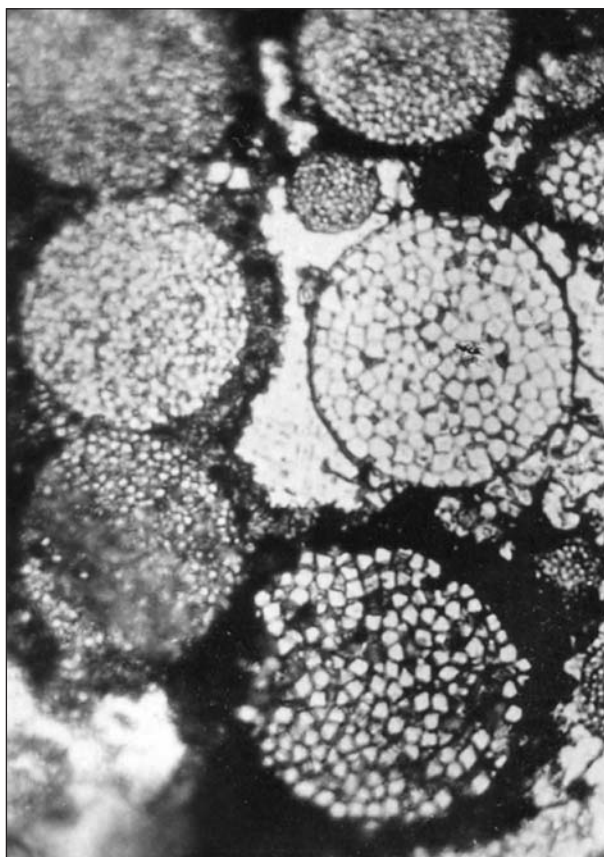
Скопления пирита в горных породах чрезвычайно разнообразны: зернистые массы, вкрапленные зерна, натечные скрытокристаллические агрегаты, сталактиты, конкреции, псевдоморфозы по растительным и животным ископаемым остаткам. При температуре около 500°C пирит разлагается с образованием сернистого ангидрида (SO_2) — одного из самых опасных и массовых загрязнителей атмосферного воздуха.

В горных породах, рудах и углях, а также современных осадках морей, лагун и озер широко распространены фрамбоидальные пириты. Диаметры фрамбоидов 10–50 мкм. Они состоят (и это их характерная особенность) из мельчайших кристалликов пирита, размером 0.5–1.5 мкм. Пирит при любой толщине среза совершенно непрозрачен. Под микроскопом его можно наблюдать только в отраженном свете.

Интерес к фрамбоидам у геологов определяется тем, что именно они входят в состав руд многих месторождений, как осадочных, так и гидротермальных. Фрамбоиды чаще всего представляют пирит и в уг-



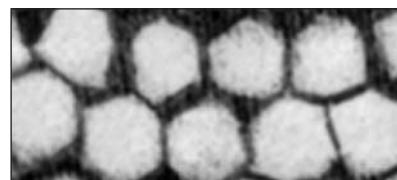
Фрамбоиды пирита. Отраженный свет, увел. 2400.



лях (крайне неприятная примесь, как в технологическом, так и экологическом отношениях).

Большинство существующих гипотез происхождения этих парадоксальных, с точки зрения генетической минералогии, форм можно условно разделить на две группы. В первую входят гипотезы, по которым фрамбоиды представляют собой замещенные пиритом (пиритизированные) микроорганизмы, обитавшие в осадках (в дальнейшем преобразованных в рудоносные осадочные горные породы) или торфяниках (преобразованных в угли). В геологии подобное замещение называется псевдоморфозом. Такого рода гипотезы особенно популярны у геологов-рудников, т.е. у тех, которые наиболее далеки по сфере своих профессиональных занятий

от микробиологии. Действительно, связать фрамбоиды с некими микроорганизмами представляется наиболее простым и легким решением проблемы. Невольно вспоминается саркастическое замечание Вольтера: «следует цитировать то, что не понимаешь, на языке, который понимаешь еще меньше». Между тем на пути подобного «легкого решения» имеется немало трудностей. Например, что за микроорганизмы? Микробы? Фрамбоиды значительно крупнее. Колонии микробов? Но почему всегда такие правильные формы? Водоросли, споры грибов? Почему вместе с фрамбоидами никогда не встречаются непиритизированные формы? Чтобы обойти эти и подобные трудности, некоторые исследователи предположили, что существовал и существует неизвестный мик-



Кристаллики пирита во фрамбоидах. Отраженный свет, увел. 4000.

робиологам специфический «пиритпроизводящий» микроорганизм, которому присвоено даже многозначительное латинское название — *Pyritosphaera*. Обстоятельное изложение микробиогенной гипотезы можно найти в работе Н.С.Скрипченко [2].

Другая группа гипотез видит ответ в физико-химических процессах, обеспечивающих формирование шаровидных скоплений вещества.

Коацерватные капли — предшественники фрамбоидов

Моделируя в экспериментах процесс и условия образования фрамбоидальных форм пирита, мы с Л.Г.Минаевой [3] установили, что их генетическими предшественниками были коацерваты (коацерватные капли) гидрата закиси железа $\text{Fe}(\text{OH})_2$, которые в средах с сероводородом постепенно преобразовались в шарики моносulfида железа — гидротроилита ($\text{FeS} \cdot n\text{H}_2\text{O}$). Такие преобразования — результат диффузии H_2S внутрь коацерватных капель и его реакции с Fe^{2+} . При этом коацерваты постепенно чернели и становились непрозрачными. В лабораторных условиях через сравнительно небольшое (в геологических масштабах) время — 1–2 года — внутри коацерватов появились мельчайшие (доли микрона) кристаллики, которые по оптическим характеристикам соответствовали пириту.

В экспериментах коацерваты $\text{Fe}(\text{OH})_2$ образовались в водном растворе закисного железа при pH выше 5.5 и отрицательных значениях Eh (железо должно находиться в закисной форме). В таких условиях растворимость двухвалентного железа снижалась и оно начинало осаждаться в виде коллоидного раствора $\text{Fe}(\text{OH})_2$. В присутствии стабилизаторов процесс осаждения не доходил до конечной стадии образования осадка и прекращался на промежуточной — коацервации. Стабилизаторами служили органические соединения, сероводород, коллоидный кремнезем и некоторые другие неорганические вещества. Замещение коацерватов моносulfидом железа в зависимости от их размеров происходило с разной скоростью. Мы установили обратную зависимость между диаметром коацерватов и концентрацией в них $\text{FeS} \cdot n\text{H}_2\text{O}$.

Условия образования коацерватных капель $\text{Fe}(\text{OH})_2$ впол-

не соответствуют условиям, которые были вероятны в водах древнего океана [4]. Причем стабилизаторами коллоидной системы, кроме неорганических соединений, могли быть простые абиогенные органические вещества, содержащиеся в протопланетном материале или возникшие в океане небиологическим путем.

Остается добавить, что сероводород, необходимый для образования сульфида железа внутри коацерватов, мог поступать при интенсивной вулканической деятельности, характерной для ранних стадий формирования Земли. Этот же источник сероводорода, видимо, приводил и к образованию коацерватов и фрамбоидального пирита в условиях высокотемпературных гидротермальных процессов. Иными словами, микробиогенный источник сероводорода отнюдь не является обязательным, но коацерватный механизм играет определяющую роль во всех случаях.

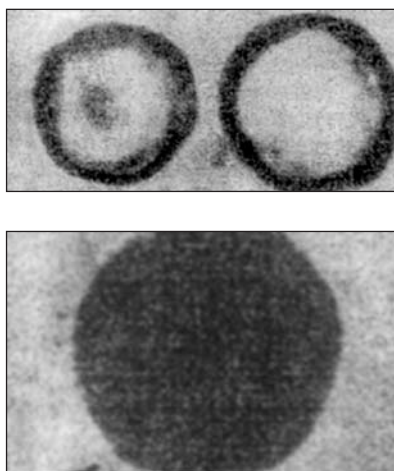
Во-первых, коацерваты — фазовообособленные системы, т.е. физически отделенные от внешней среды.

Во-вторых, установлено, что коацерваты $\text{Fe}(\text{OH})_2$ обладают способностью к накоплению органических соединений, находящихся в растворе [6]. Эффективность такого накопления возрастает с ростом молекулярной массы органических соеди-

нений и уменьшением диаметра коацерватов. Это свойство известно для коацерватных систем из биокolloидов [7], но для неорганических коацерватов факт концентрирования органических веществ не был широко известен.

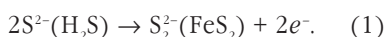
Мы после сравнительных исследований формиата натрия, аминокислоты (лейцина) и белка (сывороточного альбумина) установили, что в приведенной последовательности содержание этих соединений в коацерватных каплях многократно возрастало [6]. Способность коацерватов гидрата закиси железа концентрировать растворенные органические соединения представляется чрезвычайно важной, поскольку таким образом обеспечивалось не только накопление соединений, но и синтез новых, вследствие увеличения концентрации реагентов. Не менее важно то, что избирательный характер концентрирования (например, преимущественное накопление органических соединений с большей молекулярной массой) делал коацерваты открытыми системами, в которых не возникало химическое равновесие и удовлетворялось условие необратимости, обязательное для возникновения жизни.

Отметим, что взаимодействие сероводорода с двухвалентным железом в коацерватах приводит к образованию моно-



Коацерватные капли гидрата закиси железа (вверху) и капля, замещенная сульфидом железа — гидротроилитом. Проходящий свет, увел.1000.

сульфида железа, кристаллизация которого через ряд промежуточных стадий завершается образованием пирита FeS_2 . При этом происходит окисление серы и эмиссия электронов:



Реакция идет с выделением энергии $\Delta G^0 = -38.4$ кДж/моль, следовательно, пиритизация вещества коацерватов могла служить источником энергии и электронов, использованных в первичном синтезе более сложных органических соединений.

Коацерваты и возникновение жизни

Наиболее обстоятельно геохимическая и энергетическая роль пирита в процессах первичного синтеза органических соединений в связи с проблемой возникновения жизни исследовалась в работах Г.Вехтершойзера* [8, 9]. По развиваемой им гипотезе, «в начале биологического этапа жизни лежат циклические окислительно-восстановительные реакции на поверхности минеральной твердой фазы, в качестве которой рассматривается пирит. Энергия и электроны, возникающие в результате реакций (1), инициируют первичный синтез органических соединений, обеспечивая восстановление CO_2 — родоначальника органических веществ — до CO_2^{2-} . Так открывается путь к образованию новых органических соединений. Последние через анионные карбоксильные ($-\text{COO}^-$), тиокарбоксильные ($-\text{COS}^-$) и тиолатные ($-\text{S}^-$) группы устанавливают связь с положительно заря-

женными ионами на поверхности пирита. В результате на пиритовой матрице формируются органические лиганды, между которыми возможны неферментативные поверхностные взаимодействия — «поверхностный метаболизм». Конечный результат таких взаимодействий — возникновение автокаталитического цикла, который, по мнению автора гипотезы, сходен с существующим ныне в царстве археобактерий (прокариот) восстановительным циклом ди- и трикарбоновых кислот.

С позиций геохимии и минералогии важно, что в качестве энергетического источника и матрицы для начального (добиологического) синтеза органических соединений предлагается широко распространенная в природных процессах реакция сульфидообразования. Надо отметить, что в качестве первичного субстрата для добиологических реакций рассматривались многие минералы: кальцит, каолинит, монтмориллонит, цеолиты. Однако пирит единственный из них, который мог не только обеспечивать взаимодействие между органическими молекулами, но и служить источником энергии для подобных взаимодействий.

Гипотеза о коацерватах $\text{Fe}(\text{OH})_2$ и их сульфидизации может стать основой для решения некоторых принципиальных проблем, связанных с возникновением жизни, определяя:

— условия фазовой обособленности первичных органических соединений, их концентрирования и возможности обмена с окружающей средой;

— источник энергии и электронов, обеспечивающий синтез новых органических соединений и взаимодействия между ними;

— образование при кристаллизации сульфидной массы скоплений мельчайших кристалликов пирита с большой химически активной суммарной поверхностью граней, что уве-

личивает скорость реакций органического синтеза;

— участие железа в органическом синтезе и возникновение при этом простейших железосодержащих ферментов, катализирующих окислительно-восстановительные реакции.

Гипотеза развития циклических окислительно-восстановительных реакций на сульфидной (пиритовой) матрице, дополненная нашими экспериментальными данными о коацерватах $\text{Fe}(\text{OH})_2$, подтверждается и следующими фактами.

Английские исследователи обнаружили во фрамбоидах пирита из карбоновых горячих сланцев Шотландии органический материал. После растворения пирита в азотной кислоте выяснилось, что материал представляет собой шаровидные ячеистые тела, диаметр которых, а также размеры ячеек, соответствуют размерам фрамбоидов и слагающих их кристалликов пирита. Наблюдения под микроскопом показали, что они состоят из органической пленки, обволакивающей кристаллики пирита.

Мы методом хроматографии в сульфидах (преимущественно фрамбоидальных) из угольных пластов карбонового возраста Донецкого бассейна установили некоторые аминокислоты — гистидин, аланин, аргинин, глицин, пролин, валин, лейцин, изолейцин, лизин, фенилаланин, аспарагиновую и глутаминовую кислоты [6].

В сульфидах железа из протерозойских и ордовикских пород Западной Канады также определены глицин, лейцин и глутаминовая кислота [10].

Все эти факты подтверждают возможность накопления органических веществ во фрамбоидах, точнее, в их генетических предшественниках — коацерватах гидрата закиси железа. Надо отметить, что сульфиды железа создают едва ли не идеальные (для природных сред) условия консервации и неограниченно длительного сохранения иско-

* Г.Вехтершойзер — сотрудник патентного бюро в Германии. Один известный химик, ознакомившись с его идеями о возникновении жизни, высказал определенный скептицизм, однако заметил, что А.Эйнштейн также работал в патентном бюро и, учитывая прецедент, к предположениям Вехтершойзера следует относиться с вниманием.

паемого органического вещества. Это объясняется тем, что, во-первых, образование сульфидов происходит только в сильно восстановительных условиях. Во-вторых, кристаллизация сульфидной массы приводит к надежной герметизации органических соединений. То и другое защищает органические вещества от микробного и химического разложения.

* * *

Описанные факты служат доказательством концентрации органического вещества в сульфидах железа, но, разумеется, не могут быть однозначно интерпретированы как подтверждение их синтеза *in situ*. Но, во всяком случае, они должны привлечь внимание к возможности сохранения в сульфидах

органических соединений, участвовавших в синхронных сульфидообразованию геохимических процессах. Изучение сульфидов железа и особенно их фрамбоидальных форм из древнейших «добιοгенных» осадочных пород может открыть совершенно новый материал по «молекулярным ископаемым» добиологической стадии возникновения жизни на Земле. ■

Литература

1. Опарин А.И. Возникновение жизни на Земле. М., 1957.
2. Скрипченко Н.С. // Литол. и полезн. ископ. 1969. №5. С.40—59.
3. Кизильштейн Л.Я., Минаева Л.Г. // Докл. АН СССР. 1974. Т.215. №6. С.1187—1189.
4. Виноградов А.П. Введение в геохимию океана. М., 1967.
5. Кизильштейн Л.Я. // Геохимия. 1998. №10. С.1054—1058.
6. Минаева Л.Г., Кизильштейн Л.Я., Беседин В.Б. // Докл. АН СССР. 1974. Т.215. №6. С.1470—1472.
7. Евреинова Т.Н. Концентрирование веществ и действие ферментов в коацерватах. М., 1966.
8. Wächtershäuser G. Evolution of the first metabolic cycles // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 1990. V.87. P.200—204.
9. Wächtershäuser G. Life in a ligand sphere // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 1994. V.91. P.4283—4287.
10. Binda P.L. Amino acid composition of Proterozoic and Ordovician sulphide — coated from Western Canada // Metals: Proc. XXV Yars SGA Anniv. Meet. 1991. P.129—140.

Океанология

Открыты подводная гора и гидротермаль

Гидрографическое судно ВМФ Великобритании «Endurance» провело в январе 2006 г. исследования в проливе Антарктик (северная оконечность Антарктического п-ова) и в заливах Эребус и Террор. Необходимость в подробных съемках дна и береговой зоны связана с посещением этих районов туристическими лайнерами, безопасная навигация которых должна быть обеспечена. Гидрографические работы осложнялись плавучими льдами: при движении судна через лед толщиной около 1 м происходил сбой многолучевого эхолота.

В районе съемок была открыта подводная гора высотой 600 м над ровным дном, а на ее склоне — гидротермальный источник. Пробы воды около источника показали повышенное

содержание в ней растворенных газов и температуру на 2°C выше окружающих вод. Обнаруженная гидротермаль представляет большой интерес для специалистов, поскольку для этого района Южного океана они почти неизвестны.

По записям многолучевого эхолота на глубине 600 м был обнаружен затонувший корабль. Морской археолог Д.Мирнс (D.Mearns) считает, что это судно «Антарктика» Шведско-Норвежской экспедиции Отто Норденшельда, затонувшее в 1904 г. к югу от о.Поле.

Hydro International. 2006. V.10. №2. P.51—53 (Нидерланды).

Зоология. Генетика

Улитка путешественница

Птицы переносят улиток на огромные расстояния. К такому выводу пришел Р.Прис (R.Preese; Кембриджский университет, Ве-

ликобритания), который сравнил ДНК очень схожих между собой моллюсков: улитки *Balea perversa*, обитающей в Европе и Северной Африке, и улиток рода *Tristania* с о-вов Тристанда-Кунья (южная часть Атлантического океана).

Восемь разновидностей *Tristania* были описаны в 1824 г.; открывшие их ученые не могли даже предположить, что улитки — родом из Европы, поскольку на развитие разнообразных форм рода требовалось очень долгое время, а до 1816 г. корабли на острова не заходили. Впоследствии Ч.Дарвин высказал гипотезу, что улитки *Tristania* попали сюда с помощью перелетных птиц, но коллеги его не поддержали.

И вот теперь генетический анализ подтвердил правоту великого ученого, показав, что *Tristania* и *Balea* — очень близкие родственники.

Science et Vie. 2006. №1063. P.30 (Франция).

Таинственный архипелаг в Финском заливе

Е.А.Глазкова, П.Б.Глазков

Взглянув на карту Ленинградской обл., нетрудно заметить, сколь сильно изрезана береговая линия северного побережья Финского залива. Многочисленные острова, островки, каменистые луды, полуострова и заливы сформировали здесь типичный для Фенноскандии шхерный ландшафт, который считается эталоном природных комплексов северного берега Финского залива и включен, по номенклатуре HELCOM, в Красный список биотопов Балтики, подлежащих особой охране.

Между российско-финляндской границей и устьем р. Серьги на небольшом друг от друга расстоянии разбросано свыше 60 крупных (от 50 до 900 га) и мелких (менее 1 га) островов. Они образуют единый островной район площадью около 5 тыс. га (без учета акватории), который не имеет официального названия на карте; мы же условно именуем его архипелагом.

Острова лежат в южной части Балтийского кристаллического щита и характеризуются выходами коренных пород верхнепротерозойского возраста — крупнозернистых гранитов рапакиви, образующих вытянутые каменистые гряды (сельги) до 28 м высотой. Мелкие острова представляют собой плоские луды или, напротив, высокие гранитные купола, прибрежные понижения кото-



Елена Александровна Глазкова, кандидат биологических наук, научный сотрудник Ботанического института им.В.Л.Комарова РАН. Область научных интересов — флористика, биогеография, экология и охрана окружающей среды.



Павел Борисович Глазков, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Санкт-Петербургской педиатрической академии РАМН. Основная область научных интересов — генетика человека, экология, охрана окружающей среды.

рых заполнены осадочными породами.

С 1917 г. по 1939 г. эта территория принадлежала Финляндии и была довольно густо населена. После Зимней войны, согласно мирному договору, подписанному в 1940 г. между СССР и Финляндией, острова отошли к Советскому Союзу и были включены в зону строгого пограничного режима. Все острова, за исключением о.Козлиный, где живут пограничники и обслуживающие маяки работники

гидрографической службы, и по сей день необитаемы. Безусловно, пограничный режим способствовал сохранению уникальных природных и археологических комплексов островов, однако вплоть до последнего времени они оставались *terra incognita* для исследователей, своего рода «белым пятном» на карте Ленинградской обл.

В 2002 г. мы впервые приехали на архипелаг, чтобы, прежде всего, восполнить дефицит информации о флоре района.



Карта-схема расположения архипелага в Финском заливе.

В ходе четырех научных экспедиций* (2002—2004) было обследовано около 60 островов, и результаты превзошли все наши ожидания. Более того, острова оказались интересны не только в ботаническом отношении... Здесь впервые за последние сто лет были обнаружены уникальные каменные лабиринты! Однако прежде чем рассказать об этих удивительных археологических памятниках, хотелось бы чуть подробнее остановиться на результатах наших

основных исследований и описать своеобразие растительного мира островов.

Растительный мир островов

Природа северных островов сурова, и на первый взгляд может показаться, что растительный мир островов довольно однообразен и беден. Но это только на первый взгляд! Сильная расчлененность рельефа, выходы скальных пород, разнообразие почвенных и гидрологических условий, наличие многочисленных бухт и прибрежных лагун, особый климат, формирующийся на островах под влиянием Балтийского моря, а также хорошая сохранность природных комплексов обусловили значительное разнообразие флоры и растительности островов.

Каждый остров по-своему уникален — здесь не найти и двух островов, одинаковых по площади, возрасту, удаленности от материка, со сходной ландшафтной структурой и микроклиматическими условиями. Конечно, невозможно в рамках журнальной публикации нарисовать «флористические портреты» всех 60 исследованных нами островов, но мы надеемся, что описание даже некоторых из них позволит получить общее представление о характере и специфике растительного покрова архипелага.

На наиболее крупных островах (Большом Пограничном, Козлином, Грозном, Ивовом) господствуют чернично-зеленомошные еловые, сосновые и елово-сосновые леса. Именно здесь сохранились наиболее крупные массивы старовозрастных еловых лесов, сложенных зрелыми деревьями, возраст которых достигает сотни и более лет! Вершины селыг одеты разреженными скальными сосняками с можжевельником, вереском, брусничкой, толокнянкой, овсяницей овечьей, очитком едиком, луговиком, ястребинкой зонтичной, а также изобилием накипных и кустистых лишайников, часто сплошь покрывающих покатые гранитные лбы. В трещинах и разломах скал встречаются очень редкие на северо-западе России растения-петрофиты: скальные папоротники — костенцы северный (*Asplenium septentrionale*) и волосовидный (*A. trichomanes*), вудсия эльбская (*Woodsia ilvensis*), а на плоских слабозадренных выходах кристаллических горных пород — смолка альпийская (*Viscaria alpina*), смолевка скальная (*Silene rupestris*), торица весенняя (*Spergula morisonii*).

В понижениях рельефа, испытывающих значительное увлажнение, обычны сфагновые сосняки, ельники, елово-березовые и березовые леса. Разные типы мелколиственных и смешанных хвойно-мелколиствен-

* Мы глубоко признательны всем участникам экспедиций, а также В.Н.Шамраю, И.И.Бобряшову, А.Косикову, С.М.Каменеву, С.Рыбкину, И.Гржибовскому за оказанное содействие при проведении полевых исследований на островах и северном побережье Финского залива. Особенную благодарность выражаем капитанам яхт «Урания» и «Родшер» — А.Касинскому и И.Ю.Писковскому, от профессионализма которых во многом зависел успех наших экспедиций.



Вид с о. Крутояр на другие острова архипелага Питкяпааси (Долгий Камень, Крутояр и др.).
Здесь и далее фото авторов



Места бывших финских поселений на о. Большой Пограничный.

ных (часто с черной ольхой и рябиной) лесов широко распространены близ побережья залива, на местах бывших финских выгонов и покосов. На испытывающих постоянное подтопление участках побережья островов формируются очень специфические сообщества — болотнотравные черноольшаники, или так называемые чер-

ноольховые топи, отличающиеся значительным богатством видового состава. Узкой полосой окаймляют каменистые побережья островов «сухие» черноольшаники. В этих сообществах встречаются многие редкие в Ленинградской обл. виды: дерен шведский (*Chamaepericlymenum suecicum*), болотный мирт или восковник болотный (*Myrica*

gale), валериана бузинолистная (*Valeriana sambucifolia*).

Широколиственные породы (клен, дуб, ясень) сохранились на островах только на местах бывших финских поселений. Единственное исключение — небольшой необитаемый островок Железновский, расположенный всего в 500 м от российско-финляндской границы,



Вудсия эльбская (слева) и дерен шведский.

в бухте Булатная. Расположение острова в укромной бухточке, со всех сторон защищенной от сильных ветров, видимо, способствовало формированию особых микроклиматических условий, позволивших сохраниться некоторым теплолюбивым видам растений. В отличие от других островов архипелага, на которых доминируют хвойные и хвойно-мелколиственные леса, этот остров покрыт смешанным лесом из липы, осины, ели, березы. По окраине леса, а также в супралиторальной зоне, на границе приморского луга и черноольшаника, встречается редчайший термофильный вид — перловник пестрый (*Melica picta*) [1], который характерен для широколиственных лесов Средней Европы, а на островах Финского залива, по-видимому, реликт суббореального периода голоцена.

На восковниковых болотцах и восковниково-молиниевых лугах доминирует редкий, амфиатлантический вид — восковник болотный, охраняемый на территории России. Нередко в трещинах и скальных «ваннах» недалеко от побережья встречаются крошечные болотные це-

нозы — так называемые «висячие» болотца со сфагновыми мхами, восковником, водяникой обоеполой, пушицей, дереном шведским и осоками.

Большинство редких видов растений сосредоточено в приморских сообществах, придающих особое своеобразие растительному покрову островов. Приморские луга зачастую образованы сменяющими друг друга экологическими рядами. У самой кромки воды на каменистых побережьях растут солончаковая астра (*Tripolium vulgare*) и торичник солончаковый (*Spergularia marina*). Дальше от берега на низкотравных солонцеватых луговинах встречаются красочные и богатые по составу сообщества галофильных видов (подорожник морской, триостренник морской, млечник морской, ситник Жерара) и обычных луговых видов разнотравья и злаков. На участках с избыточным увлажнением распространены своеобразные луговые сообщества из осоки Макензи (*Carex mackenziei*) и поточника бурого (*Blysmus rufus*). На каменистых приморских лужках в изобилии встречаются редкие в Ленинградской

обл. лук-скорода (*Allium schoenoprasum*), осока скандинавская (*Carex scandinavica*), золототысячники (*Centaureum pulchellum* и *C. littorale*), лядвенец Рупрехта (*Lotus ruprechtii*), а выше в супралиторальной зоне — шлемник копьелистный (*Scutellaria bastifolia*).

Очень живописны убегающие далеко в море песчаные и песчано-каменистые косы о.Узорный, а также небольшие бухточки, где растут приспособленные к жизни на песке виды псаммофиты — волоснец песчаный (*Leymus arenarius*), гонения бутерлаковидная (*Honckeyna peploides*), чина морская (*Lathyrus maritimus*), вейник Мейсхаузена (*Calamagrostis meinschauseni*), морская горчица (*Cakile baltica*) и пижма (*Tanacetum vulgare*). На песчано-каменистых участках побережья и особенно в трещинах «бараньих лбов» на островах обычна морская ромашка, или трехреберник морской (*Tripleurospermum maritimum*); в таком изобилии она нигде в Ленинградской обл. более не встречается. На илистых мелководьях, глубоко вдающихся в сушу бухт, обитает очень редкое водное

двудомное растение, размножающееся под водой, — наяда морская (*Najas marina*).

Примечательно, что острова Финского залива расположены на границе ареалов 23 видов сосудистых растений. Распространению некоторых «северных» криофильных видов (например, дерена шведского и водяники обоеполой) благоприятствуют относительно высокая влажность, поздняя весна, низкие температуры лета и сильные ветры. Некоторые же теплолюбивые «южные» и «западные» виды (например, перловник пестрый) выживают здесь благодаря длительной теплой осени (следовательно, более продолжительному вегетационному периоду), мягкой зиме и высокой инсоляции (особенно на открытых морских побережьях и безлесных скалистых островах). Кроме того, в составе флоры островов отмечены 16 балтийских и фенноскандско-балтийских эндемичных и субэндемичных видов растений (скерда Черепанова, шелковник приморский, очанка финская, хлопущка приморская, трехреберник морской, лебеда красивоплодная и др.), распространение которых ограничено Фенноскандией и Балтийским регионом (лишь немногие из перечисленных видов чуть заходят в Атлантику).

Благодаря природным особенностям территории и высокой степени сохранности экосистем, эти острова стали своеобразными рефугиумами для многих редких видов сосудистых растений, нуждающихся в охране и биологическом мониторинге [2]. Из 540 видов сосудистых растений, зарегистрированных нами на островах архипелага, 74 вида включены в Красные книги различного ранга: 45 — в «Красную книгу Балтийского региона» (Red Data Book of the Baltic Region, 1993), 50 — в «Красную книгу Восточной Фенноскандии» (Red Data Book of East Fennoscandia, 1998) и 22 — в «Красную книгу природы Ленинградской области» (2001).



Песчано-каменистая литораль о.Узорный.

В соседстве с морскими колониальными птицами

Небольшие скалистые, практически лишенные деревьев островки архипелага — настоящий рай для птиц. А там, где их особенно много, формируется уникальная флора и растительность. Для этой группы растений скандинавский ученый Р.Сернандер [3] предложил специальный термин — «орнитокопрофильные виды», выделив их из группы нитрофильных растений, поскольку экскременты птиц (гуано) существенно отличаются от фекалий млекопитающих. Птичий помет содержит несоизмеримо большее количество мочевой кислоты и хлоридов. Орнитокопрофильные виды приспособлены к жизни в местах гнездования колониальных птиц и положительно реагируют на очень специфические условия орнитогенных биотопов, в первую очередь на насыщенность субстрата азотом и фосфором.

Не все виды морских колониальных птиц влияют на растительный покров в местах гнездования, что определяется особенностями их поведения и прежде всего зависит от их экскреторной и вытаптывающей деятельности. По нашим наблюдениям, на островах Фин-

ского залива специфическая орнитокопрофильная флора и растительность формируются в местах гнездования чашек и большого баклана.

По мнению орнитологов, большой баклан (*Phalacrocorax carbo*) стал гнездиться на островах Финского залива относительно недавно — с середины 1980-х — начала 1990-х годов. Несколько крупных гнездовых колоний больших бакланов в восточной части залива впервые были обнаружены летом 1994 г. на островах архипелага Большой Фискарь, Долгий Риф и Зубец. Общее количество гнездящихся на этих островах бакланов, по приблизительной оценке, в 1995 г. составляло 1000—1300 пар [4]. В настоящее время колонии большого баклана расположены на четырех из семи островов архипелага Большой Фискарь, на Долгом Рифе и Северном Виргине. По данным А.Р.Гагинской, проводившей учеты в 2006 г., на островах гнездится уже свыше 2 тыс. пар бакланов. На всех этих островах в массе гнездятся также чайки, в основном серебристая (*Larus argentatus*).

Влияние колоний баклана на растительный покров островов определяется экологическими и биологическими особенностями



Архипелаг Большой Фискарь — настоящий рай для многих видов птиц.



Большой баклан — вид, в последние десятилетия стремительно расширяющий свой ареал в Финском заливе.



Морская ромашка — один из немногих видов растений, способных не только выживать, но и процветать в непосредственной близости от гнезд бакланов.

тиями вида. Бакланы пребывают на гнездовых участках дольше других морских птиц — с мая до середины сентября. Колонии их очень плотные, нередко гнезда находятся на расстоянии 0.5—1 м друг от друга, и вся поверхность вокруг них покрыта сплошным слоем помета.

На расстоянии всего нескольких десятков метров острова, где гнездятся бакланы, кажутся полностью лишенными растительности. Например, Долгий Риф представляет собой сюрреалистическое зрелище — белоснежные от гуано пологие скальные выходы с торчащими кое-где белыми мертвыми деревьями на фоне ярко-синей водной поверхности. Однако когда высаживаешься на этот «бакланий» остров, поражаешься пышности и мозаичности растительного покрова, сформированного относительно небольшим числом видов, — на Долгом Рифе мы обнаружили 91 вид сосудистых растений.

Как нельзя лучше выразила главную особенность орнитокопрофильной флоры А.М.Грэнли [5]: «Насколько растительность бедна видами, настолько, с другой стороны, она пышно развита». Поступление чрезмерного количества птичьего помета имеет явно выраженный селективный эффект на растительность. Некоторые виды исчезают, другие же, если и выживают, то в угнетенном, недоразвитом состоянии. Однако есть растения, не только индифферентные к чрезмерному поступлению органических веществ, но даже активно растущие в таких условиях.

В местах гнездования бакланов в первую очередь гибнут деревья, причем не только от избытка птичьих экскрементов, но и от механических повреждений. Так, мы наблюдали, как бакланы обламывают ветви сосны и осины на о.Зубец, расположенном рядом с Долгим Рифом, и используют их для строительства каркаса своих больших гнезд.



Долгий Риф. Как и все «бакланий» острова, издали Долгий Риф выглядит полностью лишенным растительности. В местах гнездования от избытка птичьего помета действительно гибнут почти все растения, за исключением морской ромашки.

Больше всего органических веществ скапливается вокруг гнезд, так как бакланы ежегодно достраивают их, выводя потомство на одном и том же месте. Эти остатки всегда влажные и сильно удобренные птичьим пометом во время сезона размножения, поэтому растительность здесь практически отсутствует. Единственное исключение — морская ромашка, спо-

собная не только выживать, но и процветать даже в непосредственной близости от гнезд. Этот типичный орнитокопрофильный вид образует огромные куртины на скальной поверхности или же при их смыкании формирует сплошной покров. Всего в нескольких метрах от гнезд появляются другие орнитокопрофильные виды (пижма, ромашка пахучая,



Там, где бакланы не гнездятся, развиты пышные приморские разнотравные луга.

лебеда простертая, фиалки морская и трехцветная, крапива, марь белая, сурепка обыкновенная, кипрей железистостебельный и др.), представленные мощными, хорошо развитыми экземплярами. Некоторые из этих видов, по-видимому, были занесены на остров чайками, заподозрить в этом бакланов трудно, поскольку они питаются только рыбой, а гнездовой материал собирают обычно поблизости.

Каменистые побережья вдали от бакланных гнезд покрыты роскошными высокотравными приморскими лугами из валерианы бузинолистной, вероники длиннолистной, морской ромашки, дербенника промежуточного, пижмы, щавеля курчавого, полыни сжатой, крапивы, райграса и др. Все эти виды встречаются и на других островах, но только в соседстве с бакланами они становятся гигантами с ярко-зелеными сочными

листьями. Усиленное развитие вегетативных частей растений вызывает избыток азота и фосфора, поступающих с дождевой или морской водой, которая смывает во время штормов птичий помет с более возвышенных участков острова, где гнездятся бакланы и чайки. Кроме того, пролетая над лугами, птицы также удобряют этот участок. Таким образом, в понижениях рельефа в скалах формируются богатые органикой почвы, что стимулирует пышный рост растений. Некоторые виды (например, морская ромашка и марь красная) достигают здесь таких исполинских размеров, что становятся едва узнаваемыми.

Растительность на небольших мористых скальных островах, где гнездятся чайки, несколько иная, чем на островах с колониями бакланов. Связано это не только с чрезмерным обогащением почвы азотом и фосфором, но и с механичес-

кими нарушениями почвенного покрова, а также с переносом семян растений, в том числе многих заносных видов. В таких условиях формируется своеобразная орнитокопрофильная флора, отличающаяся бедным видовым составом (как правило, менее 100 видов), пышным развитием многих нитрофильных растений и присутствием сорных видов (например, мокрицы, крестовника обыкновенного, ромашки пахучей, лапчатки норвежской, мари белой, пастушьей сумки, горца птичьего и др.).

В отличие от бакланов, чайки продуцируют меньше помета и меньше времени проводят на гнездах, поэтому многие виды растений развиваются в непосредственном контакте с гнездом. Как и в колониях бакланов, на «чаечных» островах преобладает морская ромашка, которая особенно пышно растет в углублениях, понижениях и трещи-

нах скал, образуя сплошные лентообразные дерновины. Помимо такой фрагментарной растительности, нередко на островах формируется сплошной покров из сомкнувшихся куртин ромашки и некоторых других видов (клевера ползучего, морской фиалки, очитка едкого). Судя по всему, на многих мелких открытых скалистых островках с крупными колониями чаек мы наблюдаем процесс формирования первичной орнитогенной растительности, сходный с детально описанным И.П.Бреслиной на островах Кольской Субарктики [6].

Многие виды, встречающиеся в местах гнездования чаек, не имеют специальных приспособлений к расселению по воздуху и воде (анемо- и гидрохории) и попали на остров с помощью птиц (орнитохории, главным образом эндоорнитохории). Именно эти виды чаще всего встречаются непосредственно возле гнезд чаек и в местах их кормежки.

Нередко считают, что присутствие на островах крупных колоний птиц приводит к полному уничтожению растительности. Эту закономерность отмечают как зарубежные ученые, которые в качестве классического примера часто приводят остров Святого Павла в Атлантическом океане у берегов Северной Америки, цитируя при этом посетившего остров в 1832 г. Ч. Дарвина («Ни одно растение, даже лишайник, не растет на этом острове» [7]), так и наши дальневосточные коллеги, изучающие влияние колоний тихоокеанской чайки на растительный покров островов Охотского моря [8]. Однако на исследованных нами островах Финского залива мы не отметили крайней степени деградации растительного покрова под влиянием чаек, что, по-видимому, связано как с меньшей численностью колоний морских птиц, так и с менее продолжительным отрезком времени, в течение которого колонии су-

ществуют на островах. Кроме того, в зимнее время, когда Финский залив в районе островов замерзает, птицы покидают архипелаг, что также препятствует полной деградации растительности.

Каменные лабиринты

Несомненно, многие слышали о каменных лабиринтах, обнаруженных в Северной Европе. Эти удивительные спиралевидные сооружения с системой запутанных ходов, выложенных валунными камнями, встречаются вдоль побережий и на островах Балтийского, Баренцева и Белого морей в Англии, Эстонии, Швеции, Норвегии, Финляндии и Северной России. Всего известно более 500 таких лабиринтов, из них в России — около 50, найденных в основном на островах и побережье Белого моря (более 30 — на Соловецких о-вах в Архангельской обл., несколько в Мурманской обл. и три лабиринта в Карелии) [9]. Однако мало кто слышал о существовании уникальных каменных лабиринтов в Ленинградской обл. Напомним, связано это с тем, что более 60 лет острова, расположенные в пограничной с Финляндией зоне, были закрыты, и археологические исследования здесь вплоть до последнего времени не проводились.

Между тем впервые эти каменные лабиринты упоминаются в работах скандинавских исследователей XIX—XX вв.* [10, 11]. По данным финских археологов, на территории финской волости Виролахти, восточная часть которой ныне входит в состав Ленинградской обл., обнаружены многочисленные находки каменного и брон-

зового веков. На островах архипелага Питкяпаса (Долгий Камень, Крутояр и др.) и на территории бывших финских поселений Орслаhti (ныне нежилое Приморское) и Ала-Урпала (в устье р. Серьги) найдены древние могильники и каменные кучи, датируемые скандинавскими учеными эпохой викингов (IX—XI вв.).

Впервые о древних каменных сооружениях, в том числе и о пяти лабиринтах на островах архипелага Питкяпаса, сообщил в 1913 г. А.М.Тальгрэн [11]. Он же первым привел общую схему лабиринта на о.Узорный и упомянул о том, что такие же лабиринты есть на островах Крутояр, Долгий Камень и Большой Фискаар. К сожалению, Тальгрэн не привел описания лабиринтов, но отметил, что впервые на них обратил внимание финский краевед Арво Питкяпаса, который исследовал многие из островов архипелага и передал собранную им информацию, включая фотографии и карты, в топографический архив Хельсинкского музея.

В 2002 г. во время экспедиции мы обнаружили каменный лабиринт и сопровождающие его каменные кучи на о.Крутояр (архипелаг Питкяпаса) площадью около 0,8 км², расположенном в 3—4 км от южного побережья Кировской бухты. Расположен лабиринт в северо-западной части острова на высоте около 19 м над ур.м., на ровной скалистой террасе среди разреженного сосняка с примесью березы. Лабиринт прекрасно сохранился — имеет почковидную форму (около 7 × 4 м) и, по классификации А.А.Куратова [12], относится к классическим подковообразным биспиральным лабиринтам. Сложен он из небольших (от 10 × 15 см до 15 × 30 см) окатанных камней овальной формы, уложенных в один ряд по ширине и высоте и образующих систему извилистых, петляющих ходов шириной 20—25 см. Камни сплошь покрыты накипными лишайника-

* Благодарим С.В.Бельского (Музей антропологии и этнографии им.Петра Великого РАН) и профессора Теуво Ахти (Музей естественной истории Хельсинкского университета) за помощь в подборе литературы, посвященной лабиринтам Северной Европы.

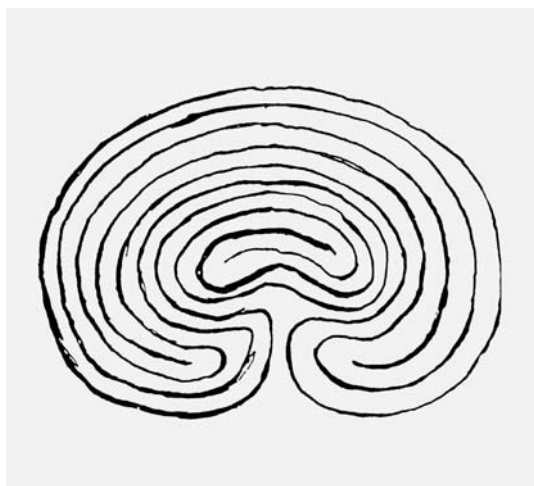


Схема каменного лабиринта на о.Узорный, составленная А.М.Тальгренем [11], и общий вид каменного лабиринта на о.Крутояр. Слева от лабиринта (выделено) на небольшом скальном возвышении видна каменная «пирамидка».

ми, ходы лабиринта заросли кладониями, а также луговиком и щавельком обыкновенным, между камней уютно примостился папоротник многоножка. Недалеко от лабиринта на скальных выходах расположены несколько каменных куч высотой около 0,5 м и диаметром у основания около 1 м, сложенных из небольших округлых камней. Лабиринт настолько гармонично вписывается в окружающий его сельговый ландшафт, что заметить его можно только с очень близкого расстояния. Лучше всего он виден с расположенной над ним более высокой террасы — максимальной высотной отметки острова (20,3 м над ур.м.).

До нас еще никому из российских исследователей, в том числе и археологов, не приходилось видеть на российских островах Финского залива эти загадочные творения рук человека, с которыми связано столько легенд. Гипотезы специалистов о времени сооружения подобных лабиринтов, их принадлежности и назначении весьма противоречивы. Хотя мы и не ставили перед собой задачу дать точную датировку обнаруженному комплексу, тем не менее готовы поделиться свои сообра-

жениями о максимальном возрасте памятника.

Расположение лабиринта на высоте 19–20 м над ур.м. позволяет говорить о том, что максимальный возраст лабиринта — неолит. Но это только максимальная датировка! Скандинавские археологи полагают, что лабиринты Северной Европы не могли быть созданы ранее железного века, большинство же из них были построены и использовались в средневековье (1200–1500 гг.) [13]. Между тем российские ученые обычно относят их к каменному веку или раннему металлу [12]. По мнению ряда исследователей, культовые комплексы, в состав которых входят лабиринты и каменные кучи, визуально не поддаются даже предварительному датированию. Для достоверного определения назначения и хронологии лабиринта на о.Крутояр необходимо проведение специальных археологических исследований, включающих более тщательное обследование памятника и применение новейших методик датировки, включая лихенометрию (комплекс методов определения возраста субстрата на основе анализа локальных популяций некоторых видов лишайников) и радиоуг-

леродную датировку. Вероятно, что он окажется не только одним из самых южных из известных лабиринтов Северной России, но и наиболее ранним по датировке.

В ходе второй нашей экспедиции на острова Финского залива в 2004 г. нам опять сопутствовала удача, и на небольшом островке Южный Виргин (300–350 м в длину и 200 м в ширину), расположенном в 10 км к юго-западу от о.Гогланд, мы обнаружили еще один лабиринт. Впервые высадившись на острове, полностью сложенном крупной галькой и валунами, мы были поражены увиденным зрелищем — на высоте 5–8 м над ур.м. мы наблюдали множество каменных куч, некоторые из которых достигали 2 м в высоту и имели диаметр основания 5–6 м, а также странные спиралевидные фигуры, плохо различимые на каменистой террасе острова. Позднее, ознакомившись с работами о лабиринтах Северной Европы [10, 15] мы узнали о том, что видели лабиринт и каменные кучи, впервые обнаруженные на Южном Виргине академиком К.М.Бэрром еще в 1838 г.! Следуя на о.Гогланд, из-за сильного шторма он был вынужден высадиться на неболь-

шом островке Южный Виргин и был потрясен увиденным, так же как и мы более полутора веков спустя. Бэр описал обнаруженный им лабиринт и впервые привел его схему. Этот лабиринт оказался иной, нежели на о.Крутояр, формы; по классификации А.А.Куратова, он относится к односпиральным лабиринтам. Более того, расположение лабиринта на достаточно низкой отметке над уровнем моря говорит о том, что максимальный его возраст — поздний железный век или, скорее, средневековье.

Имеющиеся в литературе сведения о лабиринте на Южном Виргине противоречивы. Например, в одном из источников [14] приведен план лабиринта, снятый в октябре 1919 г. финским крестьянином Эро Саукко из деревни Киискинкюля на о.Гогланд. В основе этой схемы лежат две спирали, развернутые во внутреннюю и внешнюю подковы. При этом радиальная и круговая стенки пересекаются, что лишает конструкцию выхода. Таким образом, в соответствии с данным с планом, лабиринт на Южном Виргине относится к биспиральным подковообразным лабиринтам

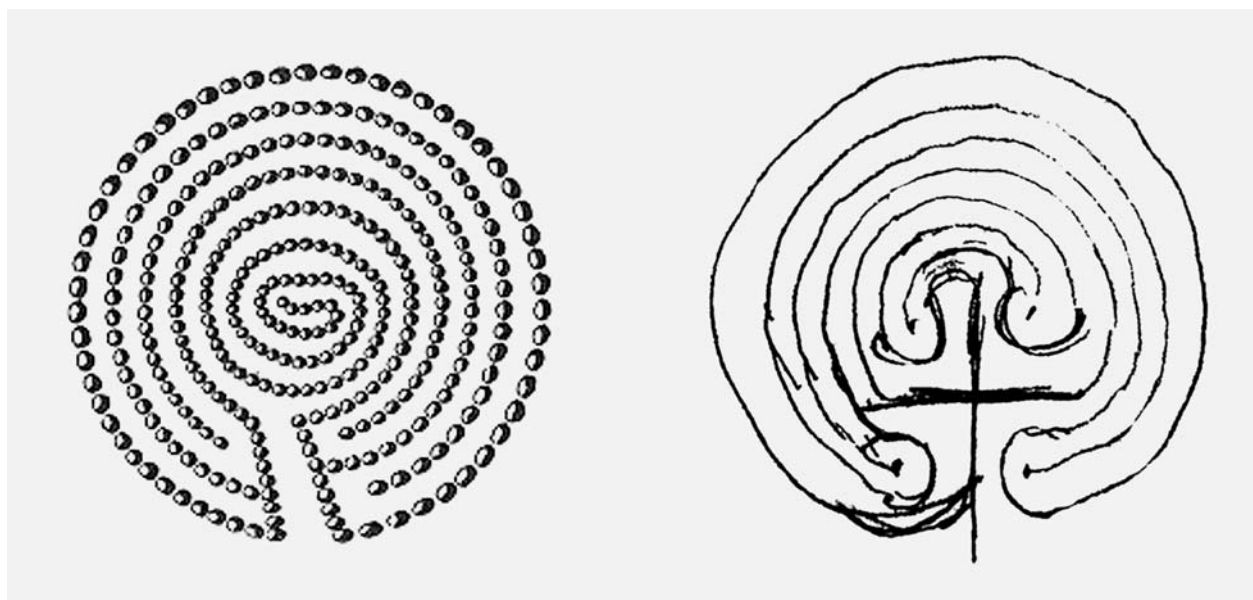


Каменные кучи, сопровождающие лабиринт на Южном Виргине. На заднем плане о.Гогланд.

с крестообразным пересечением при входе.

Чей же план лабиринта соответствует действительности — Бэра, посетившего остров в 1838 г., или Саукко, передавшего снятый им в 1919 г. план лабиринта на Южном Виргине в Национальный департамент памятников древнего искусства и культуры Финляндии? На этот

вопрос пока нет ответа, как нет и на множество других. Для какой цели были сооружены лабиринты на островах Финского залива? Когда и кем они были построены? Имели ли они какое-нибудь практическое значение, или это элементы древних святилищ, связанных с религиозными представлениями древнего населения островов?



Схемы лабиринта на Южном Виргине, составленные Эро Саукко [14] и К.М.Бэром [15].

* * *

Многие острова, расположенные в приграничной с Финляндией зоне, включены в проект особо охраняемых природных территорий Ленинградской обл. Цель проекта — сохранить уникальные природные комплексы восточной части Финского залива: массивы старовозрастных лесов, редкие виды растений и животных, уникальные гнездовые колонии морских птиц, крупные стоянки водоплавающих птиц на пролете, места щенения кольчатой нерпы и серого тюленя, а также нерестилища и места нагула промысловых видов рыб. Так, острова Грозный, Большой и Малый Пограничные, Козлиный, Твердый, Верхний и др. включены в проектируемый региональный ком-

плексный заказник «Приграничный». Архипелаги Копытин, Большой Фискарь, Долгий Риф, острова Долгий Камень, Крутой, Рябинник и др. входят в проектируемый государственный природный заповедник «Ингерманландский».

Однако природа и культурные памятники на островах Финского залива уцелели, на наш взгляд, благодаря строгому пограничному режиму. Ослабление его и организация массового туризма может привести к безвозвратной потере многих уникальных природных и историко-культурных комплексов. И тому уже есть печальные примеры. Многие острова Выборгского залива, хотя и имеют официальный статус особо охраняемой природной территории (комплексного природ-

ного заказника), не входят в пограничную зону. В результате свободного доступа и несоблюдения режима заказника пострадала значительная часть природных комплексов этих островов — на островах неоднократно вспыхивали пожары, замусорены побережья островов в районе мест отдыха людей, и по-видимому, многие археологические памятники утрачены уже навсегда. Ожидает ли подобная участь и другие, пока еще малодоступные для посещения, российские острова Финского залива, покажет время. Важно понимать, что острова Финского залива — хрупкие и уязвимые, прекрасные жемчужины Балтики — чутко реагируют на любое вмешательство человека, а потому нуждаются в особой охране и изучении. ■

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства окружающей среды Финляндии, Российского фонда фундаментальных исследований (проекты 05-04-49658-а, 05-04-63009-к, 06-04-63028-к) и Российского фонда содействия отечественной науке.

Литература

1. Глазкова Е.А. // Бот. журн. 2004. Т.89. №7. С.1182—1187.
2. Глазкова Е.А. Флора островов восточной части Финского залива: состав и анализ / Ред. Р.В.Камелина. СПб., 2001.
3. Sernander R. Studier öfver lafvärns biologi. Nitrofila lafvar. Svensk Botanisk Tidskrift. 1912. Bd.6. N.3.
4. Гагинская А.Р. // Рус. орнитол. журн. 1995. №4 (3/4). С.93—96.
5. Grønlie A.M. // Nytt Magasin for Naturvidenskapene. Oslo, 1948. Bd.86. P.117—243.
6. Бреслина И.П. Растения и водоплавающие птицы морских островов Кольской Субарктики. Л., 1987.
7. Darwin Ch. // Journal of researches into the Geology and Natural History of the Countries Visited by Beagle. L., 1840.
8. Хорева М.Г. Флора островов Северной Охотии. Магадан, 2003.
9. Манюхин И.С. Каменные лабиринты Беломорья // Кижский вестник. №7. Сб. науч. ст. / Ист.-архитект. и этнограф. музей-заповедник «Кизи». Петрозаводск, 2002. С.226—235.
10. Aspelin J.R. Jatulintarhat Suomen rantamailla // Suomen muinaismuistoyhdistyksen Aikakauskirja II. Helsinki, 1877. P.155—164.
11. Tallgren A.M. Muinaisjäänneksiä Pitkäpaaden saaristossa // Kotiseutu, 1913. P.145—150.
12. Куратов А.А. // Советская археология. 1970. №1. С.34—47.
13. Olsen B. Labyrinths of the North // Natural and cultural heritage of the White Sea islands. Petrozavodsk, 2002. P.40—50.
14. Hamari R., Korhonen M., Miettinen T. Talve Suomenlahden ulkosaaret: Lavansaari, Seiskaari, Suursaari, Tytärsaari. Suomalaisen kirjallisuuden seura, Jyväskylä, 1996.
15. Matthews W.H. Mazes and labyrinths. A general account of their history and development. L., 1922.

ЛАУРЕАТЫ НОБЕЛЕВСКОЙ ПРЕМИИ 2006 ГОДА

По физике — Дж.Мазер и Дж.Смут

Нобелевская премия по физике 2006 г. присуждена двум американским ученым за «открытие планковской формы спектра космического фонового излучения и анизотропии космического фонового излучения».

Говоря без преувеличений, история обнаружения и исследования реликтового излучения* подобна захватывающему детективному роману. Разница только в том, что все происходило на самом деле и продолжает активно развиваться на наших глазах. Перефразируя французского писателя Жюль Верна, можно сказать, что нам посчастливилось жить в эпоху «великих космологических открытий».

Известный американский специалист в области космологии Джон Мазер родился в 1946 г. Он получил высшее образование в колледже Суорсмора (США), окончив его в 1968 г., а в 1974 г. защитил диссертацию по физике в университете Беркли (США). Сейчас Мазер — старший астрофизик Центра космических полетов им.Годдарта (США) и работает над несколькими космическими проектами. Над проектом, посвященным изучению реликтового излучения, который 30 годами позже увенчался Нобелевской премией, Мазер начал работу в 1974 г.

Джордж Смут, другой авторитетный американский астрофизик и космолог, родился в 1945 г., получил высшее обра-



Дж. Мазер.

зование (выпускник 1966 г.) в Массачусеттском технологическом институте (США) и там же в 1974 г. защитил диссертацию по физике. В настоящее время является профессором Университета Беркли (США).

Результаты, которые принесли лауреатам наивысшую научную награду, были получены в ходе космического эксперимента НАСА, проводимого с помощью спутника «COBE». Этот космический спутник, названный по аббревиатуре термина «Cosmic Background Explorer» (рис.1) и запущенный 18 ноября 1989 г., был ориентирован на исследование реликтового излучения. «COBE» был многочас-



Дж. Смут.

тотным и многоцелевым инструментом. На нем были установлены три основных комплекса аппаратуры.

Основной научный комплекс, руководителем работ на котором был Смут, DMR (Differential Microwave Radiometer — дифференциальный микроволновой радиометр), состоял из нескольких радиометров на три частоты: 32, 53 и 90 ГГц. Именно он и был предназначен для обнаружения анизотропии реликтового излучения. Антенны каждого из радиометров обладали диаграммой направленности с полушириной 5°; они были развернуты так, что угол между направлениями приема составлял 60°.

* Английскому названию «Cosmic Microwave Background Radiation» (космическое фоновое излучение) в русскоязычной литературе соответствует термин «реликтовое излучение».



Рис.1. Спутник «COBE». Наверху за конусообразным щитом расположены приборы для изучения реликтового излучения (щит предназначался для защиты от постороннего излучения — излучения Земли, Солнца и т.п.). Приборы FIRAS и DIBRE находились внутри основной панели инструментов — в двух черных отверстиях. По окружности основной панели располагались три радиометра прибора DMR.

Вторая по значению роль принадлежала FIRAS (Far Infra-Red Absolute Spectrophotometer — инфракрасный спектрометр). Основной задачей этого прибора было измерение спектра реликтового излучения с точностью, в 100 раз превышающей все предыдущие измерения. Руководил проектом FIRAS Мазер.

Наконец, последний научный комплекс назывался DIRBE (Diffuse InfraRed Background Experiment — эксперимент по измерению фона рассеянного инфракрасного излучения). DIRBE предназначался для детектирования слабого свечения от первых звезд и галактик во Вселенной. Расстояние от этих объектов до нас должно составлять ~ 10 Гпк (красное смещение $z \sim 10$), поэтому их свет должен представляться в виде очень слабого фонового свечения, которое невозможно зарегистрировать с поверхности Земли из-за наличия атмосферы, подсвеченной Солнцем. Приборы ком-

плекса DIRBE были настолько чувствительными, что обнаружили бы это первичное свечение даже в том случае, если бы оно составляло всего 1% от зодиакального света! Тем не менее, вклад результатов этого эксперимента в космологию оказался не столь значительным, как вклад комплексов DMR и FIRAS.

Что же из себя представляет реликтовое излучение и почему его открытие стало знаковым событием в истории космологии, наравне с открытием хаббловского расширения нашей Вселенной?

Как известно, при расширении все тела охлаждаются, а при сжатии — нагреваются. Согласно астрономическим наблюдениям, наша Вселенная расширяется. Юная Вселенная была значительно горячее, чем сейчас, и содержала только высокотемпературную плазму. Частицы этой плазмы, включая и фотоны, находились в термодинамическом равновесии и обладали спектром

абсолютно черного тела. Реликтовое излучение — это фоновое космическое излучение, равномерно заполняющее всю Вселенную и не имеющее источников. Это свет «самых первых», «самых старых» фотонов, получивших возможность распространяться свободно, как только температура расширяющейся Вселенной упала до такого уровня (3000 К), что произошла рекомбинация — соединение протонов и электронов в атомы водорода — и материя и излучение смогли разделиться. Момент времени, когда это случилось, соответствует так называемой «поверхности последнего рассеяния».

Реликтовое излучение было теоретически предсказано Г.А.Гамовым в 1946 году. Он разрабатывал теорию нуклеосинтеза в модели горячей Вселенной и оценил температуру возникающего теплового электромагнитного излучения со спектром абсолютно черного тела в 6 К. В 1965 г. реликтовое излучение было случайно открыто американскими радиоинженерами компании «Белл» А.Пензиасом и Р.Вильсоном во время работы над новым усовершенствованным радиометром. С подробной историей этого открытия читатели могут ознакомиться в журнале «Природа» [1], а также в книге [2].

Дальнейшие наблюдения показали, что реликтовое излучение действительно обладает спектром абсолютно черного тела, правда, его температура оказалась равна 2.725 К — в два с лишним раза ниже оценки Гамова. Существование этого излучения служит основным доказательством теории Большого Взрыва.

Результаты измерений, проведенных инструментом FIRAS спутника «COBE», представлены на рис.2. Очень важно, что исследователям группы Мазера удалось измерить характеристики излучения в области максимума спектра. Измеренная температура реликтового излучения остается постоянной (в пределах ошибок), что лучше всего

подтверждает «чернотельный характер» спектра. Отклонения от планковского закона, которые предсказываются современной теоретической космологией, должны быть значительно меньше средней температуры излучения. Таким образом, тот факт, что мы не обнаруживаем значительных отклонений от формы планковского спектра, свидетельствует: космологи правильно понимают основные процессы, которые порождают реликтовое излучение.

Космологи-экспериментаторы измеряли температуру реликтового излучения многократно и в широком диапазоне длин волн. Эти наблюдения проводились для того, чтобы подтвердить вид спектра и обнаружить отклонения от него, если они существуют. Такие отклонения могут возникать, если во Вселенной во время ее эволюции происходили неравновесные процессы.

Пусть, например, в какой-либо момент эволюции Вселенной, не слишком далеко отстоящий от момента рекомбинации, в плазме выделялась энергия. Скажем, в плазме были нестабильные элементарные частицы, которые распались до момента рекомбинации. Тогда во Вселенной появились фотоны, обладающие узким спектром. Они взаимодействовали с электронами, рассеивались и меняли свою энергию. Процессы рассеяния вели к тому, что спектр «впрыснутых» фотонов расплывался, и его форма стремилась к равновесному спектру излучения абсолютно черного тела. Таким образом, после завершения процесса такого взаимодействия в плазме снова должно наступить равновесие между фотонами и другими частицами. Но может оказаться так, что времени для установления равновесия не хватит. Тогда в спектре возникнет отклонение, связанное с избытком фотонов, который укажет не только время выделения дополнительной энергии, но и его механизм.

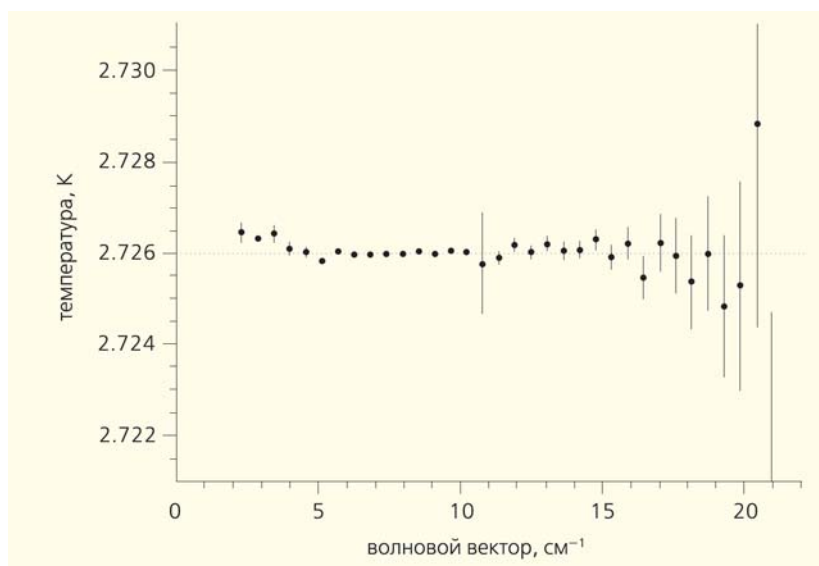


Рис.2. Экспериментальная зависимость термодинамической температуры реликтового излучения от длины волны. Волновому вектору 10 см^{-1} соответствует частота 300 ГГц, находящаяся вблизи максимума в спектре реликтового излучения. Спектр излучения абсолютно черного тела на таком графике представляется прямой, параллельной оси абсцисс, так и получилось для измерения температуры реликтового излучения. С учетом погрешности измерений отклонения от закона абсолютно черного тела нет. Среднее значение температуры — 2.726 К .

Помимо неравновесных процессов, отклонения от планковского спектра могут возникать и по другим причинам, которые в совокупности порождают анизотропию реликтового излучения — второй составляющей формулировки заслуг лауреатов.

Анизотропия реликтового излучения заключается в том, что температура излучения несколько отличается для различных направлений на небе. Она возникает из-за нескольких физических механизмов.

Прежде всего, это эффект Сакса—Вольфа, возникающий при распространении фотонов в неоднородном гравитационном поле. Если фотон движется в сторону роста гравитационного потенциала, то он теряет свою энергию и испытывает красное смещение, если, наоборот, — в сторону убывания потенциала, то приобретает энергию и его частота смещается в голубую сторону. Для одного фотона этот эффект приводит

к изменению частоты, а для ансамбля фотонов — к изменению их температуры.

Второй, не менее важный вклад в анизотропию дает эффект Силка. Он вызывается адиабатическими флуктуациями плотности. Если энтропия плазмы (т.е. отношение числа барионов к числу фотонов) однородна по пространству, то флуктуации плотности материи приводят к флуктуациям числа фотонов. Другими словами, место, где плотность больше, будет горячее. После момента рекомбинации такие неоднородности выглядят как муар или рябь на поверхности последнего рассеяния.

Наряду с изменениями плотности важную роль играет эффект, порождаемый пекулярным движением вещества, т.е. случайным движением, наложенным на общее хаббловское расширение нашей Вселенной. Из-за этого движения энергия излученных фотонов меняется в соответст-

вии с эффектом Доплера — это третий физический механизм, приводящий к анизотропии.

Не связанным непосредственно с процессами в эпоху рекомбинации, но важным при описании эволюции Вселенной при относительно низких значениях красного смещения, является эффект Сюняева—Зельдовича. Он возникает, когда реликтовые фотоны проходят через облако горячих электронов, и в результате актов рассеяния электроны передают им часть своей энергии, изменяя их температуру.

Реликтовые фотоны идут к нам со всех направлений небесной сферы. Поэтому адекватный математический аппарат для анализа их углового распределения — это разложение по сферическим функциям (или по мультипольным гармоникам). Распределение «амплитуда гармоники — ее номер» образует угловой спектр анизотропии реликтового излучения. Он определяется спектром возмущений плотности и спектром гравитационных волн, а также перечисленными выше эффектами (Сакса—Вольфа, Силка и Доплера).

Структура неоднородностей на поверхности последнего рассеяния полностью характеризует свойства ранней Вселенной! Фундаментальное открытие радиоактивности Э.Резерфордом позволило человечеству перейти на новый уровень энергий: от химических к ядерным, при этом масштаб энергий изменился всего на несколько порядков. Открытие анизотропии реликтового излучения позволяет рассуждать о свойствах материи и структуре пространства-времени при энергиях, в миллиарды миллиардов раз превышающих ядерные. Анизотропия фотонов открывает тайну рождения нашей Вселенной, в нее «впечатаны» следы ее детства, юности и взросления. Все, что происходило в ранней Вселенной, отражено в неоднородностях фона.

Каждый шаг в исследовании реликтового излучения требо-

вал больших усилий экспериментаторов, зато приводил к важным физическим открытиям и характеризовал концептуальные выборы направления развития космологии в целом.

Прежде всего, открытие фонового излучения подтвердило теорию горячей Вселенной. Как уже было сказано, сам факт его существования — один из решающих аргументов в пользу теории Большого Взрыва.

Следующий шаг — открытие анизотропии реликтовых фотонов — потребовало увеличения чувствительности радиометров в 1000 раз! Амплитуда самой значимой части возмущений излучения составляет всего 3 мК. Ее измерение позволило установить наиболее близкую к универсальной систему отсчета, а также определить пекулярные скорости галактик и многое другое. Поиск крупномасштабной анизотропии (вклады возмущений со все более низкими амплитудами вплоть до ~30 мК) вновь потребовало увеличения чувствительности приборов еще в 100 раз.

Анизотропия реликтового излучения была открыта в 1992 г. Один из авторов статьи принимал непосредственное участие в обработке данных, полученных в ходе эксперимента, который проводился на борту космического аппарата серии «Прогноз». Эксперимент назывался «Реликт» (рис.3). Спутник нес радиометр, регистрирующий излучение с длиной волны 8 мм с рекордной по тому времени чувствительностью по измерению температуры — 35 мК за секунду накопления. Радиометр, рассчитанный на одну частоту, был наиболее уязвимой частью всего эксперимента с точки зрения методологии астрономических наблюдений. (Многочастотный эксперимент позволил бы с большей надежностью выявить природу анизотропии излучения, наш же вариант оставлял место для спекуляций на эту тему.) Радиометр представлял собой две рупорные антенны, угол

между которыми составлял 90° (диаграмма направленности каждой антенны занимала 5°) и собственно радиометрический тракт. Спутник медленно вращался вокруг своей оси, делая один оборот за две минуты. Один рупор был направлен вдоль оси вращения и все время принимал радиосигнал из одной небесной точки. Он назывался опорным рупором. Второй за две минуты полностью «просматривал» (в астрономии принят термин «сканировал») большой круг небесной сферы. В таком положении спутник находился примерно неделю, успевая просмотреть каждый элемент большого круга несколько тысяч раз. После этого спутник переориентировался и сканировал новый круг на небе.

Спутник был запущен в 1984 г., работал полгода, и за этот срок была получена карта всего неба на длине волны 8 мм. Анализ данных длился несколько лет с публикациями промежуточных результатов и был завершен к концу 1991 г. В январе 1992 г. на семинаре в ГАИШ МГУ наша группа (И.А.Струков, Д.П.Скулачев, А.А.Брюханов и М.В.Сажин) представила доклад об открытии анизотропии реликтового излучения.

К этому времени созданный НАСА космический аппарат «COBE», аналогичный аппарату

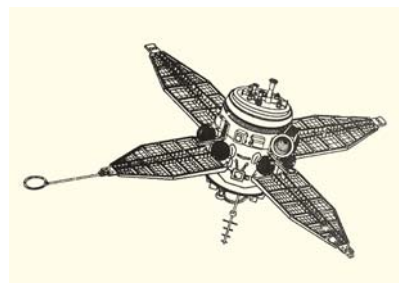


Рис.3. Спутник «Реликт», открывший анизотропию реликтового излучения. На верхней панели установлены радиометры. Поскольку измерения велись в основном в верхней точке орбиты (700 тыс. км), щит для экранирования внешних излучений не был нужен.

«Реликт», хотя и более усовершенствованный (прежде всего, из-за наличия двух дополнительных радиометров), находился на околоземной орбите уже два года. В конце апреля 1992 г. научный руководитель комплекса DMR Смут на специально собранной пресс-конференции объявил об открытии анизотропии фона. Средства массовой информации распространили это сообщение по всему миру как научную новость «номер один». Теперь, в 2006 г., спустя почти 15 лет, Мазер и Смут удостоены Нобелевской премии по физике за это открытие. На рис.4 приведена синтезированная карта небесной сферы, полученная в ходе проведения эксперимента «COBE-

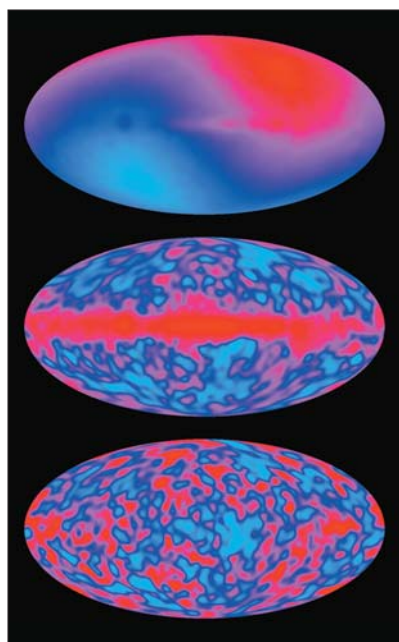


Рис.4. Карта радиояркости неба в миллиметровых лучах, полученная спутником «COBE». Вверху изображено дипольное распределение анизотропии реликтового излучения, полученное в результате работы этого спутника. В середине — распределение радиояркости всего неба, включая нашу Галактику. Внизу — распределение радиояркости на поверхности последнего рассеяния (излучение нашей Галактики «вырезано»).

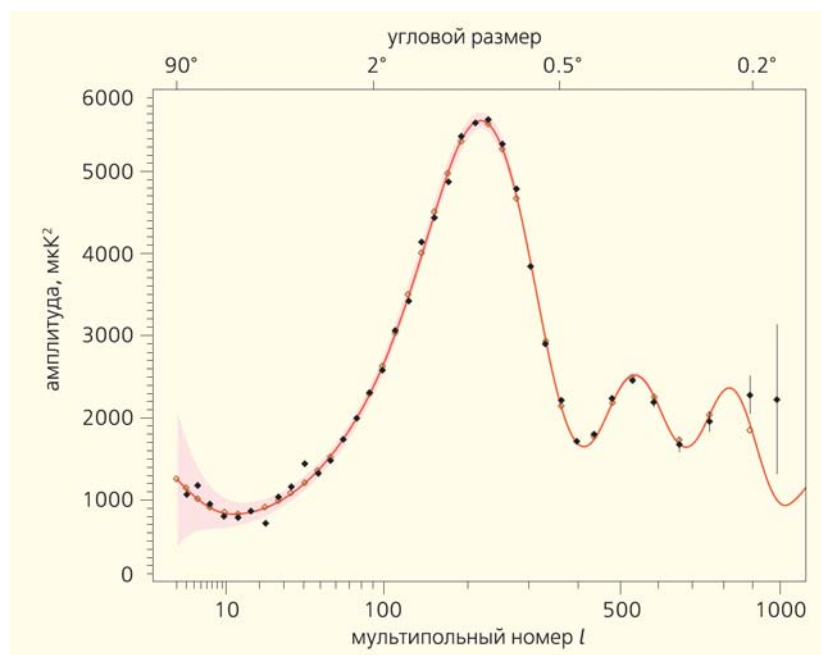


Рис.5. Спектр угловых флуктуаций анизотропии реликтового излучения, полученный в результате трехлетней работы спутника WMAP. По оси абсцисс отложено мультипольное число l , которое эквивалентно угловой шкале флуктуаций. Чем больше значение числа l , тем меньше угловой размер флуктуаций. Мультипольное число — аналог частоты (волнового вектора) при измерениях на сфере. По оси ординат отложена амплитуда соответствующей гармоники. Амплитуда нормирована множителем, зависящим от мультипольного числа так, чтобы спектр угловых флуктуаций типа Харрисона—Зельдовича представлял собой прямую линию, параллельную оси абсцисс.

DMR». Разная цветовая насыщенность точек карты соответствует разной температуре реликтового излучения, характеризующей его анизотропию.

В отличие от репортеров, многие специалисты вначале скептически встретили известие об обнаружении анизотропии реликтового излучения. Тем не менее сейчас это открытие получило общее признание. Если эксперименты «Реликт» и «COBE-DMR» могли обнаружить только крупномасштабную анизотропию (характерный угловой масштаб переменности яркости излучения по небу составлял десятки градусов), то затем другие группы экспериментаторов стали говорить о наблюдении анизотропии уже в средних угловых масштабах. Эти эксперименты

проводились радиоастрономами с наземных радиотелескопов, а также в ходе баллонных экспериментов.

В начале 2006 г. были опубликованы результаты трехлетних наблюдений на космическом спутнике WMAP (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe). Спутник до сих пор в работе. Данные WMAP подтверждают открытие анизотропии, позволяя построить угловой спектр в широком диапазоне мультипольных чисел (рис.5). В начале графика идет плато Зельдовича—Харрисона, названное так в честь академика Я.Б.Зельдовича и американского физика Е.Харрисона. Затем появляется первый доплеровский пик, максимум которого приходится на значение мультипольного числа ~ 220 (что соответствует угло-

му масштабу около 1°). За ним следуют еще два пика Доплера, которые измерены с достаточной точностью. Положение пиков и их амплитуда зависят от нескольких глобальных параметров Вселенной — параметра Хаббла, полной плотности барионов, вклада плотности темной материи и темной энергии и т.п. (подробнее о последних данных см. [3]).

Открытие анизотропии реликтового излучения положило начало эпохе прецизионной космологии. Появилась возможность измерять основные параметры нашей Вселенной с точностью до нескольких процентов или даже долей процента. Результатом этого открытия,

а также других наблюдений и теоретических разработок, стало построение Стандартной космологической модели.

В настоящее время готовятся несколько космических проектов для исследования анизотропии и поляризации реликтового излучения. Прежде всего следует отметить европейский космический проект «Планк». Если в результате работы этого спутника будет обнаружена так называемая В-мода поляризации фотонов, то впервые окажется возможным измерить фон гравитационных волн, рожденных во время инфляционной стадии развития Вселенной. Открытие гравитационных волн возвестило бы эпоху «зондирования» ранней Вселенной и физики

вблизи предельно высоких энергий (10^{19} ГэВ) с помощью методов экспериментальной космологии.

Остается только сожалеть, что, несмотря на пионерские работы по исследованию анизотропии реликтового излучения, выполненные отечественными учеными, сейчас в России не планируется ни одного космического эксперимента в этом направлении. ■

© Сажин М.В.,

доктор физико-математических наук

© Хованская О.С.,

кандидат физико-математических наук

Государственный астрономический институт им. П.К. Штернберга
Москва

Литература

1. Зельдович Я.Б., Сюняев Р.А. Лауреаты Нобелевской премии 1978 года по физике — А.Пензиас и Р.Вильсон // Природа. 1979. №1 С.101—103.
2. Сажин М.В. Современная космология в популярном изложении. М., 2002.
3. Сажин М.В. // Успехи физ. наук. 2004. Т.174. №2. С.197—205.

По химии — Р.Корнберг

Нобелевская премия по химии за 2006 год присуждена Роджеру Д. Корнбергу «за фундаментальные исследования молекулярных основ транскрипции у эукариот».

Роджер Корнберг (Roger D.Kornberg) родился 24 апреля 1947 г. в Сент-Луисе, штат Миссури, США. В 1967 г. окончил Гарвардский университет, в 1972-м получил докторскую степень в Станфордском университете (штат Калифорния). Сейчас, будучи профессором медицины, руководит отделом структурной биологии в медицинской школе того же университета.

Корнберг — член Национальной академии наук и Американской академии искусств

и наук; лауреат премии Уэлча — высшей награды по химии в США; лауреат премии Шарля Леопольда Майера, присуждаемой за биомедицинские исследования Французской академией наук.

Транскрипция — это процесс матричного синтеза РНК на ДНК, который осуществляется ферментами РНК-полимеразами. У эукариот в него вовлечены несколько сложных олигомерных белковых комплексов: РНК-полимераза, общие факторы транскрипции и белковый комплекс медиатора. Перечисленные комплексы вместе со специфическими факторами транскрипции (активаторами) ини-

цируют синтез РНК, начиная с промотора соответствующего гена в ДНК.

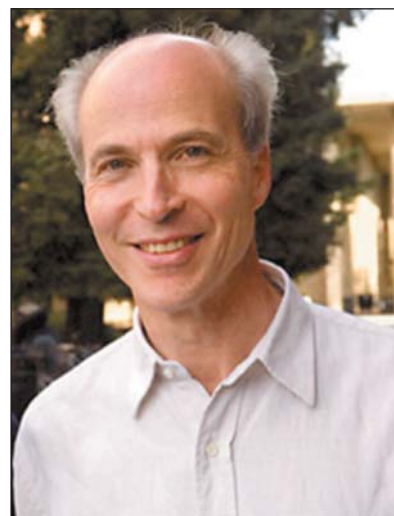
Корнберг, как отмечено Нобелевским комитетом, внес наиболее существенный вклад в определение структуры компонентов транскрипционного комплекса, в установление динамики процессов, протекающих в его недрах, и регуляторных механизмов, которые ускоряют, замедляют или прерывают инициацию транскрипции. Многолетнее (около 30 лет) исследования с использованием совершенной биохимической техники в сочетании с рентгеноструктурным анализом комплексов РНК-полимеразы II дрожжей с другими компонентами системы послу-

жили основанием для получения картины, описывающей работу активного центра этого фермента, а также его взаимодействия с другими белками.

Исследование транскрипции у эукариот ведет начало с работы С.Б.Уэйсса и Л.Гладстона (1959). Однако очистка РНК-полимеразы эукариот оказалась очень сложным делом. Значительно быстрее развивались исследования транскрипции у бактерий. И уже в 1965 г. за успехи в изучении этого процесса была присуждена Нобелевская премия по физиологии и медицине Ф.Жакобу, Ж.Моно и А.Львову. Всего через несколько лет было установлено, что транскрипционная машина эукариот много сложнее: она включает три РНК-полимеразы — I, II и III. При этом все гены, кодирующие белки, транскрибируются РНК-полимеразой II. Однако *in vitro* она проявляла очень низкую активность в отношении генов, содержащих промоторы, которые служат сигналом для инициации синтеза РНК. С начала 70-х годов сформировались задачи, которые в то время казались неосуществимыми: выявить, очистить и охарактеризовать все компоненты транскрипционного комплекса; реконструировать модель транскрипции *in vitro*; установить все стадии матрич-

ного процесса на атомном уровне. В эту гигантскую работу включились несколько групп ученых, главным образом в США. Значительный вклад внесла группа Р.Редера, работавшая в Рокфеллеровском университете: им первым удалось осуществить инициацию транскрипции РНК-полимеразой II с вирусного промотора. Кроме того, были идентифицированы белковые факторы, получившие наименование общих, или универсальных факторов, так как они необходимы для транскрипции всех генов эукариот, кодирующих белки.

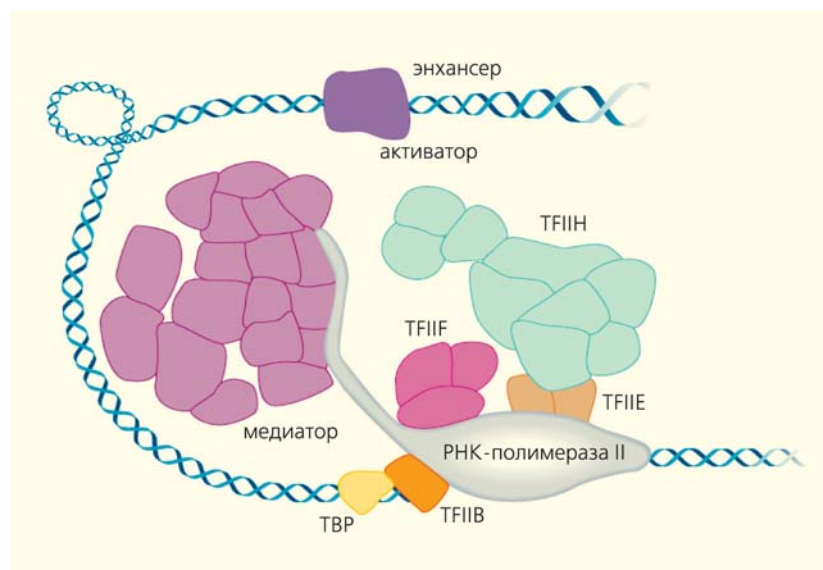
Свою первую работу Корнберг провел и завершил в начале 70-х годов в Кембридже совместно с Ф.Криком и А.Клугом. Оказалось, что основным элементом хроматина служит нуклеосома — гистоновый октамер, который образует комплекс с 200 парами оснований ДНК. После возвращения в середине 70-х в Стэнфорд (Калифорния) Корнберг начал исследовать регуляцию транскрипции у эукариот. В качестве модели он избрал пекарские дрожжи. В первых работах выяснилось, что очищенная РНК-полимераза II и пять общих факторов транскрипции (рис.1) — TFIIB, E, F, H и TBP — способны поддерживать лишь очень низкий, базовый уровень процесса. Добавление в систему специ-



Р. Корнберг.

ческих факторов транскрипции, взаимодействующих с промотором или энхансером и необходимых для узнавания определенного гена, не изменяло эту картину. Тщательное исследование клеточного экстракта привело к неожиданному открытию и очистке мультисубъединичного комплекса, названного медиатором (см. рис.1). Этот комплекс включал 20 различных белков. Роль медиатора, как выяснили Корнберг и сотрудники, состояла в переносе сигнала (как положительного, так и отрицательного) от специфического фактора

Рис.1. Схематическое изображение комплекса инициации транскрипции ДНК. В составе комплекса приведены общие факторы транскрипции (TFIIB, E, F, H и TBP), РНК-полимераза II, медиатор и специфический фактор транскрипции, связанный с энхансером — последовательностью, довольно удаленной от промотора и регулирующей его.



транскрипции, связанного с энхансером, к РНК-полимеразе II. Медиатор оказался недостающим звеном, открытие которого объяснило непонятные ранее факты и сделало возможным реконструкцию транскрипционной машины *in vitro*.

В целом транскрипционный комплекс состоит примерно из 60 взаимодействующих белков и имеет массу, превышающую 3МДа. Это создавало трудности для молекулярного исследования полного комплекса. Поэтому рентгеноструктурные исследования были направлены на полимеразу, своеобразную платформу (так назвал фермент сам Корнберг), вокруг которой собираются все элементы транскрипционной машины. В течение нескольких лет были проведены интенсивные кристаллографические исследования комплексов РНК-полимеразы с другими компонентами системы. Структура полимеразы была установлена сначала с разрешением 2.8 Å и затем 2.3 Å. Все события развиваются в глубокой щели молекулы полимеразы. Именно сюда попадает дсДНК (двухспиральная ДНК), и здесь локали-

зован активный центр фермента (рис.2). Щель активного центра пересекает, подобно мосту, α -спираль («мостиковая» спираль) одной из двух больших субъединиц полимеразы.

Инициация синтеза РНК состоит из ряда этапов, в которых участвуют общие факторы транскрипции. TBP (TATA-binding protein) сгибает ДНК вокруг С-концевого домена TFIIIB, в результате чего образуется комплекс этого белка с полимеразой, и ее активный центр ориентируется так, что оказывается напротив стартового участка транскрипции на ДНК. Далее к комплексу инициации последовательно присоединяются другие транскрипционные факторы — TFIIH и TFIIIE. Первый из них расплетает участок ДНК, находящийся в активном центре фермента, а второй удерживает некодирующую цепь расплетенной петли ДНК. При этом ось гибридной ДНК-РНК спирали повернута приблизительно на 90° по отношению к дуплексу ДНК (см. рис.2), вступающему в реакцию транскрипции, благодаря полипептидной «стенке», которая препятствует прямому

прохождению нуклеиновой кислоты через щель. В инициации транскрипции своеобразную роль играет один из доменов TFIIIB, названный В-пальцем: он занимает в щели активного центра полимеразы то же место, что и гибрид ДНК-РНК, конкурируя с последним. В начале инициации транскрипции TFIIIB стабилизирует гибридный участок, содержащий короткий фрагмент — до пяти нуклеотидов — вновь синтезированной РНК. При дальнейшем увеличении гибридной спирали начинается конкуренция между растущей цепью РНК и TFIIIB за пространство в ложбине активного центра полимеразы. По терминологии Корнберга, если побеждает РНК, ее синтез продолжается, и инициация переходит в элонгацию транскрипции: полимеразы перемещается за пределы промотора, двигаясь по ДНК. Все факторы транскрипции, кроме ИФ, выходят из комплекса инициации. Если же побеждает в конкуренции с РНК TFIIIB, синтез РНК прерывается на уровне девяти нуклеотидов, комплекс распадается и инициация начинается заново. Этот

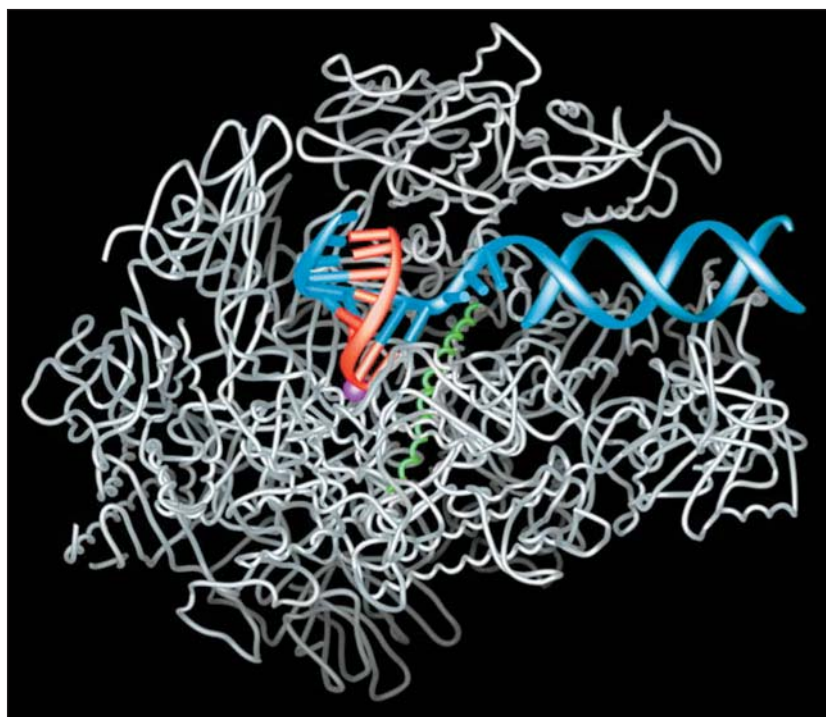
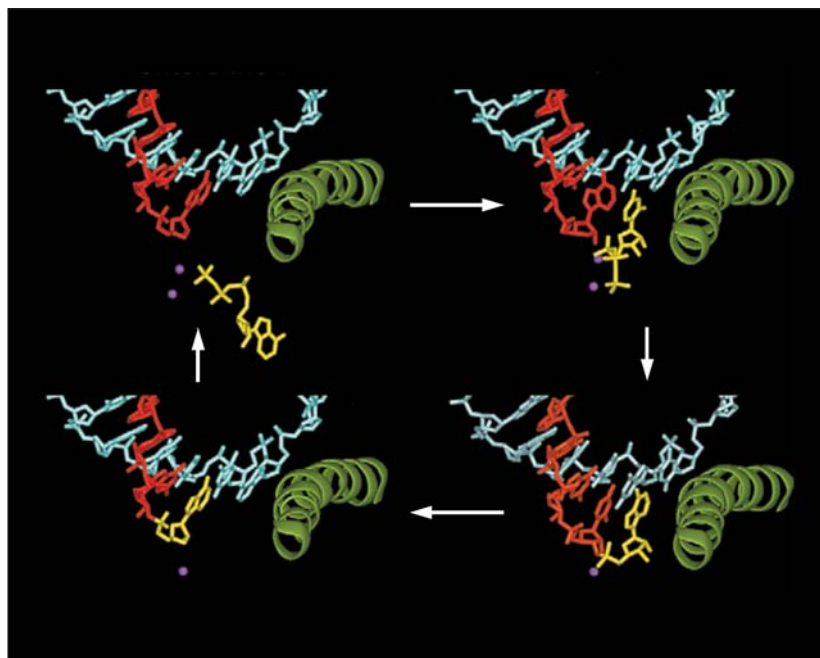


Рис.2. Фрагмент структуры РНК-полимеразы II, содержащий щель, в которой локализован активный центр фермента. Показаны спираль ДНК (синяя), растущая цепь РНК (красная), ион металла в активном центре в виде фиолетовой сферы и «мостиковая» α -спираль (зеленая).

Рис.3. Четыре кристаллические структуры комплексов РНК-полимеразы II с нуклеозидтрифосфатами. Изображена область активного центра фермента, в которой находятся транскрибируемая ДНК (синяя), синтезируемый участок РНК (красный), присоединяемый нуклеотид (желтый), ионы Mg (фиолетовые) и пептидная спираль (зеленая). Показаны четыре этапа присоединения нуклеотида к растущей цепи РНК: связывание нуклеотида в Е-сайте (вверху слева); ротация комплементарного нуклеотида в А-сайте (вверху справа); образование фосфодиэфирной связи (внизу справа) и транслокация нуклеотида.



феномен, известный ранее как «абортивная» инициация транскрипции, получил объяснение на молекулярном уровне только после исследований Корнберга.

Кристаллографическое исследование комплексов полимеразы с нуклеотидами позволило описать поэтапно ход присоединения нуклеотида к растущей цепи (рис.3). На первом этапе НТР (нуклеозидтрифосфат) приближается к растущей цепи и связывается в Е-сайте ниже активного центра в обращенной ориентации. Далее происходит вращение нуклеотида, в результате чего он перемещается в А-сайт. В случае комплементарности входящего нуклеотида матричному основанию ДНК на третьем этапе образуется фосфодиэфирная связь. Все завершается транслокацией, необходимой для повторения цикла. Отбор комплементарного нуклеотида контролируется свойствами РНК-ДНК гибрида. Если нуклеотид некомплементарен, он не удерживается в активном центре, и селекция продолжается. Таким образом, в серии кристаллографических исследований комплексов РНК-полимеразы с компонентами системы была установлена на атомном уровне ди-

намическая картина инициации транскрипции.

РНК-полимераза II и медиатор взаимодействуют между собой за счет множества контактов, посредством которых осуществляется перенос сигналов от активатора, связанного с энхансером, к комплексу инициации транскрипции. Начало детальным исследованиям комплекса медиатора с полимеразой положила публикация (незадолго до присуждения Корнбергу премии), в которой рассматривается взаимодействие головной части медиатора из семи субъединиц с ферментом в присутствии фактора транскрипции ИФ. Для выяснения динамических взаимодействий на атомном уровне в дальнейшем необходимо будет изучать комплексы разных частей медиатора с компонентами системы инициации транскрипции.

Краткое резюме основных достижений Корнберга сводится к следующему. Им установлена общая картина действующего комплекса инициации транскрипции с участием РНК-полимеразы II, общих факторов транскрипции и медиатора, открытого Корнбергом. Промотор за счет ремоделирования хрома-

тина освобождается от нуклеосомы и взаимодействует с ферментом и остальными элементами системы, в результате чего и образуется комплекс инициации транскрипции, состоящий примерно из 60 белков (более 3МДа). Медиатор осуществляет перенос как положительных, так и отрицательных сигналов к транскрипционной машине. Благодаря рентгеноструктурному анализу нынешнему нобелевскому лауреату удалось построить — с атомным разрешением — динамическую картину событий в активном центре РНК-полимеразы II с участием других компонентов системы. В результате было установлено, каким образом осуществляется узнавание промотора, селекция нуклеотидов, образование фосфодиэфирной связи, рост цепи РНК и переход от стадии инициации транскрипции к элонгации.

По словам нового нобелевского лауреата, его исследования были бы немислимы без его сотрудников и помощников, которые могли бы разделить с ним эту высшую научную премию. ■

© Поляновский О.Л.,

доктор биологических наук
Институт молекулярной биологии им.В.А.Энгельгардта РАН

По физиологии или медицине — Э.Файер и К.Мэллоу

Нобелевская премия по физиологии или медицине за 2006 г. присуждена американским ученым — Э.Файеру и К.Мэллоу — «за открытие фундаментального явления РНК-интерференции — подавления экспрессии генов с помощью двуцепочечной РНК».

Эндрю Файер (Andrew Fire) родился 27 апреля 1959 г. в Пало-Альто (штат Калифорния, США). В 1978 г. получил степень бакалавра по математике в Калифорнийском университете в Беркли, а в 1983 г. — докторскую степень по биологии в Массачусеттском технологическом институте (Кембридж) под руководством Ф.Шарпа (нобелевского лауреата 1993 г.). В настоящее время — член Национальной академии наук и Американской академии искусств и науки, профессор кафедр патологии и генетики медицинской школы Станфордского университета.

Крэйг Мэллоу (Craig Mello) родился 18 октября 1960 г. в Нью-Хейвене (штат Коннектикут, США). В 1982 г. окончил Университет Брауна (штат Род-Айленд), докторскую степень по биологии получил в 1990 г. в Гарвардском университете (Бостон, штат Массачусетс). Ныне — член Национальной академии наук, профессор кафедры молекулярной медицины медицинской школы Университета штата Массачусетс (Ворчестер), а также научный сотрудник Медицинского исследовательского института им.Говарда Хьюза.

Давно известно, что молекулы рибонуклеиновой кислоты (РНК), состоящей, как и ДНК, из последовательности нуклеотидов, осуществляют передачу генетической информации от ДНК для синтеза белков (матричные РНК) и собственно синтез белка (рибосомальные и



Э. Файер.

транспортные РНК, которые сами не кодируют белок). Впоследствии были обнаружены и другие типы некодирующих РНК, которые выполняют в клетке множество различных функций. Настоящей сенсацией стало открытие Файера и Мэллоу, опубликовавших в 1998 г. в «Nature» результаты своих экспериментов: инъекция молекул двуцепочечной РНК (РНК в виде двух спаренных комплементарных цепей) в организм нематоды *Caenorhabditis elegans* приводит к эффективному и строго специфичному выключению (подавлению экспрессии) гена, нуклеотидная последовательность которого совпадает с нуклеотидной последовательностью введенной двуцепочечной РНК [1]. После выключения гена перестает образовываться кодируемый им белок и, следовательно, исчезает определенный признак; при этом другие гены организма продолжают работать. Поскольку в данном случае происходит «наложение» гомологичных по нуклеотидной последовательности нуклеиновых кислот, Файер и Мэллоу назвали это явление РНК-интерферен-



К. Мэллоу.

цией (RNA interference, RNAi) по аналогии с интерференцией (наложением волн) в физике. Стало очевидным, что двуцепочечная РНК может быть использована для избирательного воздействия на определенный ген, и в руках исследователей появилась технология, позволяющая точно нарушать работу генов.

Открытие РНК-интерференции, несомненно, одно из главных событий молекулярной биологии и генетики на рубеже веков, а наиболее важное следствие этого открытия — обнаружение новых фундаментальных механизмов, с помощью которых молекулы РНК могут влиять на экспрессию генов. Кроме того, в настоящее время этот подход уже широко применяется как лабораторный метод для выявления функций генов, в том числе и при изучении генома человека. Уже в ближайшем будущем могут появиться основанные на принципе РНК-интерференции лекарства нового поколения, действующие специфично на определенный ген и выключающие синтез кодируемого

им белка. Такими мишенями РНК-интерференции могут быть, например, гены, активные в клетках опухолей, или гены, обеспечивающие размножение вирусов.

Необходимо отметить, что подавить экспрессию гена с помощью соответствующих ему по нуклеотидной последовательности РНК пытались не только Файер и Мэллоу. Еще в 1984 г. Г.Вайнтрауб предложил использовать для этих целей антисмысловую РНК (РНК, комплементарную матричной РНК) [2]. Предполагалось, что антисмысловая одноцепочечная РНК может спариваться с гомологичной по нуклеотидной последовательности матричной РНК и препятствовать ее трансляции (синтезу белка). Применение этого метода как раз и привело в 1998 г. Файера и Мэллоу к неожиданному наблюдению: инъекция контрольной смысловой РНК (совпадающей с матричной РНК по последовательности) в организм нематоды приводила к такому же эффекту, что и антисмысловой. Более тщательный анализ показал, что активный, нарушающий экспрессию, компонент — вовсе не смысловая или антисмысловая РНК, а двуцепочечная РНК (дцРНК), содержащаяся в обоих препаратах в виде примеси. Введение только дцРНК в организм нематоды привело к подавлению экспрессии гомологичного ей гена с несравненно большей эффективностью, чем инъекции смысловой или антисмысловой цепей РНК по отдельности.

Уже первые исследования РНК-интерференции, проведенные на нематоде, выявили важную особенность дцРНК — она способна действовать в очень низких концентрациях. По расчетам, эффективными оказываются концентрации, соответствующие всего нескольким молекулам дцРНК на клетку. Это могло объясняться каталитическим действием дцРНК на многие молекулы матричной РНК. Другими словами, в клетке существует

«белковая машина» РНК-интерференции, которая, используя сигнал, полученный от дцРНК, способна обнаруживать и инактивировать в клетке матричную РНК, совпадающую по нуклеотидной последовательности с дцРНК.

В следующие два-три года было установлено, что дцРНК способна вызывать избирательное подавление экспрессии генов не только у нематоды, но и у самых разных организмов (дрозофилы, планарии, гидры, одноклеточной трипаносомы, растений, рыб) и, наконец, в 2001 г. РНК-интерференцию удалось применить в экспериментах с клетками млекопитающих и человека.

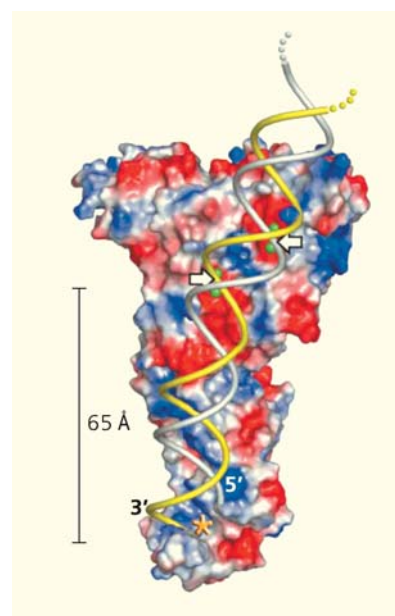
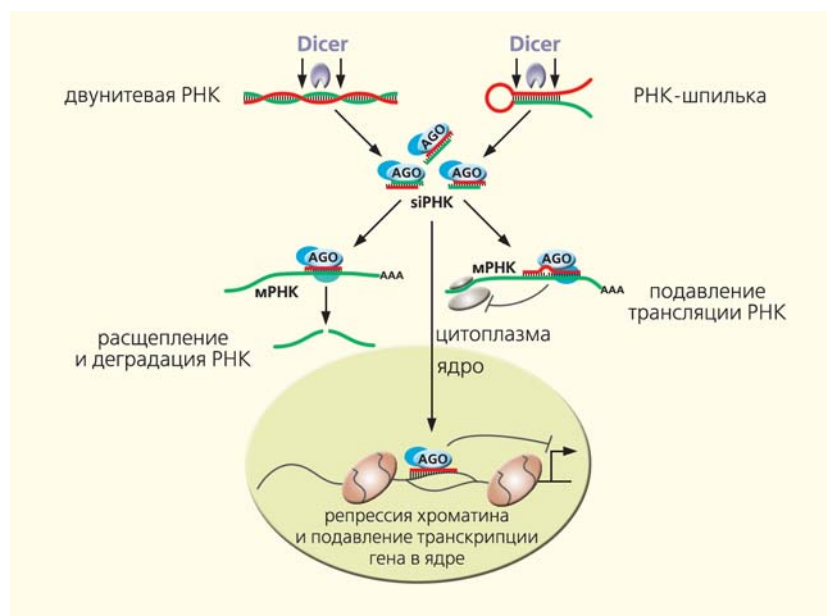
Одновременно начались исследования самого процесса РНК-интерференции с использованием как генетического, так и биохимического подходов. По мере выяснения действия дцРНК в клетках беспозвоночных животных оказалось, что феномен РНК-интерференции имеет много общего с другим явлением, обнаруженным за несколько лет до этого у растений, — косупрессией. Косупрессия была впервые описана в 1990 г. в ходе опытов по получению трансгенных растений. Была обнаружена парадоксальная закономерность: общий уровень экспрессии трансгенов может резко снижаться или даже полностью подавляться при увеличении числа их копий. Если трансгены гомологичны хозяйскому гену, то его экспрессия также подавляется. В 1999 г. английские генетики А.Гамильтон и Д.Баулкомб обнаружили, что в процессе косупрессии образуются короткие (около 20—25 нуклеотидов) молекулы РНК, соответствующие по последовательности введенным трансгенам [3].

Спустя некоторое время короткие РНК были выявлены при проведении РНК-интерференции в бесклеточных системах, созданных из эмбрионов или культуры клеток дрозиды

в лаборатории Ф.Шарпа (лауреата нобелевской премии 1993 г. за открытие явления сплайсинга РНК, «прерывистой структуры гена» [4]). Оказалось, что при инициации РНК-интерференции происходит нарезание длинной молекулы дцРНК на короткие (21—23-нуклеотидные РНК), называемые также siРНК (short interfering RNAs), а на следующем этапе осуществляется расщепление матричной РНК с совпадающей нуклеотидной последовательностью. Стало очевидным, что короткие РНК, образующиеся из длинных дцРНК дуплексов, — активная форма сигнала, действующее начало машины РНК-интерференции.

В 2001 г. в лаборатории Г.Хэннона был охарактеризован фермент, образующий короткие РНК из дцРНК и получивший название Dicer (от англ. to dice — нарезать в форме кубиков) [5]. Сейчас известно, что белок Dicer одним из своих доменов может «заякорить» конец молекулы дцРНК, при этом другой домен, находящийся на расстоянии в 20—25 пар нуклеотидов, производит разрывы в обеих цепях дцРНК. Таким образом, Dicer действует как «молекулярная линейка», безошибочно отмеряющая и штампуя короткие дцРНК с заданным размером и определенными структурными особенностями. Затем Dicer передает короткие РНК другим комплексам, содержащим белки семейства Argonaute*. На следующем этапе происходит расплетание дуплекса коротких РНК, одна из цепей которого обнаруживает в клетке комплементарные ей молекулы РНК (мишени), в результате чего белок Argonaute катализирует подавление их экспрессии. На данный момент известно несколько

* Белки названы «Argonaute», поскольку первая из описанных мутаций в соответствующих генах у растений приводила к необычной форме листьев, напоминавших щупальца головоногих моллюсков — аргонавтов.



Механизм РНК-интерференции (слева) и структура белка Dicer [6]. Молекулы дцРНК могут представлять собой РНК-шпильку или две спаренные комплементарные друг другу цепи РНК. Длинные молекулы дцРНК нарезаются (процессируются) в клетке на короткие ферментом Dicer: один из его доменов специфически связывает конец молекулы дцРНК (отмечен звездочкой), при этом другой — производит разрывы (отмечены белыми стрелками) в обеих цепях дцРНК. В результате образуется двуниевая РНК длиной 20—25 нуклеотидов (siРНК), а Dicer переходит к следующему циклу разрезания дцРНК, связываясь с ее новообразованным концом. Эти siРНК могут включаться в состав комплекса, содержащего белок Argonaute (AGO). Одна из цепей siРНК в комплексе с белком AGO находит в клетке комплементарные ей молекулы матричной РНК (мРНК). AGO разрезает молекулы мРНК-мишени, в результате чего мРНК деградирует, или останавливает трансляцию мРНК на рибосоме. Короткие РНК могут также подавлять транскрипцию (синтез РНК) гомологичного им по нуклеотидной последовательности гена в ядре.

ко молекулярных механизмов, с помощью которых может подавляться экспрессия мишеней при РНК-интерференции: белок Argonaute обладает способностью разрезать РНК-мишень, а также блокировать трансляцию матричной РНК. Кроме того, в некоторых случаях комплексы коротких РНК с белками Argonaute могут подавлять непосредственно транскрипцию (синтез РНК) гена-мишени в клеточном ядре.

Большинство клеточных РНК не содержат протяженных двуцепочечных участков, поэтому дцРНК в определенном смысле — чужеродная для клетки форма РНК. Какова же естественная роль РНК-интерференции в природе и для чего сам организм использует эту систему? Уже сразу после открытия Файера и Мэллоу возникло

предположение, что механизм РНК-интерференции нужен для противодействия РНК-вирусам, которые образуют молекулы дцРНК на некоторых жизненных стадиях. Кроме того, оказалось, что РНК-интерференция направлена на подавление активности подвижных «эгоистических» генов (так называемых мобильных генетических элементов), перемещения которых в геноме, как правило, вредны для организма, поскольку приводят к мутациям и хромосомным перестройкам. Было обнаружено, что транскрипция мобильных элементов действительно может приводить к образованию молекул дцРНК. По-видимому, аппарат РНК-интерференции возник в процессе эволюции как защитная система организма, действующая на уровне нуклеиновых кислот.

Короткие РНК участвуют также и в регуляции клеточных матричных РНК. У нематоды *C. elegans* еще задолго до открытия Файера и Мэллоу была найдена эндогенная короткая (22 нуклеотида) РНК *lin-4*, останавливающая трансляцию комплементарной матричной РНК на определенной стадии эмбрионального развития. Это рассматривалось как уникальный для нематоды механизм подавления трансляции. После обнаружения коротких РНК в процессе РНК-интерференции стало понятно, что РНК *lin-4* может вырезаться из дцРНК-предшественника также с помощью белка Dicer, что действительно было показано. С 2002 г. у различных видов животных и растений были выявлены сотни видов эндогенных коротких РНК (так называемые микроРНК), которые образуют-

ся из «дцРНК-шпилек», формирующихся при транскрипции генов микроРНК. К настоящему времени установлены функции лишь нескольких десятков типов микроРНК (т.е. идентифицированы регулируемые с их помощью гены-мишени). Так, выяснилось, что микроРНК участвуют в формировании осей тела и дифференцировке тканей в раннем онтогенезе у нематоды, дрозофилы и человека, направляют образование нервной системы у рыб и определяют форму листьев у растений. Даже эти примеры показывают, сколь велико может оказаться значение микроРНК в процессах развития. Теоретически около трети всех матричных РНК человека могут быть мишенями микроРНК, что позволяет ограничивать экспрессию многих белков в определенных типах клеток на той или иной стадии онтогенеза. Не удивительно, что нарушение «работы» некоторых микроРНК, согласно исследованиям последних трех лет, может

стать причиной развития опухолей.

Таким образом, за восемь лет, прошедших с момента публикации Файера и Мэллоу, изучение РНК-интерференции получило чрезвычайно бурное развитие. Сразу же после открытия РНК-интерференции стали применять в качестве мощного и удобного способа специфического подавления экспрессии генов для выяснения их функций. В этом случае используются «экзогенные» дцРНК или короткие РНК, которые могут быть синтезированы *in vitro* или же транскрибироваться с интегрированных в геном конструкций. В наши дни РНК-интерференция стала одним из наиболее популярных подходов в функциональной геномике, в том числе для массового скрининга генов.

По словам Файера, Грааль в РНК-интерференции — это терапевтический потенциал коротких РНК. Такая терапия основана на древнем и консервативном механизме регуляции

генов, используемом организмом, в том числе и для защиты от вирусов. Уже разрабатываются технологии лечения с помощью РНК-интерференции (правда, пока на мышах и других модельных млекопитающих): короткие РНК оказались эффективны против вирусов иммунодефицита человека и гепатита С. Получены данные, позволяющие надеяться, что короткие РНК можно будет использовать для терапии нейродегенеративных, сердечно-сосудистых и эндокринных заболеваний, а также рака. Лечение с помощью коротких РНК, направленное на подавление лишь одного гена, качественно отличается от всех других методов терапии рака (например, химиотерапии), направленных в основном на уничтожение раковых клеток и имеющих множество побочных эффектов. ■

© Кленов М.С.,

кандидат биологических наук

Институт молекулярной

генетики РАН

Литература

1. Fire A.Z., Xu S.Q., Montgomery M.K., Kostas S.A., Driver S.E., Mello C.C. // Nature. 1998. №391. P.806—811.
2. Izant J.G., Weintraub H. // Cell. 1984. №36. P.1007—1015.
3. Hamilton A.J., Baulcombe D.C. // Science. 1999. №286. P.950—952.
4. Лауреаты нобелевской премии 1993 года. По физиологии и медицине — Р.Робертс и Ф.Шарп // Природа. 1994. №1. С.110—111.
5. Bernstein E., Caudy A.A., Hammond S.M., Hannon G.J. // Nature. 2001. №409. P.363—366.
6. MacRae I.J., Zhou K., Li F. et al. // Science. 2006. V.311. №5758. P.195—198.

Исследования Всемирного фонда дикой природы показали, что из всех арктических животных наибольшие концентрации поллютантов (полихлорбифенилов, пестицидов и др.) содержатся в организме косаток (*Orcinus orca*). Поступающие от промышленных предприятий загрязнения переносятся течениями или животными-мигрантами в воды

Северного Ледовитого океана, а затем, перемещаясь по звеньям пищевой цепи, попадают в организм крупных хищников. Science et Vie. 2006. №1061. P.33 (Франция).

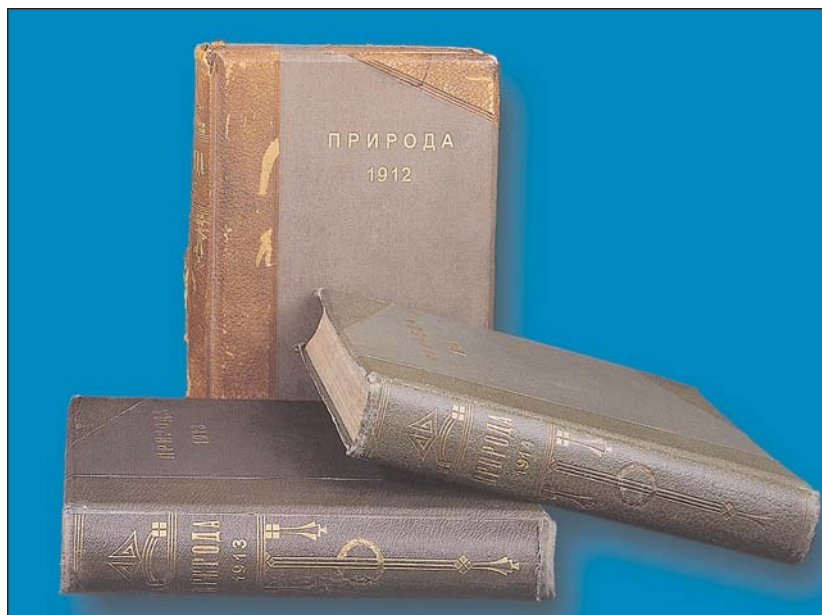
Необычная для Франции лодка-пирога IX в., найденная при рытье канала в департаменте Сена и Марна, после восьми

лет реставрационных работ выставлена для обозрения в Музее доисторического периода Иль-де-Франс в Немуре. Судно длиной 14,5 м и шириной 9,9 м вытесано из целого ствола дуба, который, как показал дендрохронологический анализ, был срублен зимой 834/835 гг.

Sciences et Avenir. 2006. №709. P.20 (Франция).

Космос

«Природные» старости



О чем писала «Природа» 95 лет назад? Оказывается, примерно о том же, что интересует нашего читателя сегодня. Конечно, уровень естествознания был другой, и его спектр существенно уже. Но тематика и форма подачи краткой научной информации указывают на поразительное родственное сходство. В «Природе» 1912 г., помимо основного корпуса больших статей, существовали разделы «Научные новости и хроника», «Смесь», «Астрономические известия», из которых извлечены заметки, публикуемые ниже. Примечательно, что они нередко подписаны именами крупнейших ученых, таких как А.Е.Ферсман, К.Д.Покровский, Л.В. (Писаржевский), В.А.Вагнер.



Второй менделеевский съезд по Общей и Прикладной Химии и Физике. Первое общее собрание съезда состоялось 21-го декабря 1911 года в бывшем актовом зале С.-Петербургского Университета. В 2 часа дня Председатель Распорядительного Комитета проф. И.И.Боргман объявил съезд открытым. По его предложению, присутствующие почтили вставанием память покойного Почетного Председателя Распорядительного Комитета Акад. Н.Н.Бекетова.

Председателем съезда был избран проф. Н.А.Умов*. Проф. Н.А.Умов произнес блестящую по внешности и глубокую по содержанию речь на тему: «Характерные черты и задачи современной естественно-научной мысли». Проникновенно звучала эта речь, раскрывшая пред слушателями «тайники научной мысли, стоящей на перевале двух мировоззрений». Сначала лектор набросал схему механического миропонимания и указал, что характерной чертой его был «дуализм материи и пустоты».

«В образе мира не было единства. Мир электромагнитный не мог оставаться чем-то чуж-

* Далее текст приводится в сокращенном варианте. — *Примеч. ред.*

дымъ, внѣшнимъ по отношенію къ матеріи. Матеріальный міръ съ его неизмѣнными камнями мірозданія не имѣлъ достаточной гибкости, чтобы черезъ него и его принципы осуществилось сліяніе.

Оставался одинъ выходъ — пожертвовать однимъ изъ двухъ міровъ — матеріальнымъ, механическимъ, или электромагнитнымъ.

Послѣдующее развитіе физики есть процессъ противъ матеріи, окончившійся ея изгнаніемъ.

Матерія исчезла; ея разновидности замѣнены системами родственныхъ другъ другу электрическихъ индивидуумовъ, и передъ нами рисуется вмѣсто привычнаго матеріальнаго, глубоко отличный отъ него міръ электромагнитный: вселенная состоитъ изъ положительныхъ и отрицательныхъ индивидовъ, связанныхъ электромагнитными полями». ♦



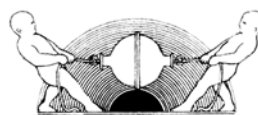
Какъ находятъ дорогу почтовые голуби.

На этотъ трудный вопросъ даются очень разнообразныя отвѣты. Одни изслѣдователи предполагаютъ, что голубь ориентуется въ пространствѣ благодаря полукружнымъ каналамъ уха, другіе — что его воздушнымъ мѣшкамъ свойственна особаго рода чувствительность, третьи — что голубь обладаетъ особымъ «магнетическимъ чувствомъ», въ силу котораго онъ самъ служитъ для себя компасомъ. Существуетъ теорія, по которой онъ запоминаетъ, когда летитъ въ извѣстномъ направленіи, всѣ описываемыя имъ углы и круги и на обратномъ пути съ точностью продѣлываетъ такіе же движенія въ обратную сторону. Есть, наконецъ, изслѣдователи, которые главную роль приписываютъ зрѣнію. Въ пользу этого послѣдняго мнѣнія приводитъ цѣлый рядъ убѣдительныхъ доводовъ одинъ изъ французскихъ изслѣдователей животной психологіи Ашэ-Суплэ.

Во-первыхъ, какъ показалъ опытъ воздухоплавателей, острота зрѣнія растетъ вмѣстѣ съ высотой (такъ оно у человѣка, такъ, вѣроятно, оно и у голубя), а были случаи, когда голубей видали летающими на высотѣ въ 7000 метровъ. Затѣмъ, на большой высотѣ взоръ обнимаетъ очень обширный горизонтъ, и тогда, когда голубь не видитъ больше своей голубятни, онъ видитъ и запоминаетъ общую фیزیономію мѣстности. Кромѣ того, по мѣрѣ поднятія вверхъ, уменьшается плотность атмосферы и измѣняется преломленіе свѣтовыхъ лучей, такъ что съ большой высоты голубь видитъ отчасти и то, что происходитъ за предѣлами горизонта.

Но, конечно, какъ бы ни была обширна эта область, непосредственно доступная зрѣнію, она имѣетъ свои предѣлы (не больше 200 километровъ въ ясную погоду); дальше приходится прибѣгать для объясненія уже къ другому фактору. Ашэ-Суплэ указываетъ здѣсь на индивидуальный опытъ и на пользование опытомъ другихъ. Въ первый разъ голубь, если онъ выпущенъ одинъ далеко отъ голубятни, обыкновенно не находитъ ея; въ послѣдующія путешествія онъ научается узнавать дорогу по встречаемымъ на пути предметамъ. Когда же голубей выпускаютъ стаями, новички пользуются указаніями болѣе опытныхъ сотоварищей. ♦

М. И. Гольдсмитъ.



Атомный вѣсъ Нитона (эманация радія).

По теоріи распада атомовъ Рutherforda, атомъ радія, теряя α -частицу, превращается въ атомъ эманации. Атомный вѣсъ радія 226.4. Вѣсъ α -частицы, какъ атома гелія, 4. Отсюда атомный вѣсъ эманации радія долженъ быть равенъ: $226.4 - 4 = 222.4$. В. Рамзай и Р. Грэй подтвердили опытнымъ путемъ этотъ теоретическій выводъ.

Для этой цѣли они опредѣлили вѣсъ эманации радія, полученной ими же изъ радія. Объемъ бывшей у нихъ въ рукахъ эманации равнялся всего 0.1 куб. миллиметра.

Если атомный вѣсъ эманации 222, то такой ея объемъ долженъ вѣсить меньше $1/1400$ миллиграмма (см. дальше вычисленіе молекулярнаго вѣса эманации по вѣсу въ граммахъ ея литра). Чтобы точно взвѣсить такое количество, нужны вѣсы, способные показать измѣненіе вѣса, равное 0.00001 миллиграмма. Штеле и Грантъ уже въ 1909 г. устроили вѣсы, чувствительность которыхъ равна 0.000004 mgr.

Рамзай и Грэй пользовались подобными вѣсами, но чувствительность ихъ достигала 0.000002 миллигр.

Они взвѣсили на этихъ вѣсахъ 0.073 кубич. миллиметра эманации. Вѣсъ этого объема при 0° и 760 мм. давленія оказался равнымъ $1/710\,000\,000$ грамма (граммъ равенъ приблизительно $1/408$ фунта).

Следовательно, одинъ литръ (1000 кубич. сант.) эманации вѣситъ 9.727 грамма при 0° и 760 мм. давленія.

Граммомолекулярный вѣсъ (т. е. выраженный въ граммахъ молекулярный вѣсъ) всякаго вещества въ газообразномъ состояніи занимаетъ (по правилу Авогадро) при этихъ условіяхъ температуры и давленія 22.4 литра.

Слѣдовательно, если мы умножимъ вѣсъ въ граммахъ одного литра газа (измѣреннаго при

0° и 760 мм.) на 22.4, то получим его молекулярный вѣсъ.

Умножая 9.727 на 22.4, получимъ 218. Это и будетъ молекулярный вѣсъ эманации радія. Последняя принадлежитъ къ группѣ благородныхъ газовъ (группѣ аргона); частица ея состоитъ изъ одного атома. Значитъ, атомный вѣсъ эманации будетъ также равенъ 218.

Полученное число настолько близко къ теоретическому (222.4), что представляетъ собою блестящее подтвержденіе теоріи распада атомовъ.

Рамзай и Грэй предложили называть эманацию Нитонъ* (Nt), желая этимъ названіемъ обозначить принадлежность ея къ группѣ благородныхъ газовъ (Неонъ, Аргонъ и т.д.). ♦

(Naturwissenschaftliche Rundschau).



Новый химическій элементъ. Недавно¹ въ западной Канадѣ въ области Нельсонъ найдены залежи платиновой руды.

Мистеръ А.Г.Френчъ открылъ въ этой рудѣ въ числѣ примѣсей къ платинѣ новый элементъ, принадлежащий къ семьѣ благородныхъ металловъ.

Этотъ до тѣхъ поръ неизвѣстный элементъ, названный въ честь страны, гдѣ онъ найденъ, Канадіемъ, своими свойствами напоминаетъ серебро, но отчасти похожъ на платиновые металлы палладій, рутеній и осмій.

Новый элементъ находится въ платиновой рудѣ въ видѣ небольшихъ полукристаллическихъ зеренъ и въ видѣ короткихъ палочекъ.

Онъ обладаетъ яркимъ бѣлымъ блескомъ, болѣе блестящъ и свѣтѣль, чѣмъ палладій, и болѣе мягокъ, чѣмъ платина, рутеній и осмій.

Канадій отличается отъ серебра болѣе низкой температурой плавленія; какъ и серебро, легко растворимъ въ азотной кислотѣ, но въ противоположность серебру легко растворяется также и въ соляной кислотѣ.

Растворы его въ кислотахъ не образуютъ осадка при прибавленіи какой-либо хлористой или іодистой соли, тогда какъ для серебра характерно образованіе нерастворимыхъ хлористыхъ и іодистыхъ солей.

Мистеръ Френчъ производитъ дальнейшее изслѣдованіе свойствъ Канадія.

Атомный вѣсъ новаго элемента еще не установленъ. ♦

А. Огородниковъ.

* Современное названіе — радон. — Примеч. ред.

¹ См. Nature. December. 1911.



Палеонтологическій садъ. Въ Германіи, въ мѣстечкѣ Stellingen, въ окрестностяхъ Гамбурга, устроенъ оригинальный палеонтологическій музей. вмѣсто обычныхъ скелетовъ исчезнувшихъ животныхъ, тамъ — скульптурныя изображенія ихъ, поставленныя въ естественныя позы, насколько это позволяютъ данныя палеонтологіи, собранныя скульпторомъ Паллембергомъ по вѣсѣмъ музеямъ, особенно американскимъ.

Животныя разставлены въ большомъ паркѣ, среди деревьевъ, на берегу озера. Тутъ игуанодонъ, сидящій на заднихъ лапахъ, стегозавръ, бросающійся въ глаза своими огромными щитами на спинѣ, затѣмъ цѣлое семейство Tricerapors'овъ, похожихъ на бегемотовъ: самецъ, наполовину погруженный въ озеро, самка на берегу съ дѣтенышемъ. Тутъ же изъ воды вылѣзаетъ плезиозавръ. Есть и прародитель нашихъ птицъ — археоптериксъ, родъ птицы съ зубатымъ клювомъ, величиною съ голубя, и гигантскія черепахи, и еще многія другія вымершія животныя.

Въ общемъ садъ этотъ — начинаніе интересное, которое можетъ до известной степени помочь популяризаціи палеонтологическихъ знаній. ♦



Кретинизмъ у животныхъ. Какъ известно, кретинизмъ вмѣстѣ съ другимъ связаннымъ съ нимъ болѣзненнымъ явленіемъ — зобомъ — встречается въ нѣкоторыхъ мѣстностяхъ (въ Швейцаріи, въ Австріи), какъ отличительное свойство цѣлага населенія. Помимо мѣстныхъ условій климата и почвы, зараженіе также играетъ здесь, повидимому, извѣстную роль. Недавно австрійскій ученый Кучера показалъ, что зараза эта можетъ передаваться не только людямъ, но и животнымъ, а слѣдовательно и распространяться черезъ ихъ посредство.

Въ одной австрійской деревнѣ, где среди населенія очень много кретиновъ и больныхъ зобомъ, Кучера нашель двухъ собакъ, совершенно не похожихъ на своихъ сородичей. Эти собаки совершенно не поддавались прирученію, не умѣли ни защищаться, ни отыскивать себе кормъ, ни играть, ни грызться съ другими собаками, онѣ не обнаруживали никакой чувствительности ни къ ласкѣ, ни къ грубому обращенію, не умѣли даже лаять и вообще вели себя въ полномъ смыслѣ, какъ идіоты. Оказалось, что эти собаки принадлежатъ семьѣ кретиновъ

и спать среди всякаго тряпья на одной постели съ членами семьи. Чтобы провѣрить, дѣйстви-тельно ли кретинизмъ перешелъ къ собакамъ отъ ихъ хозяевъ, Кучера продѣлалъ такой опытъ: онъ принесъ хозяйкѣ дома 4-хъ мѣсяч-наго щенка; и этотъ щенокъ сталъ спать съ нею на одной постели. Черезъ нѣкоторое время онъ сделался совершеннымъ кретиномъ, и кромѣ того у него появился зубъ. Братъ этого щенка, воспитанный въ другихъ условіяхъ, развивался совершенно нормально.

Эта возможность распространенія зоба и кретинизма черезъ домашнихъ животныхъ была до сихъ поръ совершенно неизвѣстна и открываетъ новое поле для медицинскихъ изслѣдованій. ♦



Фотографированіе Венеры. Венера окружена густой атмосферой. Вслѣдствіе этого она кажется намъ очень яркой, но на поверхности ея почти ничего не видно. Особенно благопріятныя въ этомъ отношеніи условія отмѣчаетъ астрономъ Quenisset на обсерваторіи Фламмаріона въ Jnvizy (близъ Парижа) для іюня и іюля 1911 года. Замѣтивъ на поверхности планеты пятна болѣе опредѣленные, чѣмъ обыкновенно, онъ сдѣлалъ даже попытку ихъ сфотографировать. Рядъ снимковъ планеты, на которыхъ видно нѣсколько темныхъ и свѣтлыхъ пятенъ, представленъ въ Парижскую Академію Наукъ.

Фотографированіе производилось съ объективомъ діаметромъ 160 mm. при фокусномъ разстояніи въ 2,9 метра, при чемъ употреблялась еще система линзъ для увеличенія изображенія. Пластины употреблялись фабрики Lumiere, фіолетовый этикетъ, время экспозиціи — 1 секунда. ♦



Новый методъ химическаго анализа. Знаменитый англійскій ученый Дж.Дж.Томсонъ нѣсколько мѣсяцевъ тому назадъ¹ опубликовалъ въ высшей степени замѣчательное изслѣдованіе, открывшее возможность опредѣлять химическій составъ разрѣженнаго газа и атомные вѣса элементовъ, его составляющихъ, не прибѣгая къ методамъ химическаго анализа....

Этимъ путемъ Томсону удалось при изслѣдованіи кислорода открыть въ немъ на ряду съ

свободными атомами кислорода O, молекулами кислорода O₂ и молекулами озона O₃ молекулы своеобразнаго видоизмѣненія озона O₆ — вещества до сихъ поръ неизвѣстнаго. При изслѣдованіи метана CH₄, подвергавшагося дѣйствию электрическаго разряда, обнаружилось въ немъ присутствіе свободныхъ молекулъ метилена CH₂ и метила CH₃.

Эти послѣднія вещества неустойчивы, и получить ихъ въ свободномъ состояніи не удавалось. Благодаря Томсону реальность ихъ хотя бы мимолетнаго самостоятельнаго существованія становится несомнѣнной, что представляетъ большой теоретическій интересъ. ♦

А.Огородниковъ.



Происхожденіе алмазовъ. Фонъ-Болтонъ думаетъ, что алмазы образовались въ природѣ подъ дѣйствиемъ металлическихъ паровъ, такихъ, какъ желѣзо или магній, на двуокись углерода. Самъ Болтонъ успѣшно приготовилъ микроскопическіе алмазики дѣйствиемъ паровъ ртути на углеродъ. ♦



2-е совѣщаніе по бактериологій и эпидемиологій (Москва, 23 марта — 1 апрѣля). Огромное распространеніе эпидемическихъ заболѣваній въ Россіи, которая въ этомъ отношеніи занимаетъ первое мѣсто въ Европѣ, и обусловливаемая ими высокая заболѣваемость и смертность, постоянное существованіе у насъ цѣлаго ряда болѣзней, совершенно или почти совершенно исчезнувшихъ въ Европѣ, какъ сыпной и возвратный тифы, оспа и т.п., существованіе постоянныхъ очаговъ чумы (Астрах. губ., Манчжурія), повтореніе изъ году въ годъ вспышекъ холеры, — все это придаетъ вопросамъ эпидемиологій и бактериологій особую важность и жгучесть, настоятельно требуетъ проведенія цѣлесообразныхъ мѣръ борьбы, а для этого прежде всего основательной и всесторонней разработки эпидемиологическихъ данныхъ.

Такая разработка можетъ быть результатомъ лишь коллективной работы лабораторныхъ изслѣдователей и практическихъ дѣятелей, и поэтому послѣдній Пироговскій съѣздъ призналъ необходимымъ ежегодный созывъ совѣщаній русскихъ бактериологовъ и эпи-

¹ Nature. June. 1911.

демоіологовъ въ цѣляхъ всесторонняго освѣщенія вышеупомянутыхъ вопросовъ и выработки системы мѣропріятій, стоящихъ въ соотвѣтствіи съ данными науки и вмѣстѣ съ тѣмъ въ смыслѣ практическаго примѣненія приспособленныхъ къ условіямъ нашей жизни.

Первое совѣщаніе состоялось въ Петербургѣ 2—7 января 1911 г., второе теперь въ Москвѣ. Оба они возбудили большой интересъ, привлекли значительное количество участниковъ, болѣе 300, и превратились въ настоящіе съѣзды, гдѣ оживленно обсуждались выдвинутые въ программахъ вопросы и гдѣ былъ вынесенъ цѣлый рядъ постановленій. ♦



2-й Всероссийскій воздухоплавательный съѣздъ. На пасхальной недѣлѣ съ 28 марта по 1-е апрѣля въ Москву съѣхались на воздухоплавательный съѣздъ теоретики воздухоплаванія, военные и гражданскіе летчики, нѣсколько конструкторовъ и просто любители этого новаго человѣческаго умѣнія.

При томъ вниманіи, которое удѣляютъ воздухоплаванію на Западѣ, въ особенности во Франціи, и въ Германіи, весьма интересно прослѣдить, что дѣлается въ этомъ направленіи у насъ, въ Россіи.

Отцомъ теоретическихъ изслѣдованій вопросовъ воздухоплавания является у насъ проф. Н.Е.Жуковский.

По его планамъ и подъ его руководствомъ возникла первая аэродинамическая лабораторія Д.Рябушинскаго въ Кучино. По его же совѣтамъ оборудовалась такая же лабораторія при Политехническомъ институтѣ въ Петербургѣ, руководить которой проф. Боклевскій, и, наконецъ, въ послѣдніе три года проф. Жуковскому удалось устроить лабораторіи въ Московскомъ университетѣ и въ Императорскомъ Техническомъ училищѣ.

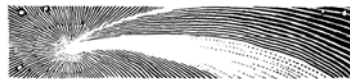
Главная часть теоретическихъ докладовъ, сдѣланныхъ на съѣздѣ, исходила изъ московской школы проф. Жуковского и изъ петербургской школы проф. Боклевскаго.

Перейдемъ къ очень интересному докладу кіевскаго студента И.И.Сикорскаго.

Студентъ Сикорскій привезъ на выставку великолѣпный двупланъ собственной конструкции. Но онъ не сразу дошелъ до этой машины. Вначалѣ онъ построилъ геликоптеръ, который оказался неспособнымъ къ подъему. Тогда онъ построилъ второй геликоптеръ, который вышелъ лучше перваго, но далеко не идеальнымъ. Тогда И.И.Сикорскій, уже вооруженный опытомъ, сталъ строить аэропланы, одинъ за

другимъ; разбивши при полетѣ одинъ, онъ измѣнялъ конструкцію и строилъ другой, и каждый послѣдующій собиралъ весь опытъ предыдущихъ. Седьмой аэропланъ (по его обозначенію 6А), построенный и испытанный къ Пасхѣ, теперь въ Москвѣ. Разбивая свои аппараты, И.И.Сикорскій выучился на нихъ летать, получилъ званіе пилота и участвовалъ въ военныхъ маневрахъ прошлой осенью. Последняя его машина, вѣсомъ въ 33 пуда, съ двигателемъ въ 85 лошадиныхъ силъ, обладаетъ отличными качествами. Сикорскій леталъ на ней съ 4-мя пассажирами со скоростью 100 килом. въ часъ. Такихъ результатовъ достигали только самыя лучшія французскія фирмы, принимавшія участіе въ ноябрѣ истекшаго года въ военномъ конкурсѣ аэроплановъ въ Рѣймсѣ. ♦

Ю.Семеновъ.



Періодическая комета Вольфа, приближеніе которой къ солнцу ожидается въ мартѣ, текущаго года, найдена 9-го декабря. По телеграммѣ директора Алжирской обсерваторіи она видима хорошо и имѣетъ яркость звѣзды 12,5 величины. ♦



Языкъ смерти. Подъ такимъ заглавіемъ П.А.Тутковскій написалъ небольшую замѣтку, интересную съ біологической стороны. Какъ геологъ, привыкшій «разбирать письмена, начертанныя въ природѣ рукою смерти», онъ обратилъ вниманіе на то, какъ въ настоящее время нѣкоторые организмы, хорошо приспособленные къ борьбѣ за существованіе, тѣмъ не менѣе въ извѣстныхъ случаяхъ гибнутъ цѣлыми массами, съ какимъ-то непонятнымъ упорствомъ идутъ навстрѣчу смерти. Такъ гибнутъ цѣлыми роями ночныя наѣкомыя, привлеченныя въ открытое окно свѣтомъ лампы или свѣчи, бьются до истощенія силъ въ закрытыя окна, забиваются въ рукописи и книги. Даже небольшія перелетныя птицы во множествѣ разбиваются въ темныя ночи о толстыя стекла маячныхъ фонарей. Здѣсь мы какъ будто встречаемся съ фактами, стоящими въ несогласіи съ законами эволюціи: инстинктъ самосохраненія, столь присущій животному въ другое время, въ данныхъ случаяхъ не проявляется и не предохраняетъ организмъ отъ грозящей ему опасности. Однако, подобные факты безразсуднаго массоваго самоубійства обнаруживаются только при од-

номъ условіи, а именно, въ «обстановкѣ чело-
вѣка». Въ естественныхъ условіяхъ массовое
истребленіе животныхъ тоже бываетъ, но
послѣднія гибнутъ поневолѣ и всегда стараются
избѣжать смерти. Очевидно, искусственная об-
становка, создаваемая чело-вѣкомъ, «сущест-
вуетъ еще слишкомъ мало времени», чтобы отра-
зиться на навыкахъ и приспособленіяхъ живот-
ныхъ. Даже самая древняя чело-вѣческая культу-
ра, съ начала изобрѣтенія огня, «слишкимъ мо-
лода въ сравненіи съ современной фауной и ея
біологическими навыками». Факты самоистре-
бленія животныхъ не противорѣчатъ законамъ
эволюціи, но свидѣлствуютъ только о глубо-
кой древности животнаго міра. ♦

А.Н.



Прививка тифа. И.И.Мечниковъ сдѣлалъ
недавно въ Парижской Академіи Наукъ сооб-
щеніе о только что открытомъ имъ способѣ
прививки тифа, отъ котораго онъ ожидаетъ
блестящихъ результатовъ. Попытки въ этомъ
направленіи дѣлались и раньше: бактериологи
уже пробовали вскрывать тифозныя бацил-
лы, умерщвленные высокою температурою,
обезьянамъ; но полученные результаты были
не особенно удовлетворительны: прививка ма-
ло предотвращала послѣдующія заболѣванія.
И.И.Мечниковъ, исходя изъ того, что въ наибо-
лее дѣйствительныхъ прививкахъ — оспы и бе-
шенства — вскрываютъ не мертвыя микро-
бы, а живые, сталъ искать способа вскрывать
живыми и тифозныя бациллы, но такъ,
чтобы онѣ оказывались безвредными. Теперь
этотъ способъ найденъ. Прежде чѣмъ приви-
тъ бациллы, Мечниковъ сенсибилизируетъ ихъ, т.-
е. дѣлаетъ ихъ болѣе чувствительными къ дѣ-
йствию чело-вѣческаго организма, который тогда
безъ большого труда справляется съ ними. До-
стигается это тѣмъ, что бациллы подвергаютъ
дѣйствию особыхъ веществъ, находящихся въ
кровяной сыворотке животныхъ, иммунизиро-
ванныхъ противъ зараженія тифомъ, — въ дан-
номъ случаѣ лошади. Если вскрываютъ эти сен-
сibilизированныя, ослабленныя бациллы
шимпанзе, то это дѣлаетъ его организмъ нечув-
ствительнымъ къ зараженію обыкновенными,
сильно дѣйствующими, тифозными бациллами.

Нѣсколько мѣсяцевъ тому назадъ этотъ спо-
собъ былъ испробованъ на людяхъ. Мечниковъ
сдѣлалъ такія прививки двумъ служащимъ въ
Пастеровскомъ Институтѣ (по ихъ желанію, ко-
нечно); никакого заболѣванія не послѣдовало,
и даже самыя болѣзненные явленія при при-
вивкѣ оказались очень незначительными.

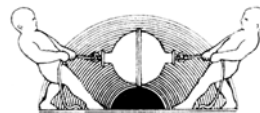
Послѣ этого еще 44 чело-вѣка привили себя та-
кимъ образомъ тифъ. Съ первою прививкою, въ
организмъ вводится около 500 миллионъ ба-
циллъ; черезъ недѣлю или десять дней ту же
операцию продѣлываютъ вновь, но съ количест-
вомъ бациллъ вдвое и втрое большимъ. И.И.Меч-
никовъ считаетъ этотъ методъ очень
удобнымъ и вполне безопаснымъ; примѣненіе
его можетъ быть особенно цѣннымъ при боль-
шихъ скопленіяхъ людей — въ войскахъ во вре-
мя маневровъ, въ домахъ умалишенныхъ, кото-
рые являются часто постоянными разсадника-
ми тифозной заразы. Къ этому можно было бы
прибавить еще и тюрьмы. ♦



Кольца Сатурна. Американскій астрономъ
Голя телеграммой на латинскомъ языкѣ оповѣ-
стилъ, что съ помощью сильнѣйшихъ телеско-
повъ ему удалось замѣтить близъ краевъ боль-
шихъ осей въ кольцахъ Сатурна мерцающую
клочковатость. Повидимому Голя склоненъ объ-
яснить это явленіе разсѣяніемъ маленькихъ
спутниковъ, изъ которыхъ по гипотезѣ Маквел-
ла-Гирна состоятъ кольца Сатурна. ♦



Новые радіоакт. минералы Забайкалья.
Въ извѣстіяхъ Академіи Наукъ въ Петербургѣ
инж. Кузнецовымъ описаны новые радіоактив-
ные минералы изъ Забайкалья. Среди нихъ —
очень рѣдкій минераль торіанитъ съ 14% окиси
урана и монацитъ съ 8% окиси торія. Послѣдній
минераль является составной частью золоти-
стого песка, образовавшагося при размывѣ
гранитныхъ и гнейсовыхъ породъ. Такъ какъ
этотъ песокъ содержитъ до 17% монацита,
то возможна его практическая разработка. Какъ
извѣстно, этотъ минераль разрабатывается для
полученія тѣхъ рѣдкихъ церіевыхъ земель, ко-
торыми пользуются въ техникѣ освѣщенія для
Ауэровскихъ колпачковъ. ♦



Самая большая батарея аккумуляторовъ.
Едва ли нужно говорить, что эта батарея — аме-
риканская. Ее устанавливаютъ въ Балтиморѣ; въ
ней 152 аккумулятора и въ каждомъ 133 пластин-

ки. Размѣры аккумуляторовъ: высота 1 м. 30 с., ширина 50 ст., длина 1 м. 70 ст. Вѣсъ батареи около 500000 килограммовъ.✧



Залежи радія подѣ городомъ Будапештомъ. Новая теорія о происхожденіи теплоты знаменитыхъ источниковъ Офена была предложена д-омъ Юліусомъ Вежелъжскимъ. Въ лекціи о своихъ радіологическихъ изысканіяхъ д-ръ отмѣтилъ, что онъ обратилъ особенное вниманіе на изслѣдованіе горячихъ источниковъ въ сосѣдствѣ Будапешта. Это изысканіе привело доктора къ мысли, что причиной значительнаго тепла горячихъ ключей Офена могутъ служить лишь обширныя залежи радія подѣ городомъ Будапештомъ. Это единственно и можетъ объяснить температуру ключей, которая варьируетъ въ предѣлахъ 40—70°С. Австрійскіе и германскіе ученые выразили большое сомнѣніе относительно возможности подобныхъ залежей и съ интересомъ ожидаютъ дальнѣйшихъ дѣйствительныхъ доказательствъ высказаннаго предположенія.✧

The Chemical World.



Телефонъ между Англіей и материкомъ. Проложеніе новаго телефоннаго кабеля между Англіей и Франціей, благодаря употребленію особыхъ индукціонныхъ катушекъ, устраняющихъ вредное вліяніе емкости кабеля на передачу, даетъ возможность установить сообщеніе между городами Англіи и Парижемъ. Дальнѣйшіе опыты позволили установить телефонное сообщеніе между Лондономъ и Швейцаріей, и въ настоящее время можно говорить по телефону изъ Лондона въ Женеву (черезъ Парижъ—Ліонъ) и въ Базель (черезъ Парижъ—Бельфоръ).✧

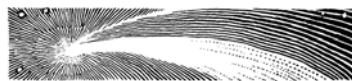


Изслѣдованіе сна. Сущность сна, несмотря на всѣ усилія науки, применявшей всевозможные методы для его изслѣдованія, еще далеко не объяснена. Недавно Лежандръ и Пьеронъ сообщили въ Парижской Академіи наукъ результаты

своихъ шестилѣтнихъ изслѣдованій, которые, можетъ быть, помогутъ осветить этотъ вопросъ. Эти ученые производили опыты болѣе, чѣмъ на 60 животныхъ. Для опредѣленія причинъ обыкновеннаго здороваго сна, необходимо у наблюдаемаго животнаго возможно больше повышать потребность сна. Поэтому приходилось не давать испытываемымъ животнымъ спать до тѣхъ поръ, пока потребность сна не станетъ у нихъ непреодолимой.

Въ среднемъ это продолжалось 8—10 дней. Лучше всего, конечно, было бы производить подобныя опыты съ обезьянами, какъ животными наиболѣе сходными съ человекомъ. Но опыты съ обезьянами не удавались, такъ какъ было трудно заставить ихъ не спать продолжительное время.

Наиболее же интересные результаты опытовъ заключаются въ слѣдующемъ: состояніе сонливости можно привить одной собакѣ отъ другой. Если здоровой собакѣ ввести немного кровяной сыворотки, взятой отъ другой собаки, съ сильной потребностью сна, то у здоровой появляются въ той же группѣ клѣтокъ мозга вышеописанныя измѣненія, хотя и въ ослабленномъ видѣ. Если прививка сделана въ достаточныхъ дозахъ, то по прошествіи получаса у собаки является состояніе усиливающегося утомленія, послѣ чего черезъ короткое время наблюдается непреодолимая потребность сна. Изъ этого Лежандръ и Пьеронъ заключаютъ, что утомленіе вызываетъ образованіе яда. Дальнѣйшіе опыты показали, что этотъ ядъ разрушается при нагреваніи до 65°. Этими изслѣдованіями положено основаніе объясненія загадки сна, и можно надѣяться, что наука скоро дастъ ей полное разрѣшеніе.✧



Свѣтовой годъ. Подѣ такимъ, на первый взглядъ страннымъ, названіемъ употребляется въ современной астрономіи пространство, проходимое лучемъ свѣта въ одинъ годъ, для измѣренія небесныхъ разстояній. Если мы вспомнимъ, что свѣтъ проходитъ 300000 кил. въ секунду, то простой расчетъ покажетъ намъ, что «свѣтовой годъ» = 9 билліонамъ километровъ! Это число совершенно недоступно человѣческому воображенію, но, несмотря на это, имъ пользуются какъ мѣрой длины, именно для выраженія разстояній неподвижныхъ звѣздъ отъ земли. Существуютъ небесныя тѣла, имѣнно спиральныя туманности, удаленныя отъ насъ болѣе чѣмъ на полмилліона свѣтовыхъ годовъ. По новымъ изслѣдованіямъ проф. Вольфа удаленіе восьми такихъ туманностей отъ земли составляетъ отъ 33000 до 578000 св. год. Поперечникъ одной изъ

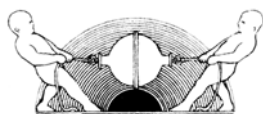
нихъ равенъ 220 св. год., т.-е. 1980 билліонамъ километровъ! Поразительная громадность этихъ чиселъ лучше всего обнаруживаетъ всю высоту полета человѣческаго генія. ♦



Новыя золотоносныя розсыпи. Недавно было открыто новое мѣсторожденіе золота, интересное собственно по обстоятельствамъ, приведшимъ къ самому открытію. Сильное землетрясение имѣло мѣсто въ юго-западной части Аляски. Рѣзкіе толчки, сопровождавшие землетрясеніе, вызвали паденіе громадныхъ ледниковъ на востокъ Вальдеца. И когда рабочіе прибыли на это мѣсто, чтобы посмотреть на разрушеніе, оказалось, что ледники скрывали подъ собою, а теперь открыли залежи золотоносныхъ рудъ, которыя считаются теперь самыми богатыми во всемъ мірѣ. ♦



Опытъ голодавія въ теченіе 31 дня. Въ лабораторіи института Карнеджи въ Вашингтонѣ для изученія вопросовъ, связанныхъ съ питаніемъ, нѣкто Леванзинъ, 15 мая закончилъ опытное голодавіе, которое онъ выдержалъ въ теченіе 31 дня. За все это время онъ принималъ ежедневно только по 900 куб. см. дистиллированной воды. Каждый день тщательно измѣряли: количество поглощеннаго кислорода, полученной углекислоты, водяныхъ паровъ и выработанной теплоты; непрерывно отмѣчалась температура въ прямой кишкѣ, частота пульса и дыханія; записывалось давленіе крови въ артеріяхъ, легочная вентиляція и т.д. Производились равнымъ образомъ и психологическіе эксперименты. Для изученія фотографическихъ снимковъ, сдѣланныхъ во время опыта, и рентгенографическихъ, произведенныхъ въ концѣ его, для производства химическихъ анализовъ и обработки другихъ собранныхъ данныхъ, — потребуется много мѣсяцевъ работы. ♦



Объ энергіи радиоактивныхъ веществъ и ея использованіи. Радій непрерывно выделяетъ изъ себя теплоту. Одинъ граммъ (1/408

фунта) радія выделяетъ въ теченіе часа 118 мал. калорій тепла. Атомы радія непрерывно распадаются, при чемъ радій непрерывно превращается въ другія вещества: гелій, эманацию и т.д. Это превращеніе совершается сравнительно медленно; но въ концѣ-концовъ кусочекъ радія исчезнетъ, превратившись въ другія вещества. Можно вычислить, что одинъ граммъ радія въ теченіе своей жизни до своего исчезновенія выдѣлитъ 2500 милліоновъ мал. калорій тепла. Одинъ граммъ урана, который тоже подвергается постепенному преѣвращенію, отдастъ въ теченіе своей жизни 3000 милліоновъ мал. кал.

Вотъ какія неѣвроятно огромныя количества энергіи запасены въ небольшихъ количествахъ радія и урана.

При сгораніи одного грамма каменнаго угля выделяется всего 8000 мал. кал. Значитъ, одинъ граммъ урана, исчезнувъ весь цѣликомъ, выделяетъ столько тепла, сколько выдѣляютъ, сгорая, 400.000 граммъ каменнаго угля; для того, чтобы использовать гигантскіе запасы энергіи радиоактивныхъ веществъ, нужно заставить радиоактивныя вещества разлагаться во много разъ скорѣе, чѣмъ они это делаютъ теперь; нужно, чтобы они, по желанію человѣка, отдавали свою энергію въ короткое время.

У насъ есть средство ускорять обычные химическіе процессы, но мы до сихъ поръ не въ состояніи измѣнить скорость превращенія радиоактивныхъ веществъ и использовать выделяемую при этомъ энергію. ♦



Гигантскій аквамаринъ изъ Бразиліи. Въ Бразиліи найденъ былъ въ концѣ 1910 года исключительный по величинѣ и чистотѣ окраски драгоцѣнный камень аквамаринъ (бериллъ). Длина этого кристалла достигла полуметра, а вѣсъ равнялся 6 1/2 пуд. Благодаря превосходной голубой окраскѣ и исключительной прозрачности, этотъ удивительный кристаллъ оказался весьма цѣннымъ для огранки и былъ распиленъ на отдельные куски. ♦

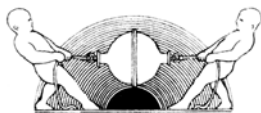


Какъ глубоко проникаетъ свѣтъ въ море? Открытіе въ высшей степени своеобразной животной жизни на большихъ глубинахъ является одной изъ самыхъ удивительныхъ неожиданно-стей, которыя предподнесло человѣчеству

расцветавшее естествознание 19 века. Обычно думали, что на глубинах больше 5000 метров нет ни света, ни воздуха, нет, следовательно, и животной жизни. Однако оказалось, что кислород, необходимый для дыхания, имеется на всех глубинах. Иначе обстояло дело со светом. Солнечный свет проникает сравнительно неглубоко. Исследования доктора Ганзена на норвежском судне «Михаилъ Сарс» показали, что целиком солнечные лучи проникают до глубины 100 м; далее начинается поглощение главным образом красных лучей и на 500 м их совсем нет. Фиолетовые и ультрафиолетовые лучи проникают до глубины 1700 м. Ниже этих глубин царит вечная тьма. Однако обитатели их ничуть не страдают от этого: за неимением света они делают его сами. Почти у всех глубоководных рыб имеются органы свечения. ♦



Находка драгоценного опала в малой Азии. В прошлом году в Лидии открыты были богатейшие месторождения благородного опала. Нынче выясняется, что именно из этой местности добывал в древности персидский царь Крез свои драгоценности, и что позднее генуэзцы знали об этом месторождении. В настоящее время немецкая фирма завладела этими богатейшими в мире копиями драгоценного камня высокого качества. Однако, особый научный интерес этих копий заключается в том, что по анализам опалы, наполняющие трещины в изверженной породе, содержат в себе небольшие количества платины, золота и серебра. ♦

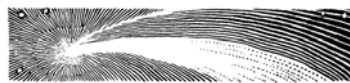


Электрическое двойное преломление газов. Одно из мало известных, хотя весьма интересных и достойных внимания отношений между светом и электричеством состоит в том, что оптически совершенно изотропные тела, также и жидкости, помещенные в сильное электрическое поле, обнаруживают свойства двойного лучепреломления, т.е. свет по направлению колебания обладает двумя различными скоростями распространения в этих телах. Для жидкостей, из которых нитробензол обнаруживает самый сильный эффект в этом отношении, указанное явление

носит название феномена Керша*, по имени открывшего впервые явление. Теперь совершенно недавно Лейзеру и Ганзену в Карлсруэ удалось с помощью чрезвычайно тонких оптических приспособлений констатировать двойное лучепреломление и в газах. Это открытие для понимания самого механизма электрического двойного преломления имеет громадное значение. Обнаружение явления в газах заставляет теории, которые пытались объяснить двойное преломление группировкой молекул, признать значительно более неубедительными, чем теории, которые объясняют явление ориентированием электронов в молекулах.

При опытах газ брался под очень высоким давлением. Плотность газа этим значительно увеличивалась, а это в свою очередь давало возможность применять токи высокого напряжения, не вызывая в то же время появления искры. Сам по себе эффект двойного преломления в газах от 200 до 10 000 раз слабее, чем в жидком сероуглероде. ♦

А.Р.



О границах вселенной. Естествоиспытатели, стремящиеся охарактеризовать каждое явление природы числом и мерой, давно уже занимаются числением звезд. Оба знаменитых Гершеля произвели первый грандиозный опыт исчисления звезд до 13-й и 14-й величины. Но более слабые звезды так многочисленны, что точный подсчет их потребовал бы, вероятно, сотни лет. Поэтому в последующих работах уже ограничивались только более светлыми звездами, стараясь достигнуть при этом возможно более точных результатов. Со времени применения в астрономии фотографии были получены новые методы такого рода числений, дававшие, с одной стороны, большую надежность, с другой — и неизменно больший материал, чем можно было ожидать это раньше. Теперь различают звезды до 19-й величины, которые увеличиваются в числе, по мере того, как уменьшаются по величине. Подсчет звезд на фотографических снимках может производиться еще только суммарно, как обыкновенно подсчитывают под микроскопом кровяные тельца. Бельгийский астроном Стробант, который до 1908 года произвел вычисление 535-ти фотографических снимков, нашел таким образом 163.000 звезд до 13½ и 11½ величины. Особенно затруднительно числение звезд в области Млечного пути, где звезды, меньшие 14-й величины, небрежно ску-

* Джон Керр (современное написание).

чены. По изслѣдованіямъ того же бельгійскаго астронома, между обѣими частями Млечнаго пути, развѣтвляющагося въ созвѣздіе Лебедя, существуетъ значительная разница. Въ восточной вѣтви Млечнаго пути еще сравнительно ясно можно различать слабыя звѣзды. Въ западной же онѣ настолько скучены, что и при самыхъ совершенныхъ средствахъ наблюденія представляются только въ видѣ свѣтящихся облаковъ. Громадная работа по установленію числа и распределенію звѣздъ была выполнена въ послѣдніе годы голландскимъ астрономомъ, проф. Картеунъ; послѣдній проверилъ и объединилъ всѣ работы въ этой области, въ которой особенно много делается американскими обсерваторіями. Онъ нашелъ, на примѣръ, что, по современнымъ даннымъ, на одинъ квадратный градусъ небснаго свода приходится въ среднемъ 20.400 звѣздъ, и что, слѣдовательно, общее число ихъ равно 842 миллионамъ. Далѣе, онъ вычислилъ, что общее количество свѣта, посылаемое звѣздами всего небснаго свода, въ 2384 раза превышаетъ блескъ одной звѣзды первой величины; такимъ образомъ это количество свѣта не измѣнилось бы, если бы вмѣсто этихъ 842 миллионъ звѣздъ различныхъ величинъ было бы только 2384 звѣзды первой величины. Наконецъ, Картеунъ установилъ, что границы доступнаго нашимъ чувствамъ звѣзднаго міра находятся отъ насъ приблизительно на 32.000 свѣтовыхъ лѣтъ, что составляетъ 302 квадриллионамъ 746 миллионъ километровъ (квадриллионъ изображается единицей съ 24 нулями).✧



Рѣдкая находка на Уралѣ. Въ 1910 году въ классическомъ мѣсторожденіи драгоценныхъ камней, въ Среднемъ Уралѣ, близъ слободы Мурзинки¹ встрѣчена была совершенно исключительная по своей величинѣ и богатству минералами пустота, заполненная бурой глиной. Эта пустота представляла изъ себя незаполнившуюся полость пегматитовой жилы и была выслана гигантскими кристаллами дымчатаго кварца, полевого шпата, слюды и топаза. Большинство превосходныхъ штуфовъ этихъ камней, величиною до 2-хъ аршинъ, можно еще нынѣ видѣть въ отдѣльной комнатѣ у крестьянина Холкина въ Мурзинкѣ. Среди нихъ выдѣляется кристаллъ полевого шпата, 1-го арш. въ діаметрѣ, и друзы темнаго дымчатаго кварца, кристаллы котораго

¹ Подробное описаніе этихъ мѣсторожденій, посещенныхъ мною летомъ 1912 года, читатель найдетъ въ статьѣ «За цвѣтными камнями» въ одномъ изъ слѣдующихъ номеровъ журнала.

достигаютъ 12 вершковъ. Однако, главная достопримѣчательность этой пустоты, или, какъ ихъ называютъ на Уралѣ, «заморыша», заключалась въ гигантскомъ кристаллѣ топаза, вѣсомъ почти въ 2 пуда. Этотъ кристаллъ лежалъ свободно въ бурой глинѣ и, по неосторожности рабочихъ во время добычи, былъ разбитъ на нѣсколько кусковъ. По своей величинѣ и хорошо образованнымъ кристаллическимъ гранямъ этотъ кристаллъ долженъ былъ бы занять почетное мѣсто въ нашихъ отечественныхъ музеяхъ, если бы владѣлецъ его, Южаковъ, въ дер. Южаковой, не цѣнилъ его слишкомъ высоко. Такія находки являются исключительнымъ явленіемъ не только у насъ на Уралѣ, но и вообще въ мѣсторожденіяхъ пегматитовыхъ жилъ другихъ странъ.✧

А.Ферсманъ.



Атмосфера на большихъ высотахъ. Свѣтовые явленія, какъ метеоритовые дожди и зори, на высотахъ въ 200 километровъ уже давно указывали на существованіе нѣкоторой атмосферы, хотя и весьма разрѣженной, даже на этихъ большихъ высотахъ. Согласно проф. Гамфрейсъ, атмосфера на высотѣ 150 километровъ состоитъ изъ 99,73% (по объему) водорода и 0,27% гелія, съ давленіемъ, въ цѣломъ, равнымъ 0,0043 мм. ртутнаго столба.

Какъ результатъ недавнихъ изслѣдованій, д-ръ Вегенеръ дѣлаетъ заключеніе, что существуетъ атмосфера измѣримой плотности, даже до 500 километр. вверхъ и что въ высочайшихъ слояхъ ея долженъ быть неизвѣстный газъ въ прибавленіе къ водороду и болѣе легкой, чѣмъ послѣдній. Д-ръ Вегенеръ предлагаетъ назвать этотъ газъ «геокороніемъ», по сходству его съ короніемъ, который, предполагается, существуетъ въ атмосферѣ солнца.✧



Беспроволочная телеграфія въ Соединенныхъ Штатахъ. Значеніе беспроводнаго телеграфа огромно; не говоря о важности его въ стратегическомъ отношеніи, теперь уже всѣми признанной, необходимо принять во вниманіе соображенія и коммерческаго характера. Все это дѣлаетъ совершенно понятнымъ стремленіе многихъ странъ какъ можно шире раскинуть сѣть беспроводныхъ телеграфовъ. Такъ, Англія уже приступила къ постройкѣ цѣлаго ря-

да станцій. Въ свою очередь, адмиралтейство Соединенныхъ Штатовъ выдвигаетъ гигантскій планъ радіотелеграфіи: станціи покроютъ своими волнами Китай, Австралію, весь Тихій океанъ, всю Северную Америку и Атлантическій океанъ до африканскихъ береговъ. Для выполненія этого плана, по предварительному подсчету, понадобится 1.000.000 долларовъ. Къ постройкѣ первой станціи въ Арлингтонѣ (около Вашингтона) уже приступлено. Она будетъ имѣть три стальныхъ башни, расположенныя на вершинахъ равнобедренного треугольника. Высота одной изъ этихъ башенъ, которая выше другихъ, равна 195 метрамъ; двѣ другія, равныя между собой, — по 135 метровъ.

Кромѣ станціи въ Арлингтонѣ, предполагено устроить станціи въ Панамѣ, Сан-Франциско, на Гавайскихъ островахъ, островахъ Самоа, на островѣ Гуамѣ и Филиппинскихъ. Область дѣйствія каждой станціи будетъ приблизительно равна 5000 километровъ. ♦



Новый способъ отличія настоящихъ драгоценныхъ камней. Въ засѣданіи Вѣнскаго минералогическаго общества Леръ доложилъ о примѣненіи новой электрической лампы съ ультрафиолетовыми лучами для отличія драгоценныхъ камней. Различные минералы, освѣщенные лучами этой лампы, сильно флюоресцируютъ, при чемъ характеръ ихъ свѣченія типиченъ для каждаго минерального вида и рѣзко отличается отъ того же явленія у стеколь аналогичной окраски. Особенно легко при помощи этого метода достигается отличіе искусственнаго и поддѣльнаго жемчуга, что, какъ извѣстно, въ иныхъ случаяхъ представляется очень труднымъ. ♦

А.Ф.



Двѣнадцать самыхъ тяжелыхъ мозговъ въ мірѣ. Слѣдующіе двѣнадцать лицъ обладали самыми тяжелыми по вѣсу мозгами. Вѣсъ мозга данъ въ граммахъ: Иванъ Сергѣевичъ Тургеневъ 2102 грамма; Джозефъ Буні, французскій юристъ 1935; Жоржъ Кювье, франко-германскій натуралистъ 1830; Е.Г.Найтъ, американскій инженер-механикъ 1814; Францъ Краусъ, нѣмецкій богословъ 1800; Джонъ Аберкромби, шотландскій докторъ 1786; Веніаминъ

Бутлеръ, американскій государственный дѣятель 1758; Эдуардъ Ольней, американскій математикъ 1701; Германъ Леви, германскій композиторъ 1690; А.Винчель, американскій геологъ 1666; Вильямъ Теккерей, англійскій романистъ 1658; Рудольфъ Ленцъ, германскій композиторъ 1636. ♦



Изъ дѣятельности Академіи Наукъ. Въ Академіи Наукъ съ осени настоящаго года введены новые штаты, такъ что не только значительно увеличивается число научныхъ работниковъ Академіи, но и расширяется значительно дѣятельность ея музеевъ. Въ частности Минералогическій музей получаетъ, наконецъ, возможность въ значительной степени стать ближе къ своей задачѣ собрать въ себѣ представителей минеральнаго царства изъ всей Россіи. Только этимъ путемъ сможетъ музей подготовить матеріалъ къ той «Минералогіи Россіи», о которой больше 150 лѣтъ тому назадъ мѣтталъ Ломоносовъ и которая до сихъ поръ не написана. Центральная роль академическаго музея въ этомъ направленіи облегчается тѣмъ, что согласно льготамъ Академіи всѣ посылки вѣсомъ не болѣе одного пуда пересылаются почтой бесплатно. Эта льгота даетъ возможность каждому изъ любого уголка Россіи посылать ископаемыя своего родного края въ Академію, участвуя этимъ в исполненіи столь важной задачи, какъ минералогическое описаніе Россійскаго Государства. ♦

А.Ф.



Наибольшая морская глубина. Наибольшая морская глубина 9780 метровъ найдена нѣмецкимъ судномъ «Планетъ», которому съ 1906 года поручены изслѣдованія этого рода, специально въ Великомъ океанѣ. Найденная впадина лежитъ въ 40 морскихъ миляхъ къ северу отъ Минданао, одного изъ крупныхъ Филиппинскихъ острововъ. Найденная до сихъ поръ глубина достигала 9635 метровъ. Она была зарегистрирована въ 1901 году американскимъ пароходомъ «Неро» во впадинѣ, расположенной къ югу отъ острова Гуамъ, одного изъ Маріанскихъ.

Обѣ эти глубины относятся къ области впадинъ, цѣлый рядъ которыхъ былъ открытъ тѣмъ

же судномъ «Планетъ» (со времени начала его работъ 1907 года). Вслѣдствіе своей очевидной связи съ сильными землетрясениями, впадины эти имѣютъ большое значеніе, какъ геофизическое такъ, разумѣется, и геоморфологическое. Хотя точныя широта и долгота новой впадины и не сообщаются, однако, не подлежитъ сомнѣнію, что новую наибольшую глубину въ 9780 метровъ слѣдуетъ искать на востокъ отъ Филиппинскихъ острововъ. ♦



Дѣйствіе тропическаго солнца на человѣка и нѣкоторыхъ животныхъ. Одинъ ученый американецъ Г.Джиббсъ — профессоръ университета на Филиппинскихъ островахъ сдѣлалъ интересныя наблюденія по этому вопросу. Онъ опредѣлялъ температуру кожи, подвергающейся дѣйствию тропическаго солнца у опредѣленнаго количества лицъ различныхъ расъ, и температуру кожи, защищенной мѣхом или какой-либо одеждой; затѣмъ опредѣлилъ подкожную температуру у обезьянъ и кроликовъ.

Въ тѣни температура кожи человѣка остается постоянно ниже температуры крови. На солнцѣ у лицъ, имѣющихъ менѣе темный цвѣтъ, она поднимается иногда быстрѣе, чѣмъ у темнокожихъ. Но послѣ этого первоначальна-

го поднятія, у темнокожихъ максимумъ температуры бываетъ выше, чѣмъ у другихъ, при условіи, если дѣйствіе солнца длится не слишкомъ долго. Въ случаѣ длительного дѣйствія, раздраженіе окончаній нервовъ, или стѣнокъ кровеносныхъ сосудовъ вызываетъ воспаление кожи вслѣдствіе прилива крови и болѣе быстрого кровообращенія. Это явленіе не встречается у темнокожихъ, у которыхъ окраска, вѣроятно, служитъ защитой.

Темная кожа поглощаетъ теплоту быстрѣе, чѣмъ свѣтлая, но въ то же время и излученіе теплоты у первой такъ же сильнѣе, чѣмъ у второй. Обезьяны съ сѣрой шерстью имѣютъ подкожную температуру въ тѣни нормальной и чувствуютъ себя превосходно, тогда какъ на солнцѣ она подымается выше 48°, послѣ чего въ теченіе менѣе одного часа, иногда даже черезъ 30 минутъ наступаетъ смерть. Бѣлые, сѣрые и черные кролики — всѣ умираютъ, будучи подвергнуты дѣйствию солнца; черные — раньше всѣхъ, бѣлые — последними. По Джиббсу одежда человѣка, предназначенная для защиты отъ солнца, должна давать наибольшую тѣнь, не мѣшая дѣйствию воздушныхъ потоковъ, уносящихъ испаряющуюся влагу. Превосходство бѣлыхъ матерій надъ цвѣтными, благодаря отраженію солнечныхъ лучей, доказано опытами съ кроликами.

Наиболѣе идеальныя условія въ этомъ отношеніи создаются бѣлымъ зонтикомъ, обшитымъ зеленой матеріей, и насколько возможно легкой одеждой. ♦

«Нобелевская» автобиография

Член-корреспондент РАН Ю.В.Копаев
Физический институт им.П.Н.Лебедева РАН
Москва

В 2003 г. автору этого сборника была присуждена Нобелевская премия по физике «за пионерский вклад в теорию сверхпроводимости и сверхтекучих жидкостей». В книге опубликована Нобелевская лекция В.Л.Гинзбурга, прочитанная им 8 декабря 2003 г. во время вручения ему Нобелевской премии. Ключевой работой, определившей направление развития физики и техники по сверхпроводимости, стала статья с Л.Д.Ландау «К теории сверхпроводимости», опубликованная в 1950 г. в «Журнале экспериментальной и теоретической физики».

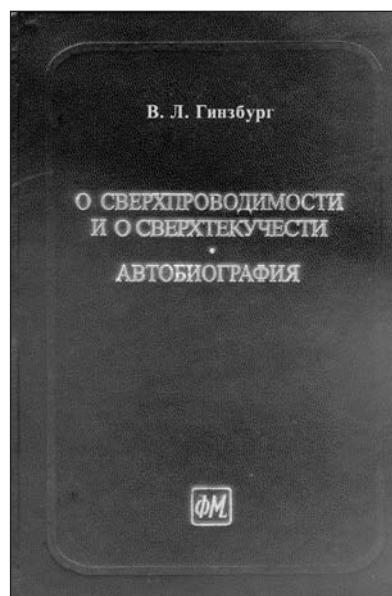
Эта работа вместе с более ранними и последующими трудами Виталия Лазаревича сыграли решающую роль в создании микроскопической теории Бардина—Купера—Шриффера, на основе которой уравнения Гинзбурга—Ландау были подтверждены Л.П.Горьковым с точностью до удвоения заряда e электрона.

Следует отметить, что из анализа имевшихся экспериментальных данных по глубине проникновения магнитного поля Виталием Лазаревичем был сделан вывод об эффективном заряде $e^* \approx (2-3)e$. В книге изложены размышления Л.Д.Ландау по поводу градиентной инвариантности. Тем не менее известный теоретик Шафрот, один из первых заговоривших о сверхпроводимости как бозе-конденсации пар, ссылается на статью Гинзбурга, опубликованную в «Успехах физических наук» (1952), как содержащую идею

спаривания электронов. Хотя явно в этой статье слов о спаривании нет, но мотив спаривания там присутствовал.

Не говоря уже о том, что в связи с практическими применениями сверхпроводников уравнения Гинзбурга—Ландау являются основополагающими, они позволили предсказывать и описывать целый ряд фундаментальных явлений. Отметим, например, их роль в создании единой теории электрослабых взаимодействий.

В 1943 г. Виталий Лазаревич предсказал возможность существования термоэлектрического эффекта в сверхпроводниках. В то время существовало убеждение в его невозможности. В течение более полувека Гинзбург ведет агитацию экспериментаторов за обнаружение этого эффекта и теоретиков за поиски оптимальных условий его надежной реализации. В последние годы обнаружен термоэлектрический эффект в магнитном поле (эффект Нернста) в высокотемпературных сверхпроводниках. Он оказался аномально высоким не только в сверхпроводящей фазе, но и существенно выше T_c в так называемом состоянии сильной псевдощели. Преобладающим мнением относительно природы этого псевдощелевого состояния является представление о существовании в широком температурном интервале (100—150 К) выше T_c некогерентных сверхпроводящих пар и возможности возникновения на их основе вихревого состояния, ответственного за большой термоэлектрический эффект.



В.Л.Гинзбург. О СВЕРХПРОВОДИМОСТИ И О СВЕРХТЕКУЧЕСТИ. АВТОБИОГРАФИЯ: Сборник статей и выступлений.

М.: Физматлит, 2006. 228 с.

В рецензируемой книге выражается сожаление по поводу неактивных поисков давно привлекающего внимание Гинзбурга состояния сверхдиамагнетизма, параметром порядка для которого является тороидный момент. Отмечу, что под другими названиями (fluxe phase, staggered state, орбитальный антиферромагнетик) это состояние рассматривается как один из вариантов псевдощелевого состояния купратов. Кстати, в этом состоянии в последние годы наблюдается предсказанный аномально высокий диамагнетизм (нелинейный эффект Мейснера).

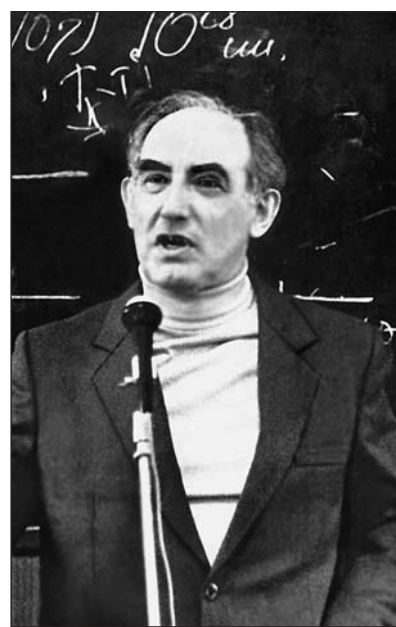
Обобщенная Виталием Лазаревичем совместно с Л.П.Питаевским ψ -теория сверхпроводимости на случай сверхтекучести оказывается весьма плодотворной при изучении явления бозеконденсации экситонов, особенно в полупроводниковых гетероструктурах, хотя в He^4 область ее применимости является ограниченной из-за определяющей роли флуктуаций.

Теория Гинзбурга—Ландау для случаев многокомпонентных параметров порядка широко используется при исследовании сверхпроводников с тяже-

лыми фермионами, сверхпроводящих купратов, сверхтекучести в He^3 .

Идея Виталия Лазаревича о высокотемпературной сверхпроводимости собрала в свое время в ФИАНе группу теоретиков-единомышленников, в которой повезло работать и автору рецензии. Результаты многолетних исследований этой группы были опубликованы впервые в мире в книге «Проблемы высокотемпературной сверхпроводимости» под редакцией Гинзбурга и Д.А.Киржница в 1977 г. на русском языке и в 1982 г. на английском. Оптимизм в широких научных кругах вселяла возможность положительного решения этой проблемы. Неслучайно уже после обнаружения высокотемпературной сверхпроводимости в купратах на первых международных конференциях по сверхпроводимости Виталий Лазаревич и его группа принимали самое активное участие.

Основываясь на предыдущем опыте, можно надеяться, что устремления Гинзбурга к достижению сверхпроводимости при комнатной температуре (к комнатной сверхпроводимости) увенчаются успехом.



В.Л.Гинзбург.

Несомненный интерес представляет опубликованная в книге автобиография Виталия Лазаревича, написанная по просьбе Нобелевского фонда («нобелевская» автобиография), и статья «Опыт научной автобиографии», дающая представление о научных работах автора и в других областях физики. ■

Хроническая риторика

С.С.Кутателадзе,

доктор физико-математических наук

Институт математики им.С.Л.Соболева СО РАН

Новосибирск

Когда псевдонаучные измышления распространяются от имени науки, на средства науки, от лица научных учреждений и в академических из-

даниях, то псевдонаука становится лженаукой и требует ответной реакции. Академическая лженаука — это не любопытная фигура речи. **Академическая лженаука — опасное явление, которому ученые обя-**

заны противостоять. Профанация науки под видом и флагом философии ведет в средневековье.

К сожалению, рецензируемая книга опубликована от имени Российской академии наук

и рекомендована к печати Научным советом РАН «История мировой культуры». Она представляет собой сборник сочинений, свободно доступных в интернете. В ней излагаются философские воззрения автора на многочисленные вопросы современности. Большая часть книги касается физиков и математиков. Автор резко критикует нынешнее состояние оснований физики и предлагает свою собственную «новую механику, или Хронику». Основное содержание «хроники» уместилось на двух страничках. Изложено все так отчетливо, что неподготовленному читателю положение дел с этой «хроникой» сразу становится понятным.

Нулевое начало хроники Шилова гласит, что «время есть теплота», а «теплота есть время». При этом «реальный измеритель физического времени — термометр».

Первое начало хроники, по словам ее автора, раскрывает время как «вечный двигатель первого рода». Второе начало, естественно, раскрывает время как «вечный двигатель второго рода». Шилов специально поясняет, что «работа времени — это перевод теплоты от более холодной системы к более горячей». Третье начало хроники утверждает возможность охлаждения вещества до температуры абсолютного нуля.

Автор щедро делится секретами своей творческой лаборатории. Он пишет: «Меганаука Хроника возникает в точке абсолютной противоречивости современной физики, полной заброшенности работы с основаниями физики. <...> Для создания Хроники требовалось “лишь” осмысление способов осуществления современного физического мышления».

Закончив со своей хроникой, автор переходит к «механике времени», «пространству математики» и «закону простых чисел как общей теории поля». Слова «механика», «математика», «простое число», «теория поля»

относятся к общепринятым в науке, но предлагаемые в книге сочетания из этих слов в науке не встречаются и никак не осмыслены.

Вся «Хроника» тесно связана с объявленной в заголовке книги «теорией числа». Оказывается, что «действительный объект физики есть число. Хроника есть теория чисел. Разделам физики соответствует математический вид чисел».

Понимание числа и цифры автором впечатляет. Он пишет: «Представление числа цифрой есть фундаментальная технология исчисления, существо феноменологии развития, основание Техники как таковой».

Вскоре возникает и первая формула книги. «Поскольку формула единицы есть понятие языка науки, способа представления числа цифрой, то единица есть не что иное, как совокупность, множество простых чисел: $l=Sp$ ». Можно думать, что непояснимый автором символ Sp возник как латинизация первых букв сочетания «совокупность простых». Именно в этой формуле скрыта вся глубина воззрений автора.

Восхищает полет мысли Шилова в механике времени. «Прошлое есть вычитание само по себе. Настоящее есть произведение само по себе. Будущее есть сложение само по себе. Момент времени есть простое число».

Формула единицы является важнейшим достижением автора. Он пишет: «Формула единицы есть, таким образом, всеобщая теория поля». И далее: «Формула единицы выражает интеллектуальную сущность Вселенной, служит основой Вселенной. <...> Формула единицы есть устройство Вселенной. <...> Формула единицы в самом безусловном и необходимом смысле есть формула времени».

Мне кажется, что в рецензии можно ограничиться уже приведенными цитатами. Сказанного вполне достаточно для точного позиционирования теорий Ши-



С.Е.Шилов. РИТОРИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ ЧИСЛА.

М.: Наука, 2006. 316 с.

лова. Хроника, механика времени и прочие разделы риторической теории числа лежат далеко за пределами науки.

Само по себе это обстоятельство неудивительно. Мало ли псевдонаучных и антинаучных измышлений распространяется в печати и через интернет. Мировая культура не испыты-

вает недостатка в сочинениях о простейших математических и физических понятиях типа числа и времени, написанных людьми, в этих предметах малосведущими или элементарно некомпетентными. Научные подходы и методы установления истины авторами псевдонаучной литературы не восприни-

маются. Псевдонаука представляет собой феномен культуры, целиком лежащий за пределами науки, и потому часто вмешательства ученых не требует. Наука по возможности воздерживается от бессмысленной траты времени на оппонирование глуповатой и неумяемой псевдонауке. ■

Зоология

А.А.Данилкин. ПОЛОРОГИЕ (BOVIDAE). М.: Т-во науч. изд. КМК, 2006. 550 с.

Полорогие — разнообразная группа жвачных парнокопытных животных мелких, средних и крупных размеров с полыми рогами. В книге собраны и обобщены сведения о полорогих России и сопредельных регионов: филогения, систематика, динамика ареала, численность и факторы ее определяющие, среда обитания, питание, размножение, структура популяций, использование ресурсов и охрана.

Семейству полорогих посвящена очередная книга в серии «Млекопитающие России и сопредельных регионов», продолжающей и дополняющей издание «Млекопитающие Советского Союза» (1961—1976). Ранее были опубликованы «Зайцеобразные» (1994), «Усатые киты» (1994), «Тушканчикообразные» (1995), «Олени» (1999) и «Свиные» (2002).

Каждый том этой серии — всестороннее рассмотрение в пределах определенного семейства существующих ныне родов и видов млекопитающих, обитающих на территории России и сопредельных стран. Основная цель сводок — обобщение материала, накопленного отечественной и мировой наукой за последние десятилетия.

Структура книг стандартна. После краткой характеристики семейства, подсемейств и родов по единой схеме и без лишней детализации приведены видовые или подвидовые (для неэндемичных видов) очерки. Научные сведения, которые можно рассматривать в сравнительном аспекте, для краткости изложения объединены в таблицах. В отдельных разделах неизбежно незначительное «дублирование» материала, что, однако, оказывается полезным при использовании книг в качестве справочного пособия.

Геология

А.П.Лихачев. ПЛАТИНО-МЕДНО-НИКЕЛЕВЫЕ И ПЛАТИНОВЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ. М.: Эслан, 2006. 496 с.

В книге изложены результаты многолетних исследований автора в области геологии платино-медно-никелевых и платиновых месторождений и технологии переработки минеральных и органических материалов. На основе известных данных и выявленных закономерностей в едином ключе рассматриваются природа вещества и процессов, вопросы образования и эволюции Земли, причины и условия формирования месторождений. Приводится общая характеристика рудоносных формаций и месторождений. В оригинальной классификации, увязанной с особен-

ностями эндогенных и импактных процессов, описываются геология и генезис известных в мире платино-медно-никелевых и платиновых месторождений. Описаны методы прогноза и поисков месторождений, выделены новые перспективные площади и дана характеристика открытой на основе сделанного прогноза платиноносной Маймеча-Котуйской провинции. Представлены сведения о разработанных принципиально новых высокоэффективных методах и технологиях переработки минеральных и органических веществ, основанных на химических транспортных реакциях.

Гидрология

Л.К.Малик. ФАКТОРЫ РИСКА ПОВРЕЖДЕНИЯ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ. ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ. М.: Наука, 2005. 354 с.

В книге рассмотрены перспективы и проблемы развития отечественной гидроэнергетики в новых социально-экономических условиях. Автор — авторитетный гидролог, Лилия Константиновна Малик, много раз поднимая в нашем журнале острые проблемы гидроэнергетики, анализирует природные и антропогенные факторы риска повреждения гидроузлов. Для оценки параметров волн прорыва используется метод географических аналогий. С его

помощью дается прогноз последствий гипотетического повреждения плотин ГЭС при различных сценариях развития событий. В книге описаны экстремальные гидроэкологические ситуации в случае аварийного или преднамеренного спуска водохранилищ. Отдельные главы посвящены безопасности объектов энергетики в условиях меняющегося климата, эффективности использования потенциала малых рек и нетрадиционных источников энергии, предупреждению и снижению вероятности аварий в сфере гидроэнергетики.

В книге приводятся результаты многолетних полевых работ автора в районах действующих и проектируемых гидроузлов в составе отрядов Института географии РАН, а также лаборатории гидрологии Пермского государственного университета, лаборатории водохранилищ СО РАН и других организаций. Фотоматериалы выполнены Л.К.Малик в период ее экспедиций и командировок.

Сейсмология

А.А.Никонов. ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ... ПРОШЛОЕ, СОВРЕМЕННОСТЬ, ПРОГНОЗ. М.: КомКнига, 2006. 192 с.

Вышло второе издание научно-популярной книги о природе и причинах землетрясений (см.: Природа. 1985. №5). Автор объясняет основные термины и понятия, принятые сейсмологами и геофизиками, рассказывает о «следах» землетрясений, обнаруженных при археологических раскопках, об изучении исторических документов, мифов, сказаний и легенд, затрагивает проблему прогноза землетрясений и показывает, насколько она трудна и далека еще от окончательного решения. Особое место в книге уделено научным, общественным и технико-экономическим мерам противостояния стихии — сейсмозащите.

По замыслу каждая глава книги знакомит читателя с проблемой на примере показа-

тельного региона или особо примечательных сейсмических событий. Материал группируется в три раздела, которые условно можно назвать «история», «современность» и «прогноз». Конечно, история вторгается в современность и прогноз строится с учетом истории. Темы и районы ограничены интересом и личным опытом автора. Главы книги, хотя и связаны общей тематикой и замыслом, вполне самостоятельны.

Автор книги — доктор геолого-минералогических наук, профессор, работает в Институте физики Земли им.О.Ю.Шмидта РАН. Ведет исследования по сейсмичности, палеосейсмологии, сеймотектонике, новейшим и современным движениям земной коры, оценке сейсмической и цунамиопасности. Организатор и участник экспедиций на Кольский п-ов и в Карелию, в горы Средней Азии, Кавказа, Крыма, на Камчатку и Курильские о-ва, а также в Афганистан, Сицилию, Швецию.

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:
А.В.АЛЕКСАНДРОВА

Свидетельство о регистрации
№1202 от 13.12.90

Учредитель:
Российская академия наук,
президиум
Адрес издателя: 117997,
Москва, Профсоюзная, 90

Адрес редакции: 119049,
Москва, ГСП-1, Мароковский пер., 26
Тел.: 238-24-56, 238-25-77
Факс: (095) 238-24-56
E-mail: priroda@naukaran.ru

Подписано в печать 15.12.2006
Формат 60×88 1/8
Офсетная печать, усл. печ. л. 10,32,
усл. кр.-отт. 67,8 тыс., уч.-изд. л. 12,2
Заказ 1998
Набрано и сверстано в редакции

Отпечатано в ППП типографии «Наука»
Академиздатцентра «Наука» РАН,
121099, Москва, Шубинский пер., 6