

ПРИРОДА

6 04



В НОМЕРЕ:**3 Хаин В.Е.****Разгадка, возможно, близка**

О причинах великих вымираний
и обновлений органического мира

Весьма вероятно, что причина массовых вымираний органического мира в истории Земли — совместное проявление ударного воздействия крупных космических тел и мощных извержений, порожденных мантийными плюмами.

8 Леменовский Д.А., Гарбар Н.М., Брусова Г.П., Локшин Б.В.**Восстановить мгновение**

Фотография началась с дагерротипов. Эти первые высококачественные фотодокументы для нас наиболее ценны, но их же менее всего пощадило время — некоторые изображения стали почти неразличимыми. Сейчас «химчисткой» угасших дагерротипов и «консервированием» уже восстановленных снимков исследователи занимаются вполне успешно.

15 Добровольский Г.В., Умаров М.М.**Почва, микробы и азот в биосфере**

Сегодня можно считать доказанным, что почвенные микроорганизмы не только поставщики «биологического» азота, необходимого всем живым организмам на Земле, но и главные участники биогеохимического цикла биосферного азота.

23 Ефремов Ю.Н.**Звездные сверхскопления и сверхассоциации**

Массивные молодые скопления очень редки в нормальных галактиках, но в избытке встречаются в галактиках взаимодействующих, а также голубых компактных. Изучая их, можно пролить свет на условия, существовавшие на заре формирования галактик.

31 Малахов В.В.**Новый взгляд на происхождение билатерий**

Одновременное появление в кембрии почти всех типов животного царства было подготовлено, видимо, еще в венде. Уже тогда существовали сложно устроенные организмы, от которых и произошли двусторонне-симметричные животные.

39**Калейдоскоп**

Они выжили в космической катастрофе

Вести из экспедиций**40 Лукошков А.В.****Очередное начало морской археологии****49 Константинов М.М.****Большое серебро Якутии****Заметки и наблюдения****54 Булавинцев В.И.****Отменный рыболов и красавец зимородок****57 ГЛАВНЫЙ КОНСТРУКТОР**

К 100-летию Юлия Борисовича Харитона
Чернышев А.К.

Подвиг Юлия Борисовича Харитона (58)

Семенова А.А., Семенов А.Ю.

Небольшой экскурс в родословную (67)

Дровеников И.С., Романов С.В.

Уран-45 (74)**81****Новости науки**

Послание из бездны: черная дыра в центре Галактики. **Сурдин В.Г. (81)**. Гамма-всплеск: джет внутри джета (82). Уникальный Титан (83). Подвижная тропопауза (84). Новая гравиметрическая карта Земли (85). Утилизация ядерных отходов с помощью лазера? (85). Возникновение четвероногих: новый взгляд (85). лягушки адаптировались к кислотному загрязнению среды. **Семенов Д.В. (86)**. Омоложение начинается с макаков (86). Необычное лакомство американской иволги. **Опанев А.С. (87)**. Роль тропиков в окончании ледниковой эпохи (87). Марианские острова в тревоге (87). Американские мастодонты-«дуэлянты» (88). Еще один *Homo erectus* (89). К письменности — черепашьим шагом (89). **Коротко (7)**

Рецензии**90 Филонович С.Р.****О человеке, профессии и эпохе****92****Новые книги****В конце номера****94 Кузнецов В.Е.****Неудача и успех**

О запуске первого советского лунохода

CONTENTS:

- 3** **Khain V.E.**
We May Soon Get the Answer
 On the Causes of the Great Extinctions
 and Renewals in the Organic World

It is very likely that the mass extinctions of living species in the Earth's history resulted from the combined action of the impact of large bodies and powerful eruptions generated by mantle plumed.

- 8** **Lemenovsky D.A., Garbar N.M.,
 Brusova G.P., and Lokshin B.V.**
Restore that Fleeting Moment

Photography began with daguerreotypes. These first high-quality photo documents are of the greatest value to us, but they have deteriorated most severely with time, with some images being almost indistinguishable. Using appropriate chemical treatment, scientists can now restore faded pictures quite successfully.

- 15** **Dobrovolsky G.V. and Umarov M.M.**
**Soil, Microbes, and Nitrogen
 in the Biosphere**

It is now a proven fact that soil microorganisms are not only suppliers of biological nitrogen, which is essential to all living things on Earth, but also the chief actors in biogeochemical nitrogen cycle.

- 23** **Efremov Yu.N.**
**Star Superclusters
 and Superassociations**

Massive young clusters are very rare in normal galaxies, but abound in interacting and blue compact ones. Their study can shed some light on the conditions that existed during the early evolution of galaxies.

- 31** **Malakhov V.V.**
A New View of the Origin of Bilateria

The simultaneous appearance in the Cambrian of almost all phylums of the animal kingdom appeared to have been prepared for in the Vendian, with its complex organisms that were the progenitors of bilaterally symmetrical animals.

- 39** **Kaleidoscope**

They Survived a Cosmic Catastrophe

News from Expeditions

- 40** **Lukoshkov A.V.**
**Yet Another Beginning of Marine
 Archaeology**

- 49** **Konstantinov M.M.**
Rich Silver Deposits in Yakutia

Notes and Observations

- 54** **Bulavintsev V.I.**
That Superb Kingfisher

- 57** **PRINCIPAL DESIGNER**
 On the Centennial of the Birth
 of Yuli Borisovich Khariton

- Chernyshev A.K.**
**The Feat of Yuli Borisovich Khariton
 (58)**

- Semenova A.A. and Semenov A.Yu.**
A Brief Excursion into Genealogy (67)

- Drovenikov I.S. and Romanov S.V.**
Uranium-45 (74)

- 81** **Science News**

A Message from the Abyss: A Black Hole in the Center of the Galaxy. **Surdin V.G.** (81). Gamma Burst: A Jet Inside a Jet (82). That Unique Titan (83). The Moving Tropopause (84). A New Gravity Map of the Earth (85). Nuclear Waste Disposal Using a Laser? (85). The Origin of Quadrupeds: A New View (85). Frogs Have Adapted to an Acid-contaminated Environment. **Semenov D.V.** (86). Rejuvenation Begins with Macaques (86). An Unusual Treat for the American Oriole. **Opaev A.S.** (87). The Role of the Tropics in Ending the Glacial Epoch (87). Alarm in the Mariannas (87). American Mastodons as Duelists (88). Yet Another *Homo erectus* (89). Toward Writing at a Snail's Pace (89).
 In Brief (7)

Book Reviews

- 90** **Filonovich S.R.**
**About the Person, Profession,
 and Epoch**

- 92** **New Books**

End of Issue

- 94** **Kuznetsov V.E.**
Failure and Success
 On the Launching of the First Soviet Lunar Rover

Разгадка, возможно, близка

О причинах великих вымираний и обновлений органического мира

В.Е.Хаин

Одна из крупных проблем естествознания, общая для геологических и биологических наук, — причины, периодически вызывавшие массовые вымирания живых организмов и соответствующие обновления состава органического мира*. Подобные события имели место на рубеже венда и кембрия, ордовика и силура, перми и триаса, триаса и юры, мела и палеогена. В конце венда первая в истории Земли биота мягкотелых беспозвоночных сменилась первой фауной, обладавшей минеральным скелетом. На рубеже перми и триаса произошло самое существенное (на 85%) обновление морских организмов, а на рубеже мела и палеогена погибли динозавры, господствовавшие на Земле более 150 млн лет. Следует подчеркнуть обстоятельство, не всегда привлекающее к себе должное внимание, — любое великое вымирание сопровождалось не менее великим обновлением. Так, после гибели древних земноводных и пресмыкающихся на рубеже триаса и юры их экологическую нишу заняли ди-

* Более подробно история разработки данной проблемы рассмотрена в 11 главе моей книги [1], но здесь использованы данные, полученные уже после ее публикации.

© Хаин В.Е., 2004

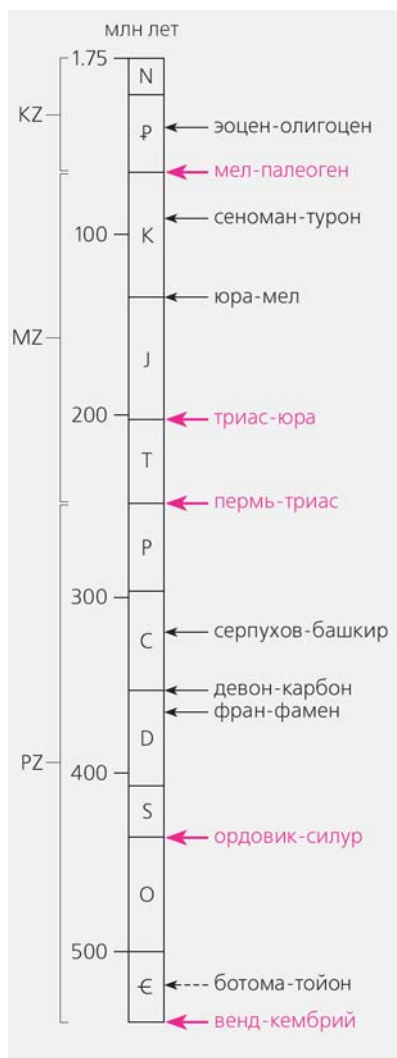


Виктор Ефимович Хаин, академик РАН, заслуженный профессор геологического факультета Московского государственного университета им.М.В.Ломоносова. Специалист в области общей и региональной геотектоники. Лауреат Государственных премий СССР (1987) и РФ (1995). Старинный автор «Природы», долгие годы был членом редколлегии журнала.

В этом году Виктору Ефимовичу исполнилось 90 лет. Редакция поздравляет юбиляра и желает ему здоровья, благополучия и новых публикаций в нашем журнале.

нозавры, расцвет которых произошел в юре и мелу, а вымирание динозавров способствовало восхождению млекопитающих и установлению их господства в кайнозое. Примечательно, что границы между палеозойской и мезозойской, мезозойской и кайнозойской эрами (совпавшие с временем великих вымираний) были намечены геологами уже к середине XIX в., когда никаких сколько-нибудь точных данных о масштабах приуроченных к ним обновлений органического мира еще, естественно, не существовало.

Каковы причины столь важных событий? На этот счет были выдвинуты многочисленные гипотезы (более двадцати, по подсчету А.С.Алексеева). Широко распространено мнение, что такой причиной стало существенное изменение физико-географических и климатических условий на поверхности Земли: распределения суши и моря, химического состава морской воды и атмосферы, температурного режима и др. Действительно, все эпохи вымирания отмечены значительными вариациями отношений



Массовые вымирания органического мира в фанерозое. Цветными стрелками показано время великих вымираний [10, с дополнениями автора].

изотопов кислорода, углерода, стронция и серы в осадочных породах соответствующего времени. Однако речь должна идти о резких и кратковременных изменениях среды обитания биоты, а это требует привлечения факторов, которые могли бы вызвать наступление экстремальных условий. Таких факторов (и соответствующих им гипотез) выдвинуто в основном два — крупномасштабные вулканические извержения (вулканическая гипотеза) и столкновения с Землей крупного астероида или кометы (импактная гипотеза). Именно они привлекли внимание исследователей в последние десятилетия.

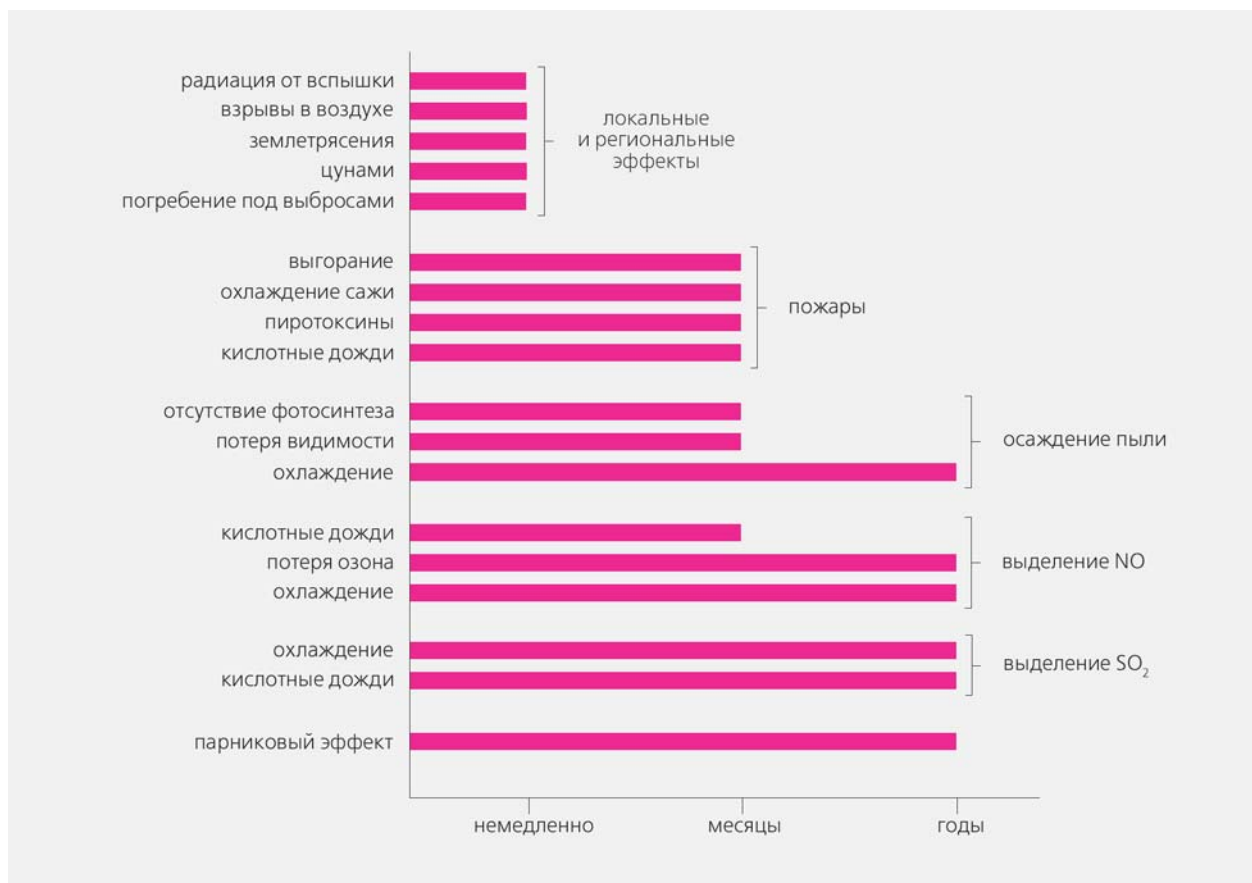
Основной аргумент в пользу вулканической гипотезы, наиболее полно обоснованной французским геофизиком В.Куртийо с коллегами [2], — совпадение великих вымираний во времени с массовыми излияниями плато-базальтов, образующих трапповые поля. Показательно в этом отношении точное совпадение великого пермско-триасового вымирания с образованием самой крупной в мире Тунгусской трапповой провинции и одновозрастных ей траппов Эмейшань в юго-восточном Китае, а также мел-палеогенового вымирания с образованием крупной Деканской трапповой провинции Индостана. Подобные вулканические излияния, дающие огромный объем продуктов извержений, в том числе газов, выделяющихся в атмосферу, происходили за очень короткий в геологическом масштабе промежуток времени, около 1—3 млн лет.

Импактная гипотеза стала популярной с легкой руки американских ученых: физика — отца и геофизика — сына Л. и У.Альваресов [3], обнаруживших в Италии в пограничном между мелом и палеогеном слое необычно высокое для земных осадочных пород содержание иридия. Гипотеза получила почти всеобщее признание после открытия на п-ове Юкатан

в Мексике крупного погребенного ударного кратера (астроблемы) Чиксулуб, возраст которого оказался соответствующим (потом выяснилось, что, возможно, не вполне точно) именно этому стратиграфическому рубежу — 65 млн лет назад. В дальнейшем на том же уровне в разных местах, и прежде всего в Мексикано-Карибском регионе, в осадках находили характерные следы метеоритно-кометных бомбардировок — скопления сферул (стекловидных шариков, рассматриваемых как выброшенные в атмосферу застывшие капли ударного расплава) и так называемых шоковых минералов с мелкими параллельными трещинами — кварца и некоторых других. Российскими учеными было установлено, что такой же возраст имеет и Карская астроблема на обращенном к Карскому морю склоне хребта Пай-Хой.

Изменения природной среды, обусловленные импактным событием типа Чиксулубского и вызвавшие, в свою очередь, кризис органического мира, графически суммированы Д.А.Крингом [4] из Аризонского университета США на воспроизводимой здесь диаграмме. На ней показана также длительность таких изменений.

Помимо мел-неогенового рубежа прямые (кратеры) или косвенные следы импактных событий во все возрастающей степени обнаруживаются и на других стратиграфических (и геохронологических) рубежах, где констатированы великие вымирания и обновления биоты, в том числе и на самом важном — пермско-триасовом. Следы мощного импакта такого возраста с обильным выделением серы выявлены в Китае. Они заставили предположить падение астероида в океан с образованием кратера диаметром в 300—600 км. Сейчас на Земле открыто более 150 подобных астроблем, причем две в мировом океане — в Чезапикском заливе в Атлантике и в Баренцевом море. А про-



Относительная временная шкала для некоторых пертурбаций среды, вызванных Чиксулубским импактным событием [4].

дукты импактного воздействия установлены в осадках всех возрастов, от позднеархейских до четвертичных. Несмотря на убедительность данных, вулканическая гипотеза не теряет своей привлекательности. Оказалось, что вулканизм производит сходное воздействие на окружающую среду.

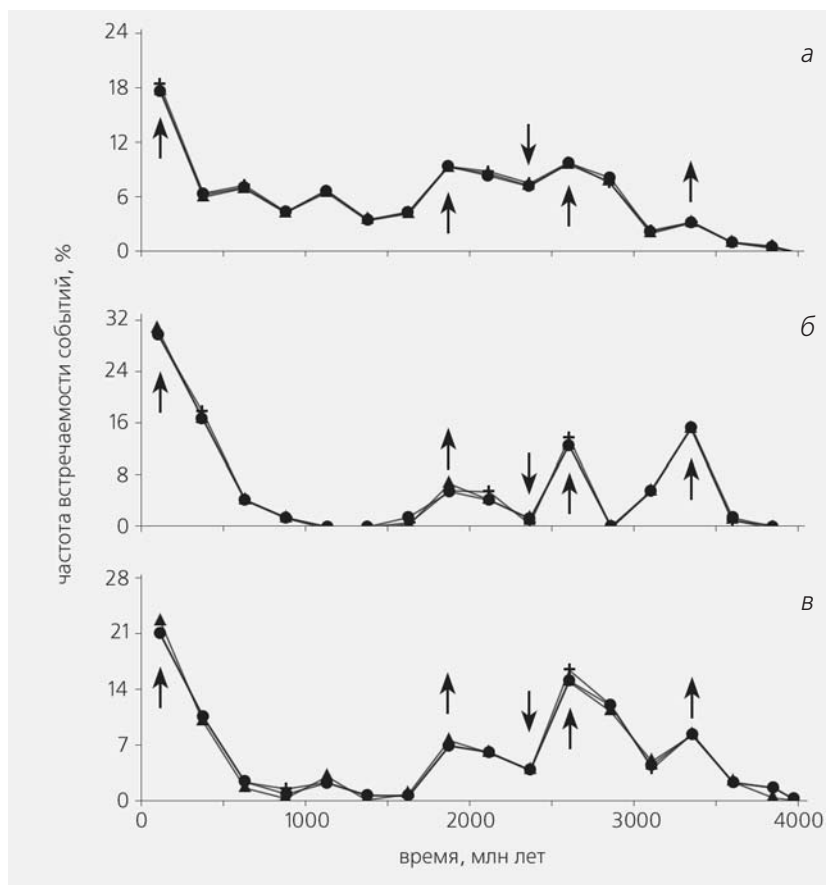
В связи с этим большой интерес представляют недавние публикации исследовательницы из Принстонского университета США Г.Келлер [5], изучившей ряд естественных разрывов пограничных между мелом и палеогеном отложений, а также керн пробуренной в кратере Чиксулуб скважины. Она пришла к выводу, что удар, породивший этот кратер, имел место за 300 тыс. лет до мел-палеогенового рубежа. Импакт-

ные брекчии перекрываются слоем мергеля, содержащим позднемаастрихтские планктонные фораминиферы. В самих позднемаастрихтских отложениях за пределами кратера обнаружен слой со сферулами, который, по геохимическим данным, и может соответствовать чиксулубскому импакту.

Но на самой границе мела—палеогена также присутствует слой со сферулами и, кроме того, — знаменитая иридиевая аномалия. Проведенное изучение керн скважин, пробуренных на Восточно-Индийском хребте, показало, что с вулканизмом, создавшим траппы Декана и начавшимся в позднем маастрихте, здесь совпадает изменение состава фораминифер, аналогичное наблюдаемому в Мексикано-Карибском ре-

гионе. Все это привело Келлер к заключению, что кризис органического мира в конце мелового периода был связан, во-первых, не с единичным, а с целой серией импактов и, во-вторых, с изменениями среды, вызванными не только ими, но и вулканизмом.

Однако высказанные Келлер и ее сотрудниками соображения относительно двух отдельных ударных событий вызвали резкие и, видимо, обоснованные возражения со стороны голландского ученого Я.Смита [6], так же изучавшего керн пробуренной в кратере Чиксулуб скважины и кроме того ссылающегося на выдержанность на огромном расстоянии вдоль фронта Скалистых гор слоя со сферулами и шокowymi минералами.



Статистический анализ распространения во времени импактных событий и проявлений активности мантийных плюмов [8]. Суммирование данных осуществлялось с шагом 250 млн лет. Треугольниками, кружками и крестиками показаны данные, полученные с минимальными ошибками в 45, 30 и 15 млн лет соответственно. В большинстве случаев все три кривые настолько близки друг к другу, что только кружки ясно видны на графиках. Стрелки показывают четыре совпадающих положительных пика и один отрицательный, которые четко проявляются на всех графиках. а — все мантийные плюмы (число определений возраста N=600); б — крупные (с кратерами диаметром >11 км) импактные события (N=73); в — крупные мантийные плюмы (N=131).

Но были ли метеоритно-астероидно-кометные бомбардировки и массовые излияния платобазальтов независимыми явлениями, случайно совпадавшими во времени и в случае таких совпадений приводившими к фатальным для живых организмов последствиям? Или между ними могла наблюдаться какая-то связь?

На указанное совпадение впервые, по-видимому, обратил внимание американский уче-

ный М.Рампино еще в 1987 г. [7]. Совсем недавно проблема была серьезно изучена Д.Эбботт и Э.Айсли [8], двумя американскими же исследователями из Нью-Йорка. Они провели статистический анализ распространения во времени как импактных событий, так и проявлений активности мантийных плюмов, выраженной не только в образовании платобазальтовых, трап-повых полей, но и крупных дайковых роев, стратиформных ос-

новных-ультрасосновных интрузий и магматитов с повышенным содержанием MgO. В итоге проведенного статистического сопоставления, авторы получили коэффициент корреляции между всеми мантийными плюмами и импактными событиями, равный 0.9, и между наиболее интенсивными плюмами и импактами — 0.97. Отсюда следует, что временную связь между этими феноменами можно теперь считать доказанной. Но каковы их причинно-следственные соотношения?

Уже априори представляется очевидным, что именно импакты стимулируют активизацию плюмов. Активизацию, а не само их появление, поскольку, например, лавы Декана начали изливаться еще до Чиксулубского события, но максимум их извержения наступил уже после. Далее возникает самый трудный вопрос — каков же механизм воздействия импактов на плюмы?

Пытаясь на него ответить, Эбботт и Айсли предлагают три версии. Первая допускает, что импакты вызывают образование трещин и разрядку напряжений в коре и тем самым позволяют расплавам, скопившимся под непроницаемой покровной, подняться к поверхности. Согласно второй версии, удары могут продуцировать крупные трещины на поверхности Земли, образуя новые границы плит с утоненной литосферой и более длинными колоннами расплава. По третьей версии, импакты продуцируют микродайки на границе мантии и ядра, и поскольку такие дайки очень тонкие, капиллярные силы могут способствовать смешению расплавов из ядра и мантии. Это приводит к увеличению притока тепла из ядра и плавлению мантии, тем самым повышая интенсивность плюмовой деятельности.

На мой взгляд, третья версия слишком искусственна и наиболее предпочтительна первая, возможно в сочетании со второй. Трещины могут перерас-

тать в рифты, а рифты в оси спрединга, к которым действительно приурочены многие плюмы.

Но остается еще один, не менее, если не более трудный вопрос. С чем связана определенная периодичность метеоритно-астероидно-кометных бомбардировок Земли? В той же работе Эбботт и Айсли показывают, что для последних 250 млн лет (для мезозоя и кайнозоя) эта периодичность составляет 32—36 млн лет, т.е. она отвечает циклам Штилле, выделенным мною и разделяющим так называемые орогенические фазы.

Решение вопроса зависит прежде всего от того, откуда к нам приходят метеориты, астероиды и кометы — из ближнего Космоса (т.е. нашей Солнечной системы и ее ближайших окрестностей) или из дальнего Космоса (из нашей га-

лактики). Вообще говоря, появление ближних пришельцев не вызывает сомнений (например, марсианские метеориты, найденные в Антарктиде), но и дальнейшее галактическое происхождение их также вероятно. При этом периодичность появления последних объяснить легче — например, с позиций галактоцентрической концепции А.А.Баренбаума [9]. Согласно ей, наша Солнечная система при своем обращении по галактической орбите периодически пересекает струйные потоки кометного вещества, исторгаемые из центра Галактики. Все это, разумеется, весьма гипотетично, но пока ничего лучшего не придумано.

Итак, можно констатировать следующее. Причина периодических массовых вымираний и великих обновлений органического мира в истории Земли,

весьма вероятно, — совместное проявление импактного воздействия на Землю космических тел — крупных метеоритов, астероидов, комет и порожденных мантийными плюмами мощных извержений платобазальтов и родственных им магматитов. Можно считать практически доказанным, что высокую активность плюмов стимулировало именно импактное воздействие на твердую Землю, но механизм этого воздействия пока остается неясным. Скорее всего, речь может идти об образовании разрывов в литосфере, способствующих подъему плюмовых расплавов к поверхности. Происхождение метеоритно-астероидно-кометного материала остается еще более проблематичным, как и причина периодичности его поступления на поверхность нашей планеты. ■

Литература

1. Хаин В.Е. Основные проблемы современной геологии. М., 2003.
2. Courtillot V., Jaeger J.L., Yang Z., Feraud G., Hoffmann C. The influence of continental flood basalts on mass extinctions: where do we stand? // The Cretaceous-Tertiary event and other catastrophes in Earth history. Spec. Pap. 307. Geol. Soc. Amer., Boulder, CO. 1996. P.513—525.
3. Alvarez L.W., Alvarez W., Asaro F., Michel H.V. // Science. 1980. V.208. P.1095—1108.
4. Kring D.A. // GSA Today. 2000. №8. P.1—7.
5. Keller G. // Earth Planet. Sci. Lett. 2003. V.215. P.249—264.
6. Smit J. // Geoscientist. 2004. V.14. №1. P.8—13.
7. Rampino M.R. // Nature. 1987. V.327. P.468.
8. Abbot D.H., Isley A.E. // Earth Planet. Sci. Lett. 2002. V.205. P.53—62.
9. Баренбаум А.А., Хаин В.Е., Ясаманов Н.А. // Вестн. МГУ. Серия геол. 2004. №2. С.16.
10. Алексеев А.С. // Вест. МГУ. Серия: геол. 2000. №5. С.6—14.

Американские полярники намерены за два года проложить автомагистраль протяженностью в 1600 км, которая свяжет антарктическую станцию Мак-Мердо на побережье моря Росса со станцией Амундсен-Скотт, находящейся в районе Южного географического полюса. Магистраль создается с целью обеспечения надежных коммуникаций между этими научными базами, включая прокладку оптико-волоконно-

го кабеля. Ее эксплуатация будет происходить в летний сезон Южного полушария.

Terre Sauvage. 2003. №182. P.16 (Франция).

Изучая оптические свойства спикул (игл) тропической губки *Euplectella aspergillum*, специалисты одной из лабораторий американской компании «Белл» выявили их поразительное сходство с искусственными

оптическими волокнами. Вместе с тем благодаря своей трехслойной структуре волокна спикул значительно прочнее искусственных (хотя и формируются в океанской среде при гораздо более низкой температуре). Кроме того, у естественных волокон оказался более высокий показатель преломления света.

Sciences et Avenir. 2003. №680. P.20 (Франция).

Восстановить мгновение

Д.А.Леменовский, Н.М.Гарбар, Г.П.Брусова, Б.В.Локшин

Остановись, мгновенье, ты прекрасно!
И.Гёте. Фауст

Когда-то фраза, приведенная в эпиграфе, означала желание продлить прекрасные минуты, но со временем, по мере развития фотографии, эти слова приобрели совсем другой смысл: остановить мгновение — значит, запечатлеть его.

В государственных, музейных и личных архивах хранятся миллиарды фотографий, тех самых «остановившихся мгновений». Вглядываясь в лица давно ушедших от нас людей, внимательно рассматривая предметы быта, детали прически или одежды, мы получаем совершенно неизъяснимое удовольствие. Но значение фотографии этим не исчерпывается — она стала важным элементом научной и технической жизни человечества. С помощью фотографии, например, была открыта естественная радиоактивность, благодаря ей развит метод рентгеноструктурного анализа и стало возможным изучение процессов с участием элементарных частиц.

Фотодокументы имеют также громадную историческую и культурную значимость, причем, наиболее старые снимки представляют максимальную ценность. Вся история фотографии начинается с дагерротипов. Это первые созданные человеком высококачественные фото-



Дмитрий Анатольевич Леменовский, доктор химических наук, профессор, заведующий лабораторией координационных металлоорганических соединений химического факультета Московского государственного университета им.М.В.Ломоносова. Область научных интересов — металлоорганическая химия, металлокомплексный катализ.



Нонна Михайловна Гарбар, кандидат химических наук, старший научный сотрудник Государственного исторического музея. Реставратор высшей категории по фотодокументам.



Галина Павловна Брусова, кандидат химических наук, доцент химического факультета МГУ. Научные интересы связаны с органическим синтезом, физико-химическими методами исследования.



Борис Вениаминович Локшин, доктор химических наук, профессор, заведующий лабораторией молекулярной спектроскопии Института элементоорганических соединений им.А.Н.Несмеянова РАН. Круг научных интересов — молекулярная спектроскопия, химия металлоорганических соединений.

документы; именно они для нас наиболее ценны, но их же менее всего пощадило время.

Серебром по серебру

Сущность дагерротипии, получившей название в честь ее создателя Луи Жака Марде Дагерра (1789—1851), состояла в следующем. Зеркально отполированную серебряную пластинку выдерживали в темноте в парах йода, в результате чего на ее поверхности возникал слой светочувствительного йодида серебра. Во время экспонирования в камере-обскуре (прообраз фотоаппарата) под влиянием света йодид частично превращался в металлическое мелкодисперсное серебро, дававшее изображение предмета. Чтобы усилить изображение, пластинку подвергали обработке парами ртути, которая в местах, где действовал свет, образовывала амальгаму серебра. Такая амальгама отражала свет не так, как полированная поверхность серебра, и, рассматривая дагерротип под определенным углом, можно было видеть темное позитивное изображение на полированном серебре.

Дагерротипия, созданная в 1839 г., постепенно совершенствовалась. Стали использовать открытую в 1841 г. способность паров брома повышать светочувствительность йодированных пластинок, а для фиксации изображения применять предложенный Дж.Гершелем тиосульфат натрия. Этот реагент позволял удалять с пластины галогенид серебра, не подвергшийся действию света: тиосульфат образовывал с катионами Ag^+ устойчивые, хорошо растворимые комплексы, в результате изображение теряло светочувствительность, и его можно было рассматривать при дневном свете.

Десятилетие 1840—1850 гг. считают звездным для дагерротипии, благодаря ей мы можем, например, увидеть не живописные, а документально точные

портреты писателей (Н.В.Гоголя, А.И.Герцена, И.С.Тургенева, Ф.И.Тютчева), декабристов (С.П.Трубецкого, С.Г.Волконского, Н.М.Муравьева) и многих других.

Технология изготовления дагерротипов не позволяла их тиражировать так, как это делают в современном фотографическом процессе, следовательно, каждый экземпляр уникален.

Полуторавековые наслоения

На дошедших до нас дагерротипах минувшие годы оставили неизбежный отпечаток — некоторые изображения стали почти неразличимыми. Поскольку они очень легко повреждались механически, буквально прикосновением пальца, изготовленные снимки иногда покрывали лаком, чтобы защитить от случайного стирания. Лаковые слои, заботливо нанесенные на снимки нашими предшественниками, создали первое препятствие, которое предстояло преодолеть при разработке способа реставрации.

Большинство дагерротипов почти 100 лет хранились в домах, где вечернее освещение вначале было свечным, а позже газовым, и не удивительно, что на снимках возникал и постепенно увеличивался слой копоти. Электрическое освещение повсеместно начали применять лишь в 30-х годах 20-го столетия, но и в таких условиях разнообразные воздействия были неизбежны (в индустриальных городах это выхлопы автомобилей, отходящие газы котельных и др.), но прежде всего оказывала влияние атмосфера жилища.

Само изображение, сформированное из мелкодисперсных зерен амальгамированного серебра, имело сильно развитую поверхность, из-за чего было особенно чувствительно к агрессивному воздействию окружающей среды. Образующиеся оксиды и сульфиды, так называ-

емая чернь (которая, согласно сложившимся эстетическим взглядам, придает своеобразное благородство ювелирным изделиям из серебра), резко снижали четкость и контрастность матрицы изображения. Предотвратить подобное не удавалось даже органическими покрытиями и наслоениями.

Восстановлением «угасших» дагерротипов исследователи заинтересовались в середине прошлого столетия. Были испробованы разные методы удаления органических наслоений с помощью растворителей, причем в процессе многочисленных разрозненных и несогласованных поисков ни одно из соединений, находящихся на поверхности дагерротипов, достоверно не было идентифицировано. Кроме того, оставалось неясным, что за химические процессы старения там протекают. Таким образом, проблема сохранения и очищенных экспонатов также оставалась неразработанной. Все это привело некоторых исследователей к решению отказаться от реставрации дагерротипов или даже запретить ее.

Анализ без отбора пробы

Реставрация дагерротипов — комплексная задача, требующая поэтапного решения. Вначале необходимо удалить органические наслоения и лаковое покрытие, а затем — оксиды и сульфиды, не повредив качество существующего снимка и сделав эффект реставрации устойчивым в течение длительного времени.

Основным методом контроля на каждом этапе реставрации нам служила инфракрасная (ИК) спектроскопия, аналитический метод, не повреждающий поверхность изделия. Традиционно ИК-спектроскопию применяют для исследования объектов в проходящем свете, а основную информацию получают, анализируя тот диапазон



С.Г.Волконский и М.Н.Волконская на поселении в с.Урик.

М.П.Волконская. Репродукция с портрета работы К.П.Брюллова.



В.П.Ширинский-Шихматов.

А.И.Герцен.

И.С.Тургенев.

Некоторые дагерротипы из собрания Государственного исторического музея.

частот, где происходит поглощение ИК-лучей.

Для нас такой способ был неприемлем, поскольку слой металлического серебра, на котором находится само изображение, непрозрачен для ИК-излучения. И мы решили использовать методику зеркального отражения: луч проходит через слой органических продуктов,

пленку коррозии, отражается от поверхности серебра и попадает в детектор спектрографа.

Чтобы часть энергии, отраженной металлом, была заметно больше, чем поглощенной, луч необходимо направить под очень малым углом к поверхности. Добиться этого оказалось не совсем просто. Так как исследуемый слой необычайно

тонок (несколько микрометров), полосы поглощения в отраженном луче имеют крайне низкую интенсивность. Кроме того, ИК-луч частично рассеивается поверхностью органических наслоений, и в результате его интенсивность при прохождении в глубь материала заметно снижается, что приводит к дополнительному ослабле-

нию сигнала. В итоге интенсивность получаемых спектральных полос находится буквально на уровне шума.

Современная спектральная техника позволяет преодолеть эти трудности с помощью спектрометра, использующего метод Фурье, благодаря чему за несколько секунд удается «снять» сотни спектров одного образца (в нашем случае их количество превышало тысячу). В таком спектральном анализе суммируются как основные сигналы, так и шумовые, но если первые усиливаются в n раз (где n — количество суммируемых спектров), то вторые — всего в \sqrt{n} раз (в соответствии с правилами математической статистики). В конечном счете интенсивность спектральных полос заметно увеличивается и результаты поддаются расшифровке.

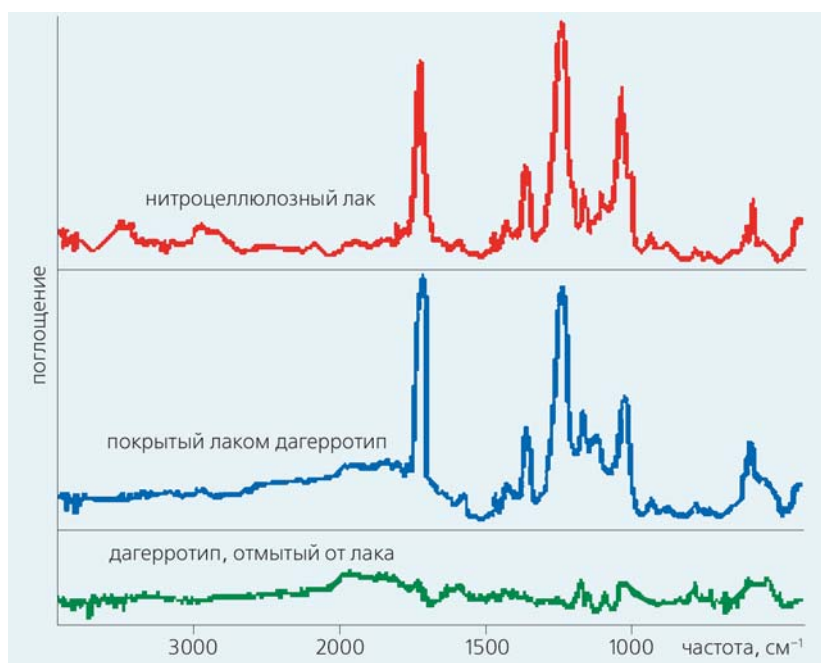
Природа загрязнений

Можно было предположить, исходя из состава загрязнений городского воздуха, что органические наслоения представляли собой смесь циклических и линейных насыщенных и ненасыщенных углеводородов, содержащих группировки $-C-O-C-$ и $-C-OH$. Но мы ничего не знали о природе покровных лаков. Впрочем, круг «подозреваемых» соединений был невелик, поскольку во времена дагерротипии использовался весьма ограниченный набор лаков. В основном применяли растворы нитроцеллюлозы в органических растворителях (в коллодии) и растворы некоторых природных смол. Поэтому мы «сняли» ИК-спектры эталонного образца эфира целлюлозы, а потом и покрытия на дагерротипе. Сравнив их, убедились, что чаще всего применялся именно такой лак. Теперь, зная его состав, можно было подобрать растворители, чтобы наиболее полно удалить покрытие.

По результатам подобного анализа выяснилось, что в неко-



Схема ИК-спектроскопии зеркального отражения.



ИК-спектры нитроцеллюлозного лака, покрытого им дагерротипа и того же образца, отмытого от лака.

торых случаях использовались растворы шеллака — воскоподобного вещества, выделяемого тропическими насекомыми из семейства лаковых червцов. Спектральным методом в дальнейшем мы контролировали степень удаления загрязнений и лаковых покрытий, иными

словами, оценивали результативность выбранного способа очистки.

Самым эффективным оказалось поочередное применение водных растворов детергентов (моющих средств) и смесей органических растворителей (спирт—ацетон).

«Химчистка» снимков

Помимо устранения органических наслоений предстояло найти способ удаления продуктов коррозии серебра (оксидов и сульфидов), состав которых был также установлен спектрально. В эксперименте лучше всего работала система «тиомочевина—фосфорная кислота». Подобный реактив применяли и ранее для той же цели, но его воздействие через некоторое время приводило к необратимым изменениям на поверхности снимков (именно такой результат привел к упомянутому уже решению отказаться от реставрации дагерротипов). Чтобы добиться удаления химически преобразованных продуктов коррозии, мы опробовали разные высококипящие комплексообразующие растворители. Лучшие результаты дал диметилформамид (ДМФА). Тем не менее, после обработки, как показал анализ, на поверхности все

же остались незначительные количества органических продуктов и неорганических веществ. Нельзя ли пренебречь этой малостью? Как выяснилось, ни в коем случае.

Собственный опыт по восстановлению дагерротипов в сочетании с некоторыми современными положениями химической науки привел нас к следующему выводу: воздействие атмосферных примесей резко усиливается в присутствии, как говорят химики, следовых (т.е. очень малых) количеств органических и неорганических веществ. Именно они катализируют процесс старения — реакции, которые приводят к образованию оксидов и сульфидов серебра и протекают в стыках монокристаллов металла на его поверхности. В соответствии с общими законами катализа, при удалении этих каталитических соединений чувствительность поверхности к химическим воздействиям снижается в тысячи раз.

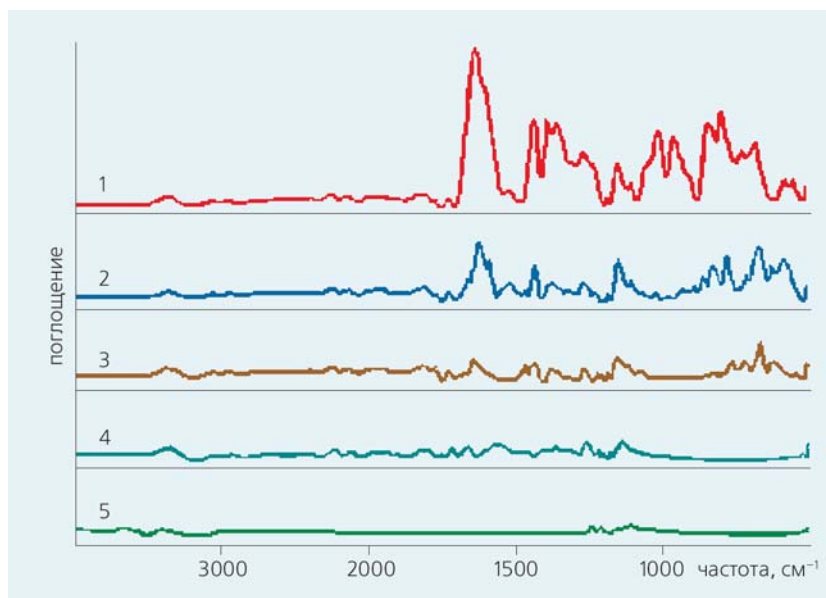
Значит, нужно было «законсервировать» очищенные диметилформамидом дагерротипы, т.е. предотвратить катализ старения, разрушив «следы» оставшихся на поверхности изделий агрессивных веществ до более простых и легко удаляемых. И мы использовали перекись водорода. Подобный подход для очистки поверхности серебряных изделий никогда ранее не применялся и даже не предлагался. На первый взгляд он кажется нелогичным: ведь на предыдущих этапах мы удаляли продукты окисления, а здесь действовали сильным окислителем. Однако для серебра такая обработка не только полезна, но и безопасна, так как оно неспособно столь простым путем быстро образовывать оксид.

Чтобы после удаления продуктов окисления вернуть поверхности восстановленное состояние, мы обрабатывали ее водным раствором боргидрида натрия NaBH_4 .

Остается сказать, что эксперименты проводились на специально изготовленных серебряных пластинах. Их подвергали загрязняющему воздействию разнообразных природных веществ растительного и животного происхождения, а также действию соединений, активных в отношении металлического серебра, и затем очищали по разработанной методике. Все стадии контролировали ИК-спектроскопией. И лишь убедившись в эффективности разработанного метода, перешли к оригинальным дагерротипам.

Мы реставрировали больше 30 экспонатов из портретной галереи Государственного исторического музея, а также несколько экземпляров из частных коллекций.

Поскольку «сражение» идет с таким мощным противником, как беспощадное время, восстановленные дагерротипы будут находиться под спектральным контролем в течение нескольких лет. Теперь, когда основные закономерности их «увядания»



ИК-спектры дагерротипов при их поэтапной обработке разными реагентами. С исходного дагерротипа (1) сначала снимали органические наслоения детергентами и органическими растворителями (2), затем удаляли продукты коррозии серебра, действуя тиомочевинной, фосфорной кислотой и диметилформамидом (3). Чтобы очищенный таким способом дагерротип «законсервировать», обрабатывали перекисью водорода его поверхность (4), а потом ее восстанавливали с помощью боргидрида (5).



Портрет офицера (1856–1857 г.г.)



Портрет гимназиста (1850-е годы)



Исходные и восстановленные дагерротипы (датировка примерная).

понятны, можно полагать, что при необходимости мы вновь сумеем деликатно вмешаться и предотвратить новые неприятности.

Извечное желание украсить

Современному человеку, взявшему в руки старинный дагерротип или фотографию, никогда не придет в голову мысль что-то дорисовать или раскрасить. Ведь это исторический документ, и потому вполне естест-

венно желание сохранить его в первозданном виде.

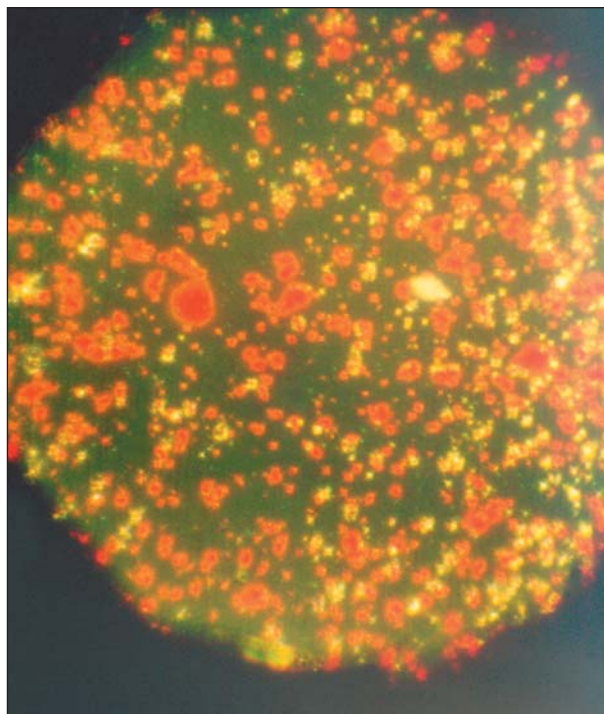
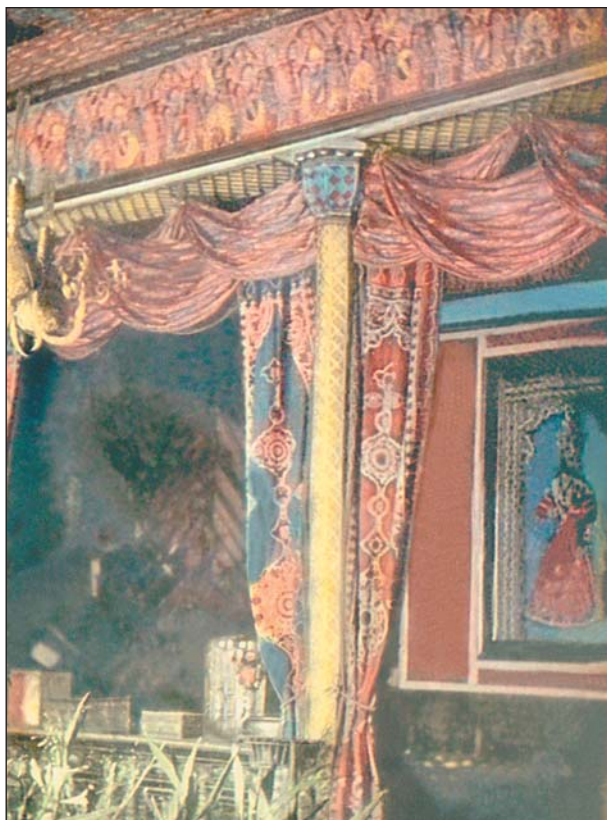
Совсем иначе относились к снимкам их создатели или портретируемые. Вскоре после возникновения дагерротипии некоторым стало казаться, что черно-белый вариант весьма уныло отражает окружающий многоцветный мир. До появления цветной фотографии оставалось еще несколько десятилетий, но, как известно, во все времена мы не могли отказать себе в удовольствии что-либо украсить. В результате возникла совершенно удивительная технология

раскраски дагерротипов, требующая ювелирного мастерства.

Поскольку любые прикосновения могли повредить изображение, для раскраски применяли бесконтактный метод. Только что полученный снимок помещали в кювету с водой, выжидали, пока исчезнут малейшие колебания и произойдет выравнивание температуры. Затем мелкодисперсный пигмент, смешанный с водой, наносили на тонкую палочку и прикасались ею к поверхности воды в том месте, где находился раскрашиваемый участок. Частицы красителя опускались вниз, попадали на поверхность свежевосстановленного серебра и связывались с ней за счет адсорбции. Всю процедуру выполняли в плотно закрытом помещении, а мастер, проводивший раскрашивание, передвигался весьма осторожно, чтобы не вызвать нежелательного колебания воздуха, а вслед — и поверхности воды.

До наших дней дошло совсем немного «цветных» дагерротипов, однако они также нуждаются в реставрации. Конечно же, методы диагностики и процедура восстановления не могут быть такими, как для черно-белых дагерротипов. Пока нам удалось осуществить первый этап — выяснить химическую природу некоторых пигментов с помощью спектрального метода комбинационного рассеяния (КР). Он так же, как ИК-спектроскопия, не требует отбора аналитической пробы и, следовательно, не повреждает поверхность образца. А кроме того, обладает высокой чувствительностью и в сочетании с микроскопом позволяет получать спектры очень небольших участков поверхности.

Судя по результатам анализа раскрашенных дагерротипов, в большинстве случаев синий краситель представляет собой берлинскую лазурь $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$, желтый — свинцовый крон $\text{PbCrO}_4 \cdot \text{PbO}$, а красный — органическое соединение из группы ализариновых красителей. Полагаем, что, зная природу пиг-



«Цветной» дагерротип из коллекции музея-усадьбы Архангельское и фрагмент раскрашенного участка под микроскопом.

ментов, в дальнейшем можно будет разработать методы их закрепления.

Сегодня же никакие химические операции с такими дагерротипами абсолютно не практикуются. Главная причина в том, что красители начинают заметно уходить с поверхности снимка уже при кратковременном воздействии любых современных растворителей, используемых в реставрационном процессе. Так что восстановление цветных изображений — дело будущего. Правда, полностью раскрашенные дагерротипы все-таки большая редкость (их меньше 10%). В то же время примерно на каждом пятом снимке можно обнаружить признаки раскрашивания каких-либо деталей. В бледно-фиолетовый или бледно-голубой цвет красили большие женские кружевные

воротники; регулярно старались придать розовый оттенок щекам на женских портретах; яркими красной или бронзовой красками часто покрывали пуговицы, эпoletы и воротники военных мундиров, кокарды и околыши фуражек.

Если на женские воротники и лица пигменты наносили самым деликатным образом, то с обмундированием особенно не церемонились, а очень грубо покрывали его детали толстым слоем красителя. Сегодня почти в каждом таком месте серебряный слой насквозь корродирован за счет химических и электрохимических процессов, протекавших в течение 150 лет хранения дагерротипов. Хороших предложений, что делать со сквозной коррозией, пока нет.

Большинство исследованных нами дагерротипов принадле-

жат Государственному историческому музею. В его портретной галерее есть изображения членов Императорского дома, государственных и общественных деятелей, декабристов, представителей науки и культуры. Среди них: писатель И.С.Тургенев, поэт Н.Ф.Щербина, лидер славянофилов А.С.Хомяков, историки Н.Т.Грановский и И.Е.Забелин, математик П.Л.Чебышев, певица П.Виардо, Великая княгиня Мария Николаевна и другие. Надеемся, наши далекие потомки смогут взглянуть в уникальные снимки с волнением и интересом, как это делаем сегодня мы. ■

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проекты 97-06-80178 и 01-06-80064.

Почва, микробы и азот в биосфере

Г.В.Добровольский, М.М.Умаров

Согласно современным данным, главную роль в поддержании стабильности биосферы играют экосистемы суши, которые занимают менее 29% поверхности Земли, но существенно превосходят экосистемы океана по продуктивности и биоразнообразию [1]. Причина таких различий — уникальность свойств важнейшего компонента наземных экосистем — почв, которые обладают высокой поглотительной способностью, позволяющей им удерживать практически все химические элементы и осуществлять их внутрипочвенный круговорот. В частности, большое влияние на динамическое равновесие азота в системе почва—атмосфера оказывают почвенные микроорганизмы [2].

Величайший парадокс жизни в том, что все без исключения организмы на Земле, постоянно нуждаясь в доступных соединениях азота и не имея способов его запасать, находятся в океане молекулярного азота, который не просто окружает их, а буквально пропитывает. Лишь бактерии-азотфиксаторы способны обеспечивать не только себя и всю биосферу «биологическим азотом» (аммонием, аминокислотами, аминами, аминами, аминами,



Глеб Всеволодович Добровольский, академик, директор Института почвоведения Московского государственного университета им.М.В.Ломоносова и РАН, председатель Научного совета РАН по почвоведению, президент Докучаевского общества почвоведов. Научные интересы сосредоточены в области генезиса, географии и охраны почв. Автор многих работ и учебников по этим разделам почвоведения. Член редколлегии журнала «Природа».



Марат Мутагарович Умаров, доктор биологических наук, профессор кафедры биологии почв факультета почвоведения Московского государственного университета им.М.В.Ломоносова. Область научных интересов — микробная трансформация азота почв. Автор более 300 научных работ.

белками и пр.), но и откладывать его впрок — превращать в органическое вещество почвы, гумус.

По своему масштабу и значимости для живой природы фиксацию и ассимиляцию азота можно сравнить только с другим глобальным процессом — фотосинтезом.

Микробная азотфиксация

Основной источник доступного для всех живых существ азота в биосфере во все периоды ее развития — азотфиксация (восстановление молекулярного азота N_2 до аммиака с помощью фермента нитрогеназы в клет-



Участок Центрального лесного государственного заповедника. В таких почвах активность микробной азотфиксации достаточно высокая.

Фото С.Я.Трофимова

ках азотфиксирующих, дiazотрофных бактерий), хотя на долю «биологического азота» приходится лишь ничтожная часть (около 0.0007%) от общих запасов на Земле. В природе молекулярный азот может связываться и в небиологических высокотемпературных процессах — при электрических разрядах в атмосфере, извержениях вулканов, пожарах и пр., однако вклад их в масштабах планеты не превышает 10% от микробной азотфиксации. Этот процесс сохраняет доминирующее положение и в настоящее время, причем не только в естественных биоценозах, но и в агроценозах: в урожае культурных растений «биологический азот» в среднем составляет 2/3, а азот минеральных удобрений («технический азот») — только 1/3 [3].

Азот как биофильный элемент не лимитирует продуктивность природных экосистем, поскольку все звенья его биогеохимического цикла сбалансированы. Напротив, в агроэкосистемах азот — главный фактор, ограничивающий урожай большинства культурных растений. Ведь в пахотных почвах круговорот азота

не только нарушен, но и нередко разорван из-за частых обработок и непрерывного плодосмена, которые разрушают почвенные микробные ценозы, ответственные за азотфиксацию. Вместе с регулярным выносом азота с урожаем все это обуславливает его дефицит в почвах агроэкосистем и вызывает необходимость в азотных туках.

Напомним, что интенсивное применение минеральных азотных удобрений (в 10-кратном объеме) и внедрение сортов растений, использующих высокие дозы азота, обеспечило в 50—60-е годы XX в. успех «зеленой революции», которая, однако, полностью не решила продовольственную проблему. В современном обществе такие технологии обеспечивают нормальное питание около 1/3 населения индустриально-развитых стран, а 2/3 его в развивающихся государствах испытывают хроническую нехватку белков (азота) в своем рационе.

Массированное применение азотных удобрений в развитых странах вызвало минерализацию органического вещества почв (дегумификацию) и, как

следствие, эвтрофикацию водоемов, поступление нитратов в грунтовые воды, усиленный выброс парниковых микрогазов (CO_2 , N_2O), а в итоге — дисбаланс глобального азотного цикла и ухудшение качества природной среды.

Известно, что синтез, транспортировка, хранение и внесение азотных удобрений требуют значительных энергозатрат. Сейчас, при их ежегодном производстве в 70 млн т, расходуется примерно 35% от суммарного энергопотребления в сельском хозяйстве. Согласно расчетам, повышение урожаев в два раза (с 20 ц/га до 40 ц/га), необходимое для ликвидации дефицита продовольствия, увеличит энергетические затраты в 10 раз. Неизбежный при этом рост цен на энергоносители повысит стоимость азотных удобрений, высокая цена которых и сегодня — главная причина их ограниченного применения в развивающихся странах.

Микробы восстанавливают азот в основном за счет энергии Солнца, а продуцируемый ими биологический азот принципиально не может загрязнять природную среду. Для большинства азотфиксирующих систем характерно тесное сопряжение азотфиксации и фотосинтеза, благодаря чему весь фиксированный азот немедленно используется для биосинтеза азотсодержащих соединений.

Поэтому не случайно, что в системе устойчивого земледелия необходимо, с одной стороны, ограниченное использование азотных удобрений и, с другой, — увеличение экологически чистого и недорогого «биологического азота», который связывается с органическим веществом почвы, улучшая ее качество, резко снижает вымывание и потерю азота в виде газов.

Все это говорит о том, что роль «биологического азота» в земледелии и растениеводстве в XXI в. неуклонно возрастает. С середины 70-х годов XX в. проблема «биологического азо-

та» приобрела статус приоритетной в науке, а мировое научное сообщество стало активно изучать ее особенности.

Долгое время считали, что азотфиксация присуща только узкому кругу микроорганизмов (*Azotobacter*, *Clostridium*, *Rhizobium*). Однако в последние годы такая способность обнаружена у представителей всех физиологических и таксономических групп прокариот — эубактерий и архей, хемолитотрофов, фототрофов и гетеротрофов, аэробов, микроаэрофилов и анаэробов, трихомных, почкующихся и мицелиальных, грамположительных и граммотрицательных [4]. Примечательно, что в мире бактерий нет другого физиологического свойства, столь широко распространенного.

Из числа азотфиксаторов были окончательно исключены эвкарियोты — грибы, водоросли, растения и животные, а азотфиксация включена в перечень принципиальных различий, отделяющих прокариот от мира эвкарियोт. Не умея фиксировать атмосферный азот, эвкарियोты образуют с бактериями-дiazотрофами сообщества (табл.1). Такие системы весьма разнообразны по составу входящих в них организмов, но обладают одним общим свойством — тесным сопряжением биогеохимических циклов азота и углерода, которое достигается интеграцией азотного и углеродного метаболизма бактерий и растений.

Наивысшая продуктивность азотфиксации — в бобово-ризобияльных системах, которые обеспечивают 25–35% мирового производства пищевого и кормового белка. На площади около 250 млн га пашни они фиксируют около 90 Тг N₂ в год (1 Тг = 10¹² г), а для производства эквивалентного количества азотных удобрений необходимо затратить 288 Тг топлива стоимостью 30 млрд долл. [5]. Примерно такой же продуктивностью обладают широко распространенные в лесной зоне азотфиксирующие симбиозы мно-

Таблица 1

Азотфиксирующие симбиозы растений и бактерий

Растения	Бактерии	Фиксация N ₂ (кг/га/сезон)
<i>Leguminosae</i>	<i>Rhizobium</i> , <i>Azorhizobium</i> , <i>Bradyrhizobium</i> , <i>Mesorhizobium</i> , <i>Sinorhizobium</i>	350
<i>Ulmaceae</i>	<i>Bradyrhizobium</i>	70
<i>Betulaceae</i>	<i>Frankia</i>	300
<i>Casuarinaceae</i>	<i>Frankia</i>	50
<i>Coriariaceae</i>	<i>Frankia</i>	нет данных
<i>Daiisacaeae</i>	<i>Frankia</i>	-//-
<i>Elaeagnaceae</i>	<i>Frankia</i>	-//-
<i>Myricaceae</i>	<i>Frankia</i>	-//-
<i>Rhamnaceae</i>	<i>Frankia</i>	-//-
<i>Rosaceae</i>	<i>Frankia</i>	-//-
<i>Azolla</i>	<i>Anabaena</i>	120
<i>Ceratizamia</i>	<i>Nostoc</i>	60

гих небобовых растений (лоха, облепихи, малины, ольхи и др.) с актиномицетами рода *Frankia*, хотя их значение в азотном балансе биосферы еще предстоит оценить.

В тропиках и субтропиках важную роль играют симбиозы цианобактерий с водными растениями (чаще всего встречается симбиоз водного папоротника *Azolla* с азотфиксирующей цианобактерией *Anabaena*). Такие системы уже давно используются для улучшения азотного питания сельскохозяйственных растений и при откорме домашней птицы и животных.

Несмотря на высокую эффективность азотфиксации в симбиозах, в масштабах биосферы ее вклад сравнительно невелик, что обусловлено ограниченностью распространения. Даже в агроэкосистемах доля бобовых культур не превышает 10% от общей площади посевов, а в природных фитоценозах они присутствуют лишь на первых этапах растительных сукцессий.

В природе азот в основном связывается в ходе так называемой ассоциативной азотфиксации, при взаимодействии бактерий и растений, не образующих специализированных органов (клубеньков) на корнях и стеблях. Согласно многочисленным оценкам, такая азотфиксация широко распространена на пла-

нете и играет ведущую роль в поддержании азотного баланса биосферы: в зонах умеренного климата в почвы ежегодно поступает не менее 30–50 кг N₂/га, а в тропической зоне — 100 кг/га [6].

В мире животных азотфиксацию впервые обнаружили у насекомых — термитов, тараканов, тлей и саранчовых, которые питаются в основном целлюлозой, пектином и другими бедными азотом растительными полимерами. Эти соединения расщепляются бактериями-целлюлозолизаторами в желудочно-кишечном тракте животных до мономеров, а затем утилизируются живущими в их сообществе бактериями-дiazотрофами. У термитов на долю «биологического азота» приходится до 60% от общего содержания N в их телах [7].

В последнее время микробная азотфиксация выявлена и у позвоночных животных, причем наиболее активна она у так называемых «зеленоядных» млекопитающих (полевков, песчанок и пр.), использующих главным образом бедные азотом зеленые части растений [8]. Полученные результаты позволяют считать, что для мелких млекопитающих-фитофагов микробная азотфиксация может иметь важное физиологическое значение. Весьма вероятно, что в дальнейшем будут найдены

новые экологические ниши с высоким уровнем микробной азотфиксации.

Данные о столь больших величинах микробной азотфиксации в природе представляются еще более поразительными, если учесть, что общее количество нитрогеназы в биосфере оценивается в несколько килограммов [5]. Сегодня известны четыре типа бактериальных нитрогеназ, взаимодополняющих друг друга в биосфере: классическая, молибден-зависимая и три альтернативных — ванадий-, железо- и супероксид-зависимые [4]. Такое дублирование позволяет всем организмам избежать дефицита доступного азота при недостатке молибдена в почве. Известно, что этот сравнительно редкий элемент в земной коре (около 1 г/т) распределен неравномерно и его недостаток в некоторых биогеохимических провинциях мог бы блокировать не только азотфиксацию, но и другие звенья азотного цикла. В агрохимической практике недостаток молибдена восполняют молибденовыми микроудобрениями, дающими особенно большой эффект при выращивании бобовых растений.

Микробная нитрификация

Еще одно важное звено в общем круговороте биосферного азота — окисление ионов аммония в нитрит и далее в нитрат, т.е. нитрификация. В природе она осуществляется двумя принципиально разными группами микроорганизмов. В первую входят таксономически и физиологически однородные субстрат-специализированные аэробные хемолитоавтотрофные бактерии (автотрофная нитрификация). Во вторую — таксономически и физиологически разнообразные гетеротрофные бактерии и микроскопические грибы (гетеротрофная нитрификация).

Автотрофные нитрифицирующие бактерии встречаются

в почвах, в пресных и соленых водоемах, в месторождениях ряда полезных ископаемых, на горных породах, на каменных и железобетонных сооружениях. Они объединены в одно семейство *Nitroacteriaceae*, включающее девять родов. Представители пяти из них окисляют аммоний до нитритов (первая фаза нитрификации), а бактерии остальных четырех родов переводят нитриты в нитраты (вторая фаза процесса). Принципиально важно, что благодаря окислению аммония и нитрита все бактерии получают энергию для своей жизнедеятельности.

Главная физиологическая особенность автотрофных нитрификаторов — высокая требовательность к условиям среды: температура 25–30°, pH=7.5–8.0, обязательное присутствие молекулярного кислорода и практически полное отсутствие органических веществ. Соответственно, их развитие подавляется при низких температурах, в кислых и щелочных почвах и водоемах, в затопленных и переувлажненных почвах, в гумусированных почвах и эвтрофицированных водоемах.

В природе широко распространены гетеротрофные нитрификаторы, бактерии из родов *Alcaligenes*, *Arthrobacter*, *Bacillus*, *Corynebacterium*, *Nocardia*, *Pseudomonas*, *Streptomyces* и многих других. Эта способность обнаружена и у разнообразных микроскопических грибов — *Alternaria*, *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Gliocladium*, *Myrothecium*, *Penicillium*, *Trichoderma* и пр. [9]. Гетеротрофные бактерии, в отличие от автотрофных, не получают энергию за счет окисления, а окисляют ионы аммония или нитрита «попутно», вместе с органическими веществами. Конечными продуктами такого соокисления служат помимо нитритов и нитратов различные азотсодержащие соединения — гидроксилмин, гидроксамовые кислоты, оксимы, нитро- и нитрозосое-

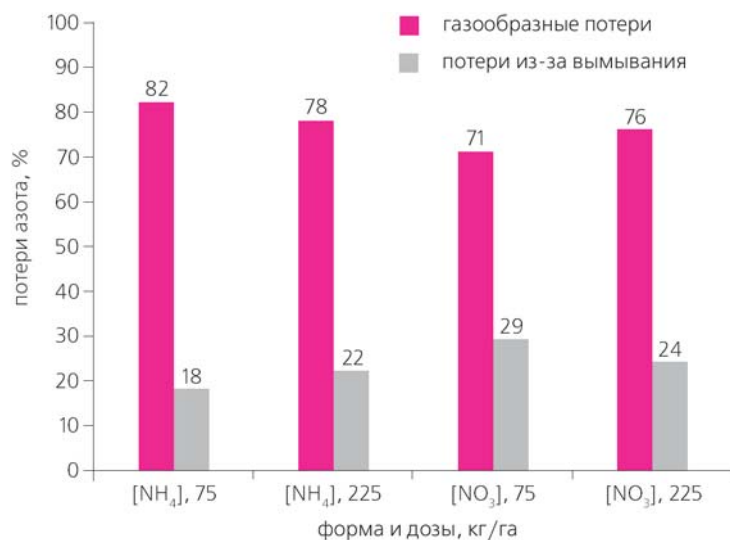
динения. Многие из них обладают высокой биологической активностью, включая фитотоксичность, канцерогенность, тератогенность и пр.

Биологический смысл гетеротрофной нитрификации связывают с действием так называемого перекисного механизма, в результате которого образуются активные формы кислорода (H_2O_2 , O_2^- и OH^-), окисляющие соединения азота.

Хотя активность гетеротрофных нитрификаторов по образованию нитратов (при расчете на единицу биомассы) в 10–1000 раз ниже, чем автотрофных нитрификаторов, численность их в природе существенно выше. Кроме того, в отличие от автотрофов, они не столь требовательны к условиям среды, и поэтому их суммарная деятельность может быть значимой в масштабах биосферы.

Долгое время считалось, что ведущая роль в глобальном процессе нитрификации в биосфере принадлежит автотрофным нитрификаторам, а деятельность гетеротрофов как источника окисленного азота даже не рассматривалась. В последние годы благодаря новым методам изучения нитрификации, в частности ингибиторному анализу, эти взгляды постепенно пересматриваются. С помощью специфических ингибиторов автотрофной нитрификации (нитрапирина N-serve, аминотриазола и др.) впервые смогли количественно оценить участие гетеротрофных микроорганизмов в биогеохимическом цикле биосферного азота. Оказалось, что их активность значительно выше в почвах естественных экосистем (по сравнению с агроэкосистемами аналогичного зонального типа) и постепенно уменьшается в ненарушенных почвах под хвойными мелколиственными и широколиственными лесами, целинной степной растительностью, в почвах под степной залежью и пахотных [9].

В дерново-подзолистых почвах гетеротрофы обеспечивают



Потери ¹⁵N из азотных удобрений за вегетационный период. Увеличение газообразных потерь при использовании солей аммония и нитратов обусловлено тем, что один из конечных продуктов нитрификации (как автотрофной, так и гетеротрофной) — закись азота (N₂O). Данные получены методом изотопного (¹⁵N) разбавления при выращивании ячменя на серой лесной почве за счет вымывания в грунтовые воды и улетучивания в атмосферу.

до 95% от суммарной величины нитрификации, а в серых лесных почвах — 30–40%. В пахотных почвах этих типов их доля в нитрификации снижается до 1–16% и, соответственно, возрастает роль автотрофных нитрификаторов, что обусловлено улучшением условий их жизнедеятельности — усилением аэрации, снижением содержания органического вещества, поддержанием нейтральной реакции.

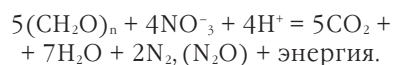
В биосфере нитраты образуются и без участия нитрифицирующих микроорганизмов. В ряде почв их рост зависит от деятельности микроорганизмов, восстанавливающих NO₃⁻ до NO₂⁻. Согласно современным данным, такая способность широко распространена среди микроорганизмов [10]. Некоторые из них даже восстанавливают NO₃⁻ до NH₄⁺, который также может использоваться нитрификаторами.

Широко распространено мнение, что нитраты, как весьма растворимые соединения, легко вымываются из почвы и уносятся

ся водой, в результате чего значительное количество связанного азота переносится в океан. Однако в последнее время это представление меняется.

Микробная денитрификация

Последнее звено биогеохимического цикла азота, в котором связанный азот вновь превращается в атмосферный N₂, — денитрификация. Она протекает при разложении органического вещества почвы или воды в условиях недостатка атмосферного кислорода, когда многие микроорганизмы переходят к анаэробному дыханию — окислению органического вещества за счет нитратов, которые восстанавливаются (гетеротрофная денитрификация):



Денитрификация, как и азотфиксация, свойственна представителям практически всех фи-

зиологических и таксономических групп бактерий. Более того, эти процессы могут осуществляться одними и теми же организмами, например, бактериями р.р. *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Agrobacterium*, *Bacillus*, *Klebsiella*, *Flavobacterium*, *Pseudomonas*, *Rhizobium*, *Thiobacillus*, *Vibrio*, *Xanthomonas*.

Помимо микробной денитрификации в природе в ограниченных масштабах возможна химическая денитрификация, например, в подземных водах. Некоторые микроорганизмы получают энергию, используя нитраты для окисления неорганических соединений: сульфидов и закисного железа (автотрофная денитрификация). Она возможна там, где нитраты поступают в зоны, богатые сульфидными железами, например, в осадках сточных вод. Однако в биосфере масштабы автотрофной денитрификации несоизмеримо малы по сравнению с гетеротрофной.

Известно, что нитраты восстанавливаются поэтапно, каждый из них контролируется ферментами, содержащими в активном центре молибден:



Лишь последний этап — восстановление N₂O до N₂ — регулируется редуктазой закиси азота, рустицианином, в активном центре которой присутствует четыре атома меди. Этот фермент имеет однотипное строение у самых разных видов бактерий-денитрификаторов. Его ингибиторы (азид, тиоцианат, цианид и ацетилен) используются при определении активности денитрификации в почве.

Как стало ясно в последние годы, при микробной денитрификации помимо молекулярного азота (N₂) в большом количестве образуется закись азота (N₂O), которая нередко служит конечным продуктом процесса. N₂O участвует в «парниковом эффекте», влияющем на тепловой баланс планеты. Кроме того, она может взаимодействовать

с озоном (O₃) в верхних слоях тропосферы Земли, что служит одной из причин деградации озонового «экрана» планеты, защищающего живые объекты от жесткого ультрафиолетового излучения Солнца.

Анализ имеющихся в литературе данных о денитрификации, завершающейся на стадии образования N₂O, показывает, что она обычно протекает при низких температурах, низком pH, в обесструктуренных, засоленных, загрязненных тяжелыми металлами и пестицидами почвах и пр. Вероятно, денитрификация заканчивается на стадии образования закиси азота вследствие повышенной чувствительности рустицианина, который при изменении условий среды ингибируется первым.

Глобальные источники и стоки закиси азота

По составу газовых пузырьков в льдах Гренландии и Антарктиды, примерно до 1700 г. концентрация N₂O в воздухе составляла 285 ppb [11], что принято считать фоновым содержанием закиси азота в атмосфере Земли. К 1990 г., согласно данным Международной программы изучения изменений климата (IPCC), концентрация N₂O достигла 310 ppb, т.е. возросла почти на 50% от исходной и, видимо, продолжает увеличиваться. Установлено, что время жизни N₂O в атмосфере колеблется от 110 до 168 лет (в среднем около 130 лет), а всего в атмосфере содержится примерно 1500 Tg N—N₂O, причем ежегодно в атмосферу поступает 130 Tg N₂O (табл.2), что нередко относят на счет вносимых на поля минеральных азотных удобрений.

Сравнивая эту величину с количеством используемых удобрений (около 70 Tg/г), можно заключить, что роль их в суммарном поступлении N₂O в атмосферу невелика — даже при допущении, что весь внесенный на поля азот превратится в N₂O.

Таблица 2

Глобальные источники и стоки атмосферной закиси азота

Источники	Tg/год
Природные	
Океаны	1.4–2.6
Почвы:	
тропических лесов	2.2–3.7
сухих саванн	0.5–2.0
лесов зоны умеренного климата	0.05–2.0
Всего:	4.15–10.3
Антропогенные	
Распашка почв	0.03–3.0
Сжигание биомассы	0.2–1.0
Работа ТЭС	0.1–0.3
Работа ДВС	0.2–0.6
Производство пластмасс	0.4–0.6
Производство азотной кислоты	0.1–0.3
Всего:	1.08–5.8
Итого:	5.18–16.1
Сток	
Фотолиз в стратосфере («стратосферный сток»)	7–13
Поглощение почвой («тропосферный сток»)	?
Прирост в атмосфере	3–4.5

Как свидетельствует опыт агрохимии, минеральные удобрения ускоряют распад органического вещества почвы, и именно дегумификация служит главным источником газообразных потерь азота из пахотных почв.

Большинство исследователей едины во мнении, что главные глобальные источники закиси азота — микробные процессы в почвах, хотя ранее основная роль приписывалась сгоранию горючих веществ. Действительно, часть N₂O может образовываться при высокотемпературных процессах (работе теплоэлектростанций). Другой, относительно небольшой, источник закиси азота — двигатели внутреннего сгорания, хотя автомобили с катализаторами выделяют ее в среднем в 8–16 раз больше, чем машины без них. Некоторое количество закиси азота формируется в ходе синтеза пластмасс и азотных удобрений, но выбросы можно существенно снизить при оптимизации технологических процессов.

Примерно 90% ежегодного прироста биомассы сжигается — пожары в саваннах и лесах, сжи-

гание соломы, мусора и дров. Содержащийся в биомассе азот высвобождается главным образом в виде N₂, NH₃ и NO, но всегда образуется и небольшое количество N₂O.

В почве главный фактор, определяющий образование и эмиссию N₂O, — вода, значение которой особенно возрастает при чередовании циклов увлажнения и осушения. Соотношение N₂O/N₂ обычно убывает при увеличении содержания воды, а выделение N₂O остается относительно постоянным, пока почва не становится слишком влажной. Это препятствует выходу газов из почвы, и тогда большая часть закиси азота постепенно редуцируется до N₂.

А.Л.Степанов обстоятельно изучил особенности трансформации закиси азота в почвах основных типов: дерново-подзолистой, красноземе, сероземе и черноземе [12]. Оказалось, что из всех почв N₂O не выделяется при низкой влажности (5% от веса воздушно-сухой почвы), но по мере ее увеличения эмиссия быстро возрастает, достигая максимума в сероземе при 20%,

а в других почвах — при 30% влажности.

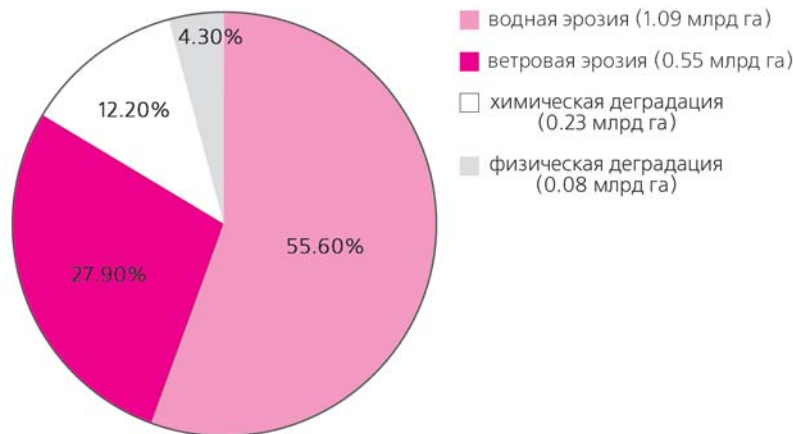
Для всех изученных почв обнаружена общая закономерность: максимум эмиссии N_2O соответствовал давлению почвенной влаги около -0.1 атм, что может быть после выпадения атмосферных осадков или полива. Дальнейший рост давления почвенной влаги до -0.01 атм сопровождался понижением эмиссии N_2O из почв в атмосферу.

Другой фактор, влияющий на образование N_2O , — кислород. Он снижает активность и замедляет синтез рустицианина, более чувствительного к O_2 по сравнению с нитрат- и нитрит-редуктазами [13].

Вследствие этого восстановление N_2O до N_2 ингибируется быстрее, чем восстановление NO_3^- до N_2O , и соотношение N_2O/N_2 быстро возрастает по мере увеличения концентрации кислорода, а закись азота становится единственным конечным продуктом денитрификации. Аэрированность почвы зависит от скорости диффузии кислорода, которая, в свою очередь, определяется гранулометрическим составом, количеством гумуса и влажностью. Кроме того, потребление кислорода почвенными микроорганизмами зависит от концентрации окисляемых субстратов.

Помимо прямого действия на образование N_2O в почвах, концентрация кислорода влияет на ее эмиссию из почв, и процесс этот зависит от ряда взаимодействующих факторов. Продукция закиси азота и ее выделение обычно максимальны, когда в почве создаются промежуточные условия и в ней присутствуют как аэробные, так и анаэробные микрзоны.

В почвах с тяжелым гранулометрическим составом образуется больше закиси азота, чем в легких почвах. Однако эмиссия не столь однозначна, поскольку N_2O может быть редуцирован до N_2 во время медленной диффузии, характерной для тяжелых почв. Эксперименты показали,



Площадь деградированных почв в мире (Добровольский, 2002).

что внутри почвенных агрегатов с минимальным диаметром 2 мм возможно образование N_2O [14]. По мере уменьшения диаметра агрегатов доля N_2 сокращалась, а доля N_2O возрастала.

Динамическое равновесие в содержании N_2O в атмосфере зависит не только от его образования, но и от расхода. Закись азота — газ, очень стабильный в атмосфере Земли, и химические реакции в стратосфере рассматриваются в настоящее время

как один из основных стоков атмосферного N_2O (стратосферный сток). Эти процессы включают реакции с участием стратосферного озона (O_3), что приводит к уменьшению его концентрации и деградации «озонового экрана» планеты.

Почва энергично поглощает N_2O (тропосферный сток) благодаря деятельности денитрификаторов и азотфиксаторов, восстанавливающих N_2O до молекулярного N_2 . Возможно, этот



Солончаковая пустыня в Приаралье, где почва деградирована.

Фото М.М.Умарова

путь имеет большое значение в глобальном масштабе, однако такие оценки пока единичны.

Итак, многие факторы антропогенного воздействия на почвы (минеральные удобрения и средства защиты растений, аккумуляция тяжелых металлов, подкисление и засоление, эрозия с разрушением почвенной структуры) снижают способность почвенных микроорганизмов к восстановлению N_2O до N_2 . Наблюдаемое в целом нарушение биогеохимического цикла азота в биосфере и увеличение атмосферной N_2O можно объяснить общей деградацией почв, скорость которой за последние 50 лет возросла в 30 раз.

* * *

Биогеохимические циклы многих биофильных элементов (фосфора, серы, железа, марганца, ряда микроэлементов) замкнуты в пределах почвенного профиля. Исключение составляет азот: в процессе нитрификации и денитрификации образуются газообразные соединения, которые благодаря микробной азотфиксации возвращаются в почву. Все звенья биогеохимического цикла этого элемента регулируют соответствующие ферментные системы, обладаю-

щие разной чувствительностью к факторам внешней среды. Такие различия сказываются на интенсивности и масштабах конкретных процессов в почве и отражаются в способности почв поддерживать биологическое разнообразие и обеспечивать биологическую продуктивность, причем не только в наземных экосистемах, но и в биосфере в целом.

Существовавшее длительное время динамическое равновесие образования и потерь азота в биосфере, которое регистрировалось главным образом по содержанию нитратов в почве и записи азота в атмосфере, примерно 50 лет назад стало меняться. Наблюдаемое сегодня увеличение содержания нитратов в почве и воде и N_2O в атмосфере обусловлено комплексом причин (объединяемых обычно под общим термином деградация почв), приводящих к ускоренной минерализации органического вещества почв. Наблюдения за динамикой органического вещества почв (они ведутся более 200 лет и в настоящее время координируются международной программой Global Change and Terrestrial Ecosystems), не оставляют сомнений в ее ускорении.

Органическое вещество почв и его важнейшая часть — почвенный гумус, накапливавшийся в течение длительного времени, отражают историю почвообразования. В то же время содержание гумуса и прочих органических соединений может быстро снижаться при изменении условий среды: при внесении минеральных и органических удобрений, при загрязнении почв в результате кислотных выпадений и поступления тяжелых металлов, многих других веществ антропогенного происхождения. Гумус сравнительно активно и быстро реагирует на осушение и орошение почв — как правило, его содержание уменьшается.

«Биологический азот», длительное время сохранявшийся в гумусе, в ходе дегумификации переходит в устойчивые соединения — закись азота и молекулярный азот, причем на соотношение между ними влияет весь комплекс факторов природной среды. Их изменение отражается и на биогеохимическом цикле азота в биосфере. Анализ трансформации азота говорит о том, что ведущая роль в этом процессе принадлежит микробам суши (почвы), главным биогеохимическим агентам в масштабах биосферы. ■

Литература

1. Добровольский Г.В. (отв. ред.) Структурно-функциональная роль почв в биосфере. М., 1999.
2. Umarov M.M. Biotic sources of nitrous oxide in the context of the global budget of nitrous oxide // *Soils and the greenhouse effect*. Chichester, 1990. P.263—268.
3. Umarov M.M. // *Eurasian Soil Sci.* 2001. V.34. Suppl.1. P.S74—S81.
4. Умаров М.М. Современное состояние и перспективы исследований микробной азотфиксации // *Перспективы развития почвенной биологии*. М., 2001. С.47—56.
5. Вэнс К. Симбиотическая азотфиксация у бобовых: сельскохозяйственные аспекты // *Молекулярная биология бактерий, взаимодействующих с растениями*. СПб., 2002. С.541—563.
6. Умаров М.М. Ассоциативная азотфиксация. М., 1986.
7. Голиченков М.В., Костина Н.В., Умаров М.М. // *Известия Академии наук. Сер. биол.* 2002. №2. С.214—218.
8. Наумова Е.И., Ушакова Н.А., Мещерский И.Г. и др. // *Известия Академии наук. Сер. биол.* 2000. №3. С.329—331.
9. Кураков А.В. Грибы в круговороте азота в почвах. Автореф. докт. дисс. М., 2003.
10. Кондратьева Е.Н. Автотрофные прокариоты. М., 1996.
11. Stauffer B., Neftel A. What have we learned from the ice cores about the atmospheric changes in the concentrations of nitrous oxide and other trace species // *The changing atmosphere* / Eds F.S.Rowland, I.S.Isaken. Chichester, 1988. P.63—77.
12. Степанов А.Л. Микробная трансформация закиси азота в почвах. Автореф. докт. дисс. МГУ, 2000.
13. Masscheleyn P.H., Delaune R.D., Patrick W.H. // *Chemosphere*. 1993. V.26. P.251—260.
14. Манучарова Н.А., Степанов А.Л., Умаров М.М. // *Почвоведение*. 2001. №10. С.1261—1267.



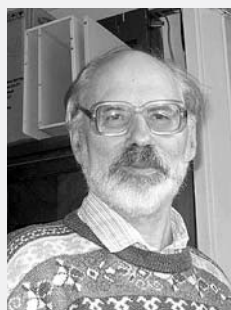
Звездные сверхскопления и сверхассоциации

Ю.Н.Ефремов

Как известно, приставка «сверх» используется в астрономии для объектов, светимость, размеры или масса которых выходят за рамки обычных. Так, термин «сверхскопление» давно употребляется для обозначения скопления скоплений галактик. Казалось бы, звездным сверхскоплением должно называться скопление звездных скоплений (эти редкие образования заметили в самые последние годы). Однако еще раньше данное слово стало применяться для индивидуальных, очень массивных (до 10 млн солнечных масс) молодых звездных скоплений, которые Космический телескоп «Хаббл» начал обнаруживать в центральных областях некоторых одиночных спиральных галактик и во многих взаимодействующих галактиках.

Как группируются звезды: рождение понятий

Классификация звездных группировок сложилась давно и была основана на данных о нашей Галактике, где с середины XIX в. различали рассеянные скопления, состоящие обычно из нескольких сотен или тысяч



Юрий Николаевич Ефремов, доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник отдела изучения Галактики и переменных звезд Государственного астрономического института им.П.К.Штернберга МГУ. Область научных интересов — звездообразование, строение галактик, происхождение звездных группировок, история науки. Лауреат Ломоносовской премии МГУ.

звезд, и шаровые скопления, включающие сотни тысяч звезд. Рассеянные скопления концентрируются к плоскости Галактики, а шаровые — к ее центру, но встречаются и очень далеко от него, образуя эллипсоидальное гало Галактики. К середине XX в. стало ясно: эти различия объясняются тем, что все шаровые скопления — старейшие объекты Вселенной, их возраст — 10–13 млрд лет, тогда как большинство рассеянных скоплений молодо и их образование продолжается в диске Галактики (где сосредоточены порождающие звезды газовые облака) до сих пор.

Однако в некоторых других галактиках недавно обнаружены объекты столь же массивные (до миллиона солнечных масс, а изредка и больше) и компактные, как шаровые скопления, но с возрастом лишь в несколько миллионов лет. В этих галактиках, стало быть, практически и в наше время налицо условия, позволяющие образовываться столь массивным объектам — такие условия, которые в нашей Галактике имели место лишь в самом начале ее формирования. Следовательно, изучая гигантские молодые скопления в других галактиках, мы можем реконструировать обстановку

© Ефремов Ю.Н., 2004

и события, сопутствующие зарождению галактик. Вот эти гигантские массивные скопления, которые (если не потеряют много своих членов в процессе динамической эволюции) через десять миллиардов лет практически не будут отличаться от нынешних шаровых скоплений Галактики, — и было недавно предложено называть сверхскоплениями. Логичное название «молодые шаровые скопления» не годится, ибо приводит к недоразумениям. В глазах специалистов по шаровым скоплениям «молодыми» считаются скопления с возрастом около 10 миллиардов лет...

Термин же «сверхассоциация» появился еще в 1958 г. для обозначения огромных группировок молодых горячих звезд, намного превышающих по своим размерам обычные звездные ассоциации. Это почти всегда группировки отдельных ассоциаций и молодых звездных скоплений. Чаще всего они располагаются на окраинах галактик.

Вообще говоря, разграничение между различными типами молодых звездных группировок провести нелегко: мешает их иерархическое фрактальное строение, отражающее фрактальную структуру межзвездной среды (можно сказать, что каждая звездная группировка рождается внутри группировки большего размера и старшего возраста). Среди молодых группировок различают рассеянные звездные скопления и звездные ассоциации. Размеры скоплений никогда не превышают 20 пк (обычно бывают около парсека), а массы — несколько тысяч солнечных; дисперсия скоростей звезд в них не более 1 км/с. Эти характеристики указывают на то, что звезды в скоплениях связаны взаимной гравитацией. Давно были известны и группировки горячих звезд (спектральных классов О и В — молодых голубых звезд) больших размеров, столь разреженные, что в нашей Галактике они обычно незаметны на прямых фотографиях.

В 1947 г. В.А.Амбарцумян [1] ввел для подобных группировок термин «ОВ-ассоциации» и обосновал возможность их гравитационной несвязанности. Размеры ассоциаций были оценены в 30—200 пк. Такие группировки должны быстро распадаться, но, тем не менее, наблюдаются — следовательно, звезды образуются и в настоящее время. Этот факт уже был предсказан теорией термоядерных источников звездной энергии, согласно которой возраст О-звезд не превышает нескольких миллионов лет. Светимость О-звезд столь высока, что запасов водорода, превращение которого в гелий в ядрах звезд служит источником их энергии, на более долгую жизнь просто не хватит.

Очень важно было проверить вывод о молодости звезд высокой светимости с помощью оценок плотности ассоциаций и данных звездной динамики. Когда заключение о быстром распаде звездных ассоциаций было подтверждено наблюдательными данными о расширении некоторых ассоциаций, Амбарцумян стал самым известным на Западе советским астрономом. Однако там и поныне почти никто не знает, что из гравитационной несвязанности ассоциаций он сделал вывод об образовании звезд при взрывном распаде ненаблюдаемых сверхплотных тел.

По его оценке, за срок порядка 10 млн лет ассоциации должны заметным образом растянуться параллельно галактической плоскости, но имевшиеся тогда данные наблюдений этого не показывали. Отсюда Амбарцумян заключил, что звезды ассоциаций уже при рождении получили скорость не менее 1 км/с (иначе влияние дифференциальности галактического вращения — приливных сил Галактики — проявилось бы в растяжении ассоциаций), но и не более 10 км/с (такие большие скорости были бы легко заметны). Так или иначе, ассоциации расширяются, а по-

скольку конденсация диффузного вещества может дать только устойчивую звездную систему, Амбарцумян был вынужден предположить, что звезды образуются вследствие взрывного распада компактных массивных ненаблюдаемых тел.

Эта гипотеза сопряжена как с физическими, так и с чисто логическими проблемами, что побудило многих астрономов выступить против нее. Представления о самом существовании звездных ассоциаций, их расширении и взрывном образовании звезд из ненаблюдаемых сверхплотных тел часто рассматривались как единое «учение», что побуждало противников Амбарцумяна оспаривать саму реальность звездных ассоциаций. Б.А.Воронцов-Вельяминов, А.И.Лебединский и Л.Э.Гуревич особенно активно отвергали идею о неведомо как возникших дозвездных «сверхплотных телах», которые то выбрасывают из себя отдельные звезды, то рождают гравитационно связанные скопления и газовые облака (последние неизменно сопутствуют молодым звездным группировкам) и, будучи бесстолкновительной системой, тем не менее, концентрируются почему-то (как и газ, и молодые звезды) в плоскости Галактики. Битва разгорелась на II совещании по вопросам космогонии в мае 1952 г. и закончилась победой Амбарцумяна. Он и его сторонники заняли господствующие высоты в отечественной астрономии.

Отметим, что сама возможность критиковать «учение о звездных ассоциациях» (а оно было в 1950 г. удостоено Сталинской премии) говорит о том, что моральный климат в отечественной астрономии существенно отличался от такового, скажем, в биологии... Впрочем, в решении этого совещания в отношении Лебединского и Гуревича было высказано пожелание об «учете критики и более полном использовании богатых фактических данных».

В теоретических исследованиях рекомендовалось «еще полнее разоблачать идеалистическую сущность и научную несостоятельность “теорий” физических идеалистов Хойля, Вейцзеккера, Иордана и др.»...

Критики «учения об ассоциациях» (которое позднее стало называться бюраканской концепцией, поскольку Амбарцумян был директором обсерватории в Бюракане) оспаривали реальность существования звездных ассоциаций и их расширение. Как ни странно, роль поступления в окружающую среду энергии, вырабатываемой внутри звезд — в виде звездного ветра и расширяющихся зон ионизованного водорода (НИ) вокруг О-звезд, а также при взрывах сверхновых, — тогда в моделях динамической эволюции молодых звездных группировок просто не учитывалась. Правда, чтобы оценить ее влияние в должной мере, необходимы были знания о весьма низкой эффективности звездообразования в большинстве протоскоплений (обычно лишь небольшая доля исходного газового облака превращается в звезды), появившиеся позднее. Если горячие звезды и взрывы сверхновых достаточно быстро изгоняют большую часть газа, новорожденная звездная группировка остается недостаточно массивной и, следовательно, гравитационно несвязанной; она расширяется и довольно скоро становится разреженной и большой по размерам — и, значит, будет классифицироваться как ассоциация, а не скопление. Возможно, острые дискуссии, сотрясавшие нашу астрономию в начале 50-х годов и возобновившиеся в 70-е годы, и не имели бы места, если бы этот простой механизм расширения и распада ассоциаций был тогда так же общепринят, как сейчас. Он был известен давно, но сведения о низкой эффективности звездообразования, о молекулярных облаках накопились лишь в 80-е годы.

Сейчас проблема, наоборот, состоит в том, как вообще объяснить рождение массивных гравитационно связанных скоплений, ведь в них обязательно должно было быть много О-звезд и сверхновых. Необходимо признать, что массивное скопление может возникнуть лишь при каких-то специальных условиях.

По ступенькам иерархии

С конца 1950-х годов стало появляться все больше данных, что подобно тому, как горячие молодые звезды встречаются обычно не поодиночке, а в скоплениях и ассоциациях, так и сами ОВ-ассоциации образуют группы. Для нашей Галактики это было впервые показано И.М.Копыловым [2].

В 1958 г. В.Бааде, рассказывая в своих Гарвардских лекциях [3] о больших группировках голубых горячих звезд в спутнике нашей Галактики — Большом Магеллановом Облаке, говорил: «Шепли заметил их несколько лет назад и назвал созвездиями; я думаю, что по аналогии с термином «ассоциация» мы можем назвать их сверхассоциациями...» Бааде отметил: «Очень важно осознать, что звездообразование происходит на двух масштабах — в ассоциациях, как их определил Амбарцумян, с диаметрами порядка 10 или 100 пк, и в обширных областях с диаметрами в 500 пк или даже 600 пк».

Независимо от Бааде термин «сверхассоциация» ввели в употребление Амбарцумян и др. [4] в 1963 г. Авторы [4] нашли, что из 68 исследованных ими галактик 12 имеют сверхассоциации. Границу между сверхассоциациями и яркими ассоциациями они провели у интегральной абсолютной величины (светимости в голубых лучах) $M_B = -14$.

В 1964 г. С. ван ден Берг [5] выделил в галактике Андромеды (М31), ближайшей спиральной

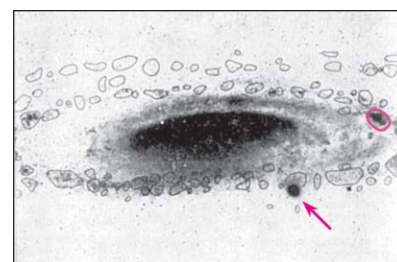


Рис. 1. Звездные ассоциации, выделенные ван ден Бергом вдоль спиральных рукавов галактики Андромеды [5]. Большинство из них должны быть классифицированы как звездные комплексы. Сверхассоциация ОВ78 выделяется своей яркостью (граница показана цветом), как и галактика М32, карликовый спутник галактики Андромеды (показан стрелкой).

галактике, во многих отношениях похожих на нашу систему Млечного Пути, 188 группировок голубых звезд и оценил их средний диаметр в 480 пк (рис.1). Он счел, что обнаружил ОВ-ассоциации, и заключил: в нашей Галактике размеры ассоциаций в пять раз меньше только потому, что в ней мы способны выделить на звездном фоне лишь более плотные части ассоциаций.

Затем мне удалось обнаружить, что в нашей Галактике в обширных группах (с размером в 0.5—1 кпк) концентрируются не только ОВ-ассоциации, но и цефеиды, пульсирующие с правильной периодичностью звезды-сверхгиганты, значительно более старые, чем О-звезды. Эти группы мы назвали звездными комплексами [6]. Позднее мы заметили, что и в группировках ван ден Берга в М31 концентрируются цефеиды; по этому признаку и по размерам они оказались тождественны звездным комплексам Галактики. Затем мы вместе с Г.Ивановым и Н.Николовым нашли (по крупномасштабным снимкам на 2-метровом телескопе в Родопских горах), что группировки

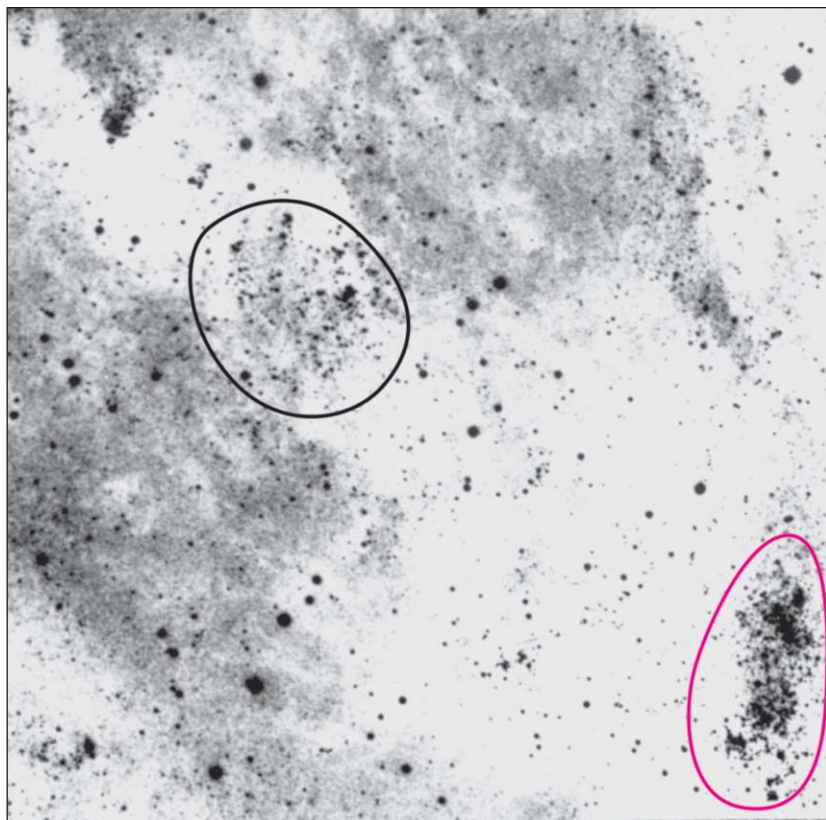


Рис.2. Звездный комплекс OB21 (в центре) и сверхассоциация OB78 (справа, граница показана цветом) в галактике Андромеды. Этот и следующий рисунки — участки снимка, полученного на 2-метровом телескопе обсерватории Рожен (Болгария).

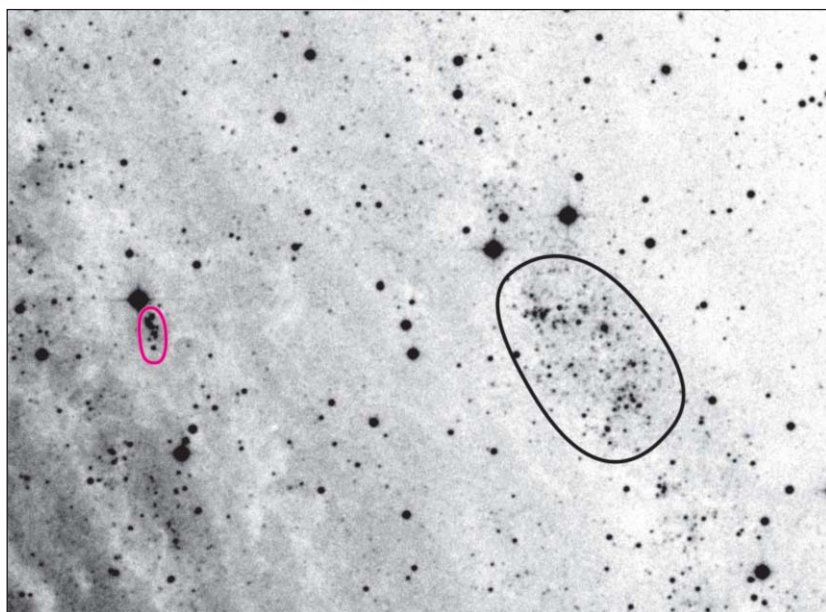


Рис.3. Звездный комплекс OB122 (справа), содержащий несколько ассоциаций, и изолированная ассоциация OB132 (слева, под яркой звездой фона, граница показана цветом) в галактике Андромеды.

наиболее голубых звезд в галактике Андромеды имеют средний размер около 80 пк (как и ассоциации в Большом Магеллановом Облаке) и при этом 95% из них находятся внутри группировок ван ден Берга. Иными словами, как и в нашей Галактике, в M31 ассоциации находятся внутри звездных комплексов (рис.2 и 3). Итак, звездные комплексы выделяются как группировки сверхгигантов (особенно цефеид), звездных ассоциаций и молодых скоплений. Размеры этих группировок доходят до 1 кпк, а возраст старейших звезд в комплексах составляет 100–150 млн лет. История обнаружения и исследования ассоциаций и звездных комплексов подробно изложена в [7], а в популярном изложении, доведенном до наших дней, — в [8].

Иногда говорили, что звездные комплексы — просто сверхассоциации. Они действительно сходны по размерам, и можно сказать, что сверхассоциация — это звездный комплекс, целиком охваченный интенсивным звездообразованием, возраст старейших звезд в котором порядка 10 млн лет. Внутри же «настоящих» звездных комплексов звездообразование продолжается лишь в нескольких ассоциациях, вне которых возраст звезд доходит до 100–150 млн лет. Нельзя также сказать, что сверхассоциация — просто обычный звездный комплекс на ранней стадии развития. В нормальных галактиках сверхассоциации встречаются редко. Так, в M31 только одна сверхассоциация и две сотни звездных комплексов.

О скоротечности периода активного звездообразования в сверхассоциациях свидетельствуют изредка встречающиеся звездные комплексы с большой плотностью звезд высокой светимости и аномально малой дисперсией их возрастов. Так, очень высокая плотность цефеид в одной из областей Большого Магелланового Облака с поперечником около 300 пк сочетается с узким интервалом их



Рис.4. Массивное молодое скопление NGC 2070 вблизи центра области III 30 Dor, на краю сверхассоциации, носящей то же имя.

периодов и, следовательно, возрастов, поскольку цефеиды подчиняются не только зависимости период—светимость, но и период—возраст. Около ста миллионов лет назад такой комплекс выделялся высокой плотностью O- и B-звезд и был бы классифицирован как сверхассоциация (к нашему времени O-звезды закончили свою эволюцию вспышками сверхновых, а B-звезды превратились в цефеиды). Отметим, что звездные скопления в нем почему-то отсутствуют.

Важно отметить, что все достаточно близкие сверхассоциации всегда можно разбить на отдельные ассоциации (30 Dor в Большом Магеллановом Облаке, например, содержит не менее 19 ассоциаций, собранных в трех группах, три богатых молодых скопления и много небольших скоплений [7]). Самое заметное — очень молодое скопление NGC 2070, которое уже столь массивно, что его можно, если угодно, назвать сверхскоплением (рис.4).

Это иерархическое сгущивание молодых звезд высокой светимости, очевидно, отражает распределение исходных газовых облаков. Понимание его причин составляет крупнейшую проблему в исследовании крупномасштабных процессов звездообразования [9].

Возвращаясь к истокам

В сверхассоциациях, как правило, много ионизованного водорода, и их часто называют гигантскими областями III. Компактные голубые (из-за присутствия многочисленных горячих звезд) галактики, содержащие много газа, называют также карликовыми III-галактиками. Иногда они неотличимы по своим размерам и спектральным свойствам от больших сверхассоциаций и часто рассматриваются как межгалактические сверхгигантские III-области. Но есть и важное отличие: в этих галактиках почти всегда обнаруживаются признаки наличия старых звезд, с возрастом в несколько миллиардов лет.

Как вероятные реликты строительных блоков больших галактик, дожившие до нашего времени в изоляции, компактные карликовые галактики пользуются все возрастающим вниманием у исследователей космогонии галактик и космологии. Эти галактики часто содержат массивные сверхскопления, которые, как мы уже говорили, могут быть молодыми аналогами классических (старых) шаровых скоплений. Таким образом, они могут рассказать нам об условиях, в которых формировались большие галактики на самых ранних стадиях их эволюции.

Сверхскопления, как показали наблюдения с Космического телескопа «Хаббл», встречаются еще в двух случаях: близ центра больших спиральных галактик и особенно часто — во взаимодействующих галактиках. Как правило, они создают обширные группировки, в составе которых помимо скоплений много и индивидуальных O-звезд, — т.е. сверхассоциации. Такие группы сейчас чаще называют областями бурного звездообразования.

Столкновения газовых облаков при взаимодействии галактик, вероятно, служат причиной формирования сверхассоциаций и сверхскоплений, поскольку повышение плотности газа — необходимое условие возникновения в нем звезд и скоплений. Особенно ярко это видно на примере гигантского комплекса, который содержит около 40 молодых весьма массивных скоплений; он открыт недавно между почти соприкасающимися галактиками NGC 6621 и NGC 6622 и обнаруживает собственное вращение [10]. Именно такие структуры и следовало бы называть звездными сверхскоплениями (рис.5). Интенсивное звездообразование близ центра галактик часто связано с их взаимодействием, в процессе которого некоторые газовые облака теряют момент количества дви-



Рис.5. Взаимодействующие галактики NGC 6621 и NGC 6622, между которыми располагается комплекс (сверхассоциация!) из ~40 молодых массивных скоплений (граница показана цветом).

жения и оседают к центру. Падение быстрых облаков на диск галактики также приводит к повышению плотности газа и появлению областей активного синхронизированного звездообразования (к этой возможности мы вернемся позже).

Не исключено и действие эндогенных причин — «приступ» звездообразования может быть результатом столкновения ударных волн (связанных прежде всего со множественными взрывами сверхновых звезд в скоплениях и ассоциациях), распространяющихся в газовом диске галактик от очагов спонтанного звездообразования, которые одновременно действуют по соседству [11]. Поскольку толщина газовых дисков галактик возрастает к их краям, этот механизм может объяснить и преимущественное положение сверхассоциаций на окраинах галактик — в тонком газовом диске ударная волна быстрее выйдет за его пределы и ее энергия разветвится во внегалактическом пространстве, прежде чем она столкнется с другой волной.

Предположение о том, что массивные гравитационно связанные скопления образуются в условиях высокого давления окружающего газа (которое пропорционально квадрату плотности газа), было обосновано в нашей с Б.Эльмегрином работе [12]. Это давление может привести к сохранению гравитационной связанности скоплений и при наличии в нем О-звезд и сверхновых, в обычных условиях изгоняющих газ из формирующегося скопления, что приводит к его превращению в ассоциацию. Теория нашла подтверждение при изучении молодых массивных скоплений в спиральных галактиках, в первую очередь благодаря систематическому их поиску, проведенному С.Ларсеном и Т.Рихтлером [13] в 21 галактике. Оказалось, что численность таких скоплений, нормированная к светимости содержащей их галактики, возрастает с темпом

звездообразования в ней. На продолжение этой зависимости (в сторону более высоких темпов) попадают и сверхскопления, найденные в взаимодействующих галактиках. Воздействие многочисленных горячих звезд на газ создает в нем высокое давление, способствующее формированию сверхскоплений.

В нескольких случаях определена дисперсия скоростей звезд в подобных скоплениях, и по ней можно найти динамическую массу скопления — массу, которую оно должно иметь при условии гравитационной связанности. Получаются огромные величины, до миллиона солнечных масс (а изредка и больше), как у самых массивных классических шаровых скоплений, старейших объектов во всех галактиках. С другой стороны, из светимости и возраста скопления можно установить фотометрическую массу скопления, обеспечивающую нужный поток излучения. Обе массы обычно близки, поэтому в случае универсальности распределения звезд скоплений по массам (в чем почти нет сомнений) скопления гравитационно связаны и, значит, будут жить очень долго.

Однако далеко не всегда наличие в галактике молодого богатого скопления оказывается простым статистическим следствием большего общего числа скоплений и высокого темпа звездообразования в галактике. Как уже говорилось, сверхскопления часто присутствуют в карликовых компактных голубых галактиках, в том числе и изолированных. О причинах этого продолжается дискуссия, обозначающая передний край в изучении образования скоплений, да, пожалуй, и галактик. Некоторые астрономы считают, что такие галактики испытали сближения с другими галактиками в прошлом, но есть мнение, что около 70% компактных голубых галактик всегда были изолированными.

Важно, что эти галактики обычно окружены обширными коронами холодного ненаблюдаемого вещества (cold dark matter), масса которого в несколько раз больше массы звезд и газа галактики, и не исключено, что сверхскопления образуются при его участии, в создаваемой его гравитацией глубокой потенциальной яме. Таинственная скрытая масса, составляющая почти 26% плотности энергии Вселенной, кажется, начинает играть активную роль и в астрономии видимого... (Напомним, около 70% массы Вселенной заключено в плотности энергии космического вакуума, а на долю барионов — звезд и газа — приходится лишь 4%, но это совсем другая история.) Темная масса вне центров галактик, по-видимому, распределена равномерно и поэтому может не учитываться при сравнении динамической и фотометрической масс.

В изолированных спиральных галактиках сверхскопления если и наблюдаются, то только близ их центра. Когда они присутствуют далеко от центра, они должны быть в пределах сверхассоциаций — областей бурного звездообразования. Данное предположение нуждается в проверке, однако уже ясно, что такие скопления имеются далеко не во всех сверхассоциациях, как и не во всех галактиках с активным звездообразованием. Их нет, например, в галактике IC10, ближайшей из находящихся на стадии вспышки звездообразования. Является это случайностью, или помимо высокого давления окружающего газа нужны дополнительные условия, способствующие сохранению гравитационной связанности будущего сверхскопления? Впрочем, известные галактики (IC 1613), в которых почти нет и обычных скоплений, несмотря на достаточно высокий темп звездообразования. Исследование комплексов звезд и комплексов звездных скоплений представляется лучшим способом решения

данного вопроса, поставленного совсем недавно.

Загадка NGC 6946

Возможно, решающие данные будут получены при дальнейших исследованиях спиральной галактики NGC 6946. П.Ходж в 1967 г. обнаружил в ней удивительный объект, который много лет спустя независимо переоткрыли Ларсен и Рихтлер [13], описав его как круглое скопление звездных скоплений (рис.6). Внутри него они нашли молодое богатое скопление (еще раньше мы заметили его на снимках отечественного 6-метрового телескопа), самое яркое из всех молодых массивных скоплений в изученных ими двадцати спиральных галактиках. Затем большой международный коллектив, в котором участвую и я, начал всестороннее изучение этого комплекса.

Наблюдения комплекса Ходжа на Космическом телескопе «Хаббл» [14] выявили в нем около 20 богатых молодых скоплений, вдобавок к известному ранее гигантскому скоплению с возрастом около 15 млн лет, которое, судя по светимости и возрасту, имеет огромную массу — около миллиона солнечных масс (рис.7). На 10-метровом телескопе «Кек-1» (Гавайские о-ва) была определена дисперсия скоростей звезд в нем и найдено, что динамическая масса скопления близка к этому же значению, — следовательно, скопление при стандартном распределении масс его звезд является гравитационно связанным и превратится со временем в классическое шаровое скопление.

У данного комплекса есть странная особенность. В распределении нейтрального водорода (HI) в NGC 6946 наблюдаются два десятка обширных полостей, но ни одна из них комплекс не окружает. Эти полости (сверхоболочки HI) возникают благодаря воздействию на меж-

звездную среду сверхновых и скоплений горячих звезд либо падению быстрых облаков. Сверхскопление внутри комплекса просто обязано было создать подобную полость. Возникла даже идея, что комплекс на самом деле — компактная голубая галактика, проецирующаяся на диск NGC 6946. Несколько таких галактик — спутников NGC 6946 — действительно обнаружены И.Д.Караченцевым и его сотрудниками в САО РАН. Лучевая скорость комплекса (т.е. скорость вдоль луча зрения, определяемая по смещениям спектральных линий) примерно на 25 км/с больше, чем у окрестных районов NGC 6946, и примерно на столько же больше максимальной скорости галактик в группе NGC 6946 — различия слишком маленькие, чтобы можно было сделать определенные выводы о природе объекта.

Западный край комплекса имеет резкую полукруговую границу (рис.6), однако регулярность исчезает на снимках в ближней ИК-области, в которой поглощение света невелико. Это наводит на мысль, что резкая дуга западной границы обусловлена поглощением света в газово-пылевом облаке, охватывающем комплекс с запада. Естественно предположить: данное облако возникло при быстром движении карликовой галактики сквозь межгалактический газ группы галактик NGC 6946.

В пользу гипотезы о том, что мы имеем дело не с комплексом внутри NGC 6946, а с карликовой компактной галактикой, казалось бы, говорит поразительное сходство объекта Ходжа с галактикой того же типа NGC 1705, которая также содержит сверхскопление и много более слабых скоплений и имеет примерно такие же размеры (рис.7). Возможно, наличие сверхскопления в нормальной галактике NGC 6946 объясняется тем, что на самом деле оно находится в компактной голубой галактике переднего фона. Как уже говорилось, подобные скопления

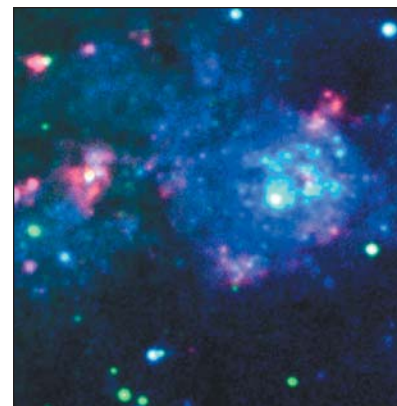


Рис.6. Необычный звездный комплекс (объект Ходжа) на окраине спиральной галактики NGC 6946. Изображение получил С.Ларсен на 2.5-метровом телескопе на о.Ла Пальма.



Рис.7. Наверху — объект Ходжа, внизу — компактная карликовая галактика NGC 1705. Оба объекта содержат сверхгигантские молодые скопления. Изображения получены на Космическом телескопе «Хаббл».

в данных галактиках встречаются очень часто, и причина этого составляет одну из важнейших нерешенных проблем космогонии и космологии.

Лучевые скорости, измеренные по линии H_{α} на 6-метровом телескопе САО РАН с тремя ориентациями щели спектрографа [15], обнаружили большие возмущения поля скоростей внутри комплекса. Особенно интересен глубокий провал в значении лучевых скоростей, который, как казалось авторам [15], может отражать существование быстро расширяющейся газовой оболочки (скорее, полуоболочки). Однако центр этого провала находится в 200 пк от сверхскопления, источники энергии расширения возможной оболочки неясны, и были сомнения, правильно ли приписывать провал наличию расширяющейся оболочки ионизованного водорода.

Сомнения оказались не напрасными. Новые наблюдения на 6-метровом телескопе,

проведенные В.Л.Афанасьевым по нашей инициативе, позволили получить полное поле скоростей ионизованного газа в комплексе. Вместе с еще не опубликованными данными о нейтральном водороде в этой области (любезно сообщенными голландским астрономом Р.Бомсмой) результаты дают основание считать, что провал есть следствие падения на плоскость NGC 6946 высокоскоростного газового облака. Имеется и соответствующая «дыра» в газовом диске галактики. Она невелика и не обнаруживалась в предыдущих исследованиях.

Получается, что если комплекс и является на самом деле карликовой галактикой, то мы ее наблюдаем вскоре после или даже в момент падения на NGC 6946. Такие события известны в мире галактик и даже в нашей собственной Галактике — карликовая галактика в созвездии Стрельца проникла глубоко внутрь системы Млечного Пути.

Однако возможно, что и комплекс, и сверхскопление в нем созданы в газовом диске NGC 6946 именно падением высокоскоростного газового облака. Падение шло с востока на запад (для наблюдателя с Земли) по наклонной траектории — это и привело к концентрации газа и пыли в дугообразной области на западе комплекса.

В последнее время накапливается все больше данных о том, что в быстрых облаках HI, известных вокруг нашей Галактики и M31, большая часть массы приходится на долю все того же «темного вещества». Исследование объекта, обнаруженного много лет назад в NGC 6946, остается актуальнейшей задачей, возможно, не только для понимания происхождения сверхскоплений. ■

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проект 03-02-16288.

Литература

1. Амбарцумян В.А. // Астрон. журн. 1949. Т.26. С.3.
2. Копылов И.М. // Астрон. журн. 1958. Т.35. С.390.
3. *Vaade W.* Evolution of stars and galaxies. 1963. (рус. пер. — М., 1966; М., 2002).
4. Амбарцумян В.А., Искусударян С.Г., Саакян К.А., Шахбазян Р.К. // Бюракан. сообщ. 1963. Т.33. С.3.
5. *Bergh S. van den.* // *Astrophys. J. Suppl.* 1964. V.9. P.65.
6. Ефремов Ю.Н. // Письма в «Астрон. журн.». 1978. Т.4. С.125.
7. Ефремов Ю.Н. Очаги звездообразования в галактиках. М., 1989.
8. Ефремов Ю.Н. Вглубь Вселенной. 4-е изд. М., 2003.
9. Ефремов Ю.Н., Чернин А.Д. // Успехи физ. наук. 2003. Т.173. С.3.
10. *Keel W.C., Borne K.D.* astro-ph/0307025, 2003.
11. *Chernin A.D., Efremov Yu.N., Voinovich P.A.* // *Mon Not. RAS.* 1995. V.275. P.313.
12. *Elmegreen B.G., Efremov Yu.N.* // *Astrophys. J.* 1997. V.480. P.235.
13. *Larsen S., Richtler T.* // *Astron. Astrophys.* 2000. V.354. P.836.
14. *Larsen S.S., Efremov Yu.N., Elmegreen B.G. et al.* // *Astrophys. J.* 2002. V.567. P.896.
15. *Efremov Yu.N., Pustilnik S.A., Kniazev A.Yu. et al.* // *Astron. Astrophys.* 2002. V.389. P.855.

Новый взгляд на происхождение билатерий

В.В.Малахов

Одна из загадок развития жизни на Земле — «кембрийский взрыв». Так палеонтологи называют почти одновременное появление около 500 млн лет назад практически всех типов животного царства. Удивительно, что среди кембрийских ископаемых организмов много сложно организованных — членистоногих, моллюсков, плеченогих, иглокожих и даже хордовых. Все они относятся к двусторонне-симметричным животным, или билатериям (Bilateria), которые преобладают в животном царстве в течение всего фанерозоя — от кембрия до наших дней. Тем не менее биологи считают, что все двусторонне-симметричные животные произошли от кишечнополостных — организмов с радиальной симметрией (Radiata). В современной фауне к ним относятся кораллы, медузы и всем известная гидра.

Кишечнополостные по сравнению с билатериями, действительно, устроены гораздо проще, у них нет ни сквозного кишечника (рот есть, а заднепроходного отверстия нет), ни кровеносной и выделительной систем, они лишены вторичной полости тела. Кроме того, на ранних стадиях эмбриогенеза (дробления, бластулы и гастрю-



Владимир Васильевич Малахов, член-корреспондент РАН, заведующий кафедрой зоологии беспозвоночных Московского государственного университета им.М.В.Ломоносова. Специалист в области сравнительной анатомии и эмбриологии беспозвоночных. Автор 200 публикаций, в том числе девяти монографий. Член редколлегии журнала «Природа».

лы) некоторые билатерии подчиняются радиальной симметрии и только на более поздних этапах появляется двусторонняя. Согласно так называемому биогенетическому закону, открытому Э.Геккелем и Ф.Мюллером, эмбриональное развитие в краткой форме повторяет эволюционный (филогенетический) путь происхождения организмов. Стало быть, и в эволюции животного царства радиальная симметрия предшествовала двусторонней.

Геккель вошел в историю биологии не только как автор биогенетического закона, но и как основатель знаменитой эволюционной триады. Именно Геккель впервые предложил ис-

пользовать для решения проблем происхождения тех или иных групп животных и растений три подхода одновременно: сравнительную анатомию, эмбриологию и палеонтологию. Однако в проблеме происхождения двусторонне-симметричных животных метод геккелевской триады не мог применяться в полной мере потому, что довольно долго никаких остатков животных докембрийского времени не находили.

Ситуация изменилась только во второй половине XX в., когда российские палеонтологи открыли богатейшую фауну венда — последнего периода протерозойской эры, предшествующего кембрию и дливше-

© Малахов В.В., 2004

гося около сотни миллионов лет [1, 2]. Отпечатки разнообразных вендских организмов были найдены на берегах Белого моря, а также в других районах планеты (в Австралии, Канаде, в Восточной Сибири и др.). В вендской фауне радиально-симметричных животных было гораздо больше, чем двусторонне-симметричных, а среди них — немало переходных форм. Судя по всему, формирование билатерий происходило примерно между 620 и 535 млн лет назад.

В последние десятилетия минувшего столетия начался бурный расцвет эволюционной молекулярной биологии. И теперь для определения родственных отношений организмов и реконструкции путей их эволюции стали сравнивать последовательности нуклеотидов в отдельных участках генома или даже целые геномы. Особую роль в изучении филогенетических отношений многоклеточных животных играют исследования генов, которые контролируют процессы эмбрионального развития. Вот почему в наше время правильнее говорить уже не об эволюционной триаде, а о тетраде, т.е. сочетании методов сравнительной анатомии, эмбриологии, палеонтологии и молекулярной биологии. Что же каждая из этих наук в отдельности и их сочетание дают для решения вопроса о происхождении билатерий?

Сравнительная анатомия

За последние 150 лет специалисты по сравнительной анатомии разработали несколько десятков гипотез о происхождении билатерально-симметричных животных. Все эти гипотезы можно разделить на три группы: планулоидно-турбеллярные, архицеломатные и метамерные.

Согласно *планулоидно-турбеллярным гипотезам*, все или,

по крайней мере, некоторые билатерально-симметричные животные произошли от организмов, напоминавших личинок современных кишечнополостных — планул. На заднем конце таких предковых форм находился рот, а на противоположном (аборальном органе) — скопление ресничных чувствительных клеток. Сначала планулоидные организмы плавали в толще воды, затем опустились на дно и перешли к ползанию по субстрату, что и способствовало формированию билатеральной симметрии. По мнению сторонников этих гипотез, первичные билатерии были очень простыми организмами, они не имели сквозного кишечника и целома. Их потомками стали ресничные черви (*Turbellaria*), от которых происходят другие двусторонне-симметричные животные.

В понимании, как именно возникла брюшная сторона у билатерий, разные авторы были не столь единодушны. Например, отечественные зоологи (В.Н.Беклемишев, А.В.Иванов и Ю.В.Мамкаев и др.) убеждены, что у ресничных червей она гомологична боковому сектору (антимере) планулоидного предка [3, 4]. Американская исследовательница Л.Гаймен считала, что предки билатерально-симметричных животных стали ползать на ротовой поверхности, которая и преобразовалась в брюшную сторону [5].

Приверженцы *архицеломатных гипотез* предполагали, что предками билатерий были четырехлучевые полипы, кишечная полость которых разделена перегородками на четыре камеры [6–8]. Такие полипы опустились на грунт и начали перемещаться на ротовой поверхности, которая впоследствии превратилась в брюшную сторону. Первичный рот вытянулся и стал щелевидным (как у современных коралловых полипов), а затем сомкнулся посередине так, что от него остались только два отверстия: од-

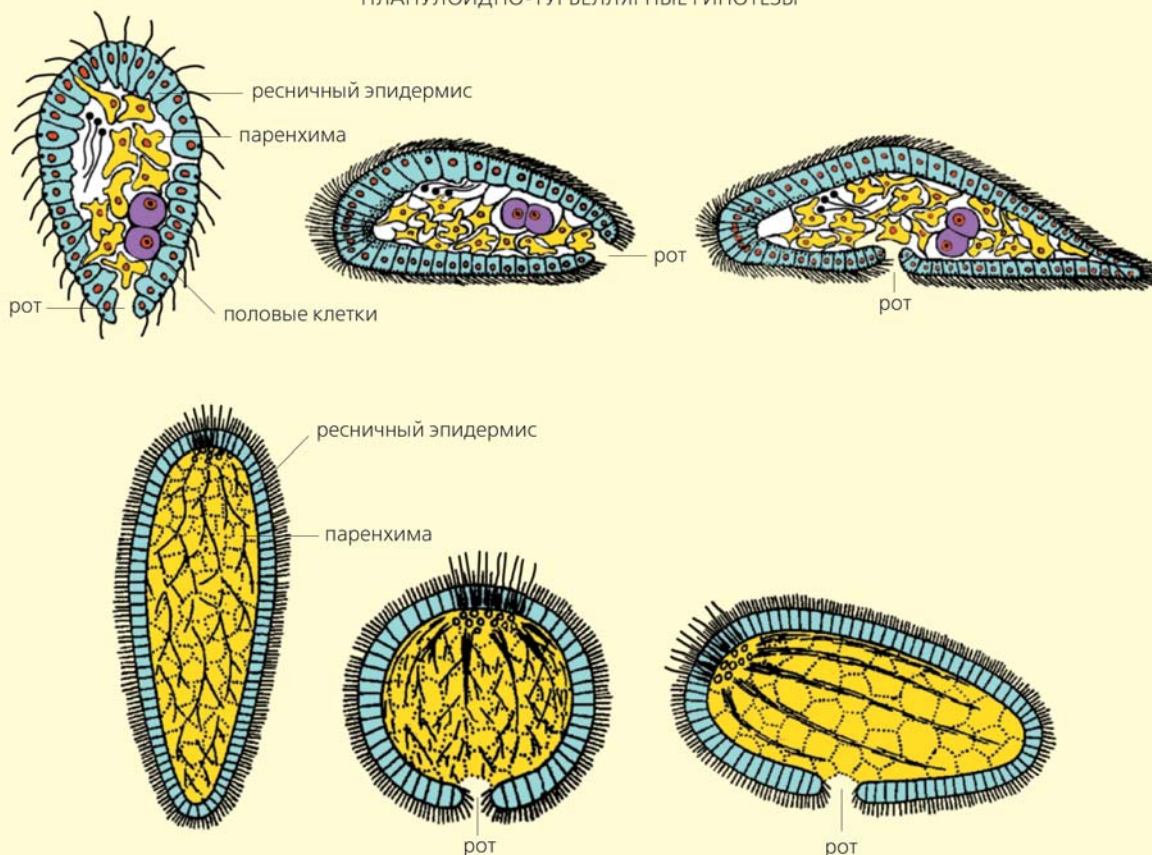
но — на переднем конце тела и стало ртом, а другое — на заднем и преобразовалось в анус. Кишечные карманы отделились от центральной части кишечника и дали начало пяти камерам вторичной полости тела — целому, расчлененному на три отдела. По мнению сторонников архицеломатных гипотез, все нецеломические билатерально-симметричные организмы (например, плоские и круглые черви) утратили вторичную полость тела.

Сторонники *метамерных гипотез* также выводили билатерально-симметричных животных от кораллов, но не от четырехлучевых полипов, а многолучевых, у которых кишечная полость поделена на множество камер многочисленными перегородками-септами, например, как у шестилучевого коралла *Цериантарии* [9–11]. Как и в архицеломатных гипотезах, предполагалось, что такие кораллы стали ползать на ротовой стороне, щелевидный рот замкнулся посередине, а камеры кишечной полости отделились от центральной части кишечника и дали начало многочисленным целомическим камерам. Только в этом случае круговое расположение камер кишечной полости (цикломерия) у радиально-симметричных форм превратилось в метамерию первичных билатерий, а расположенные по кругу щупальца — в боковые метамерные придатки (параподии), служащие органами движения. Таким образом, первичные билатерии были не только целомическими, но и сегментированными организмами с метамерными придатками — зачатками конечностей.

Классическая эмбриология

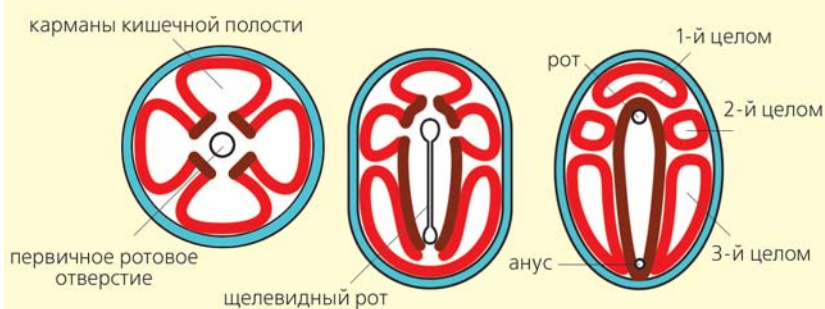
У примитивных билатерально-симметричных животных (морских беспозвоночных, которые сохранили наружное оплодотворение, и плавающих

ПЛАНУЛОИДНО-ТУРБЕЛЛЯРНЫЕ ГИПОТЕЗЫ



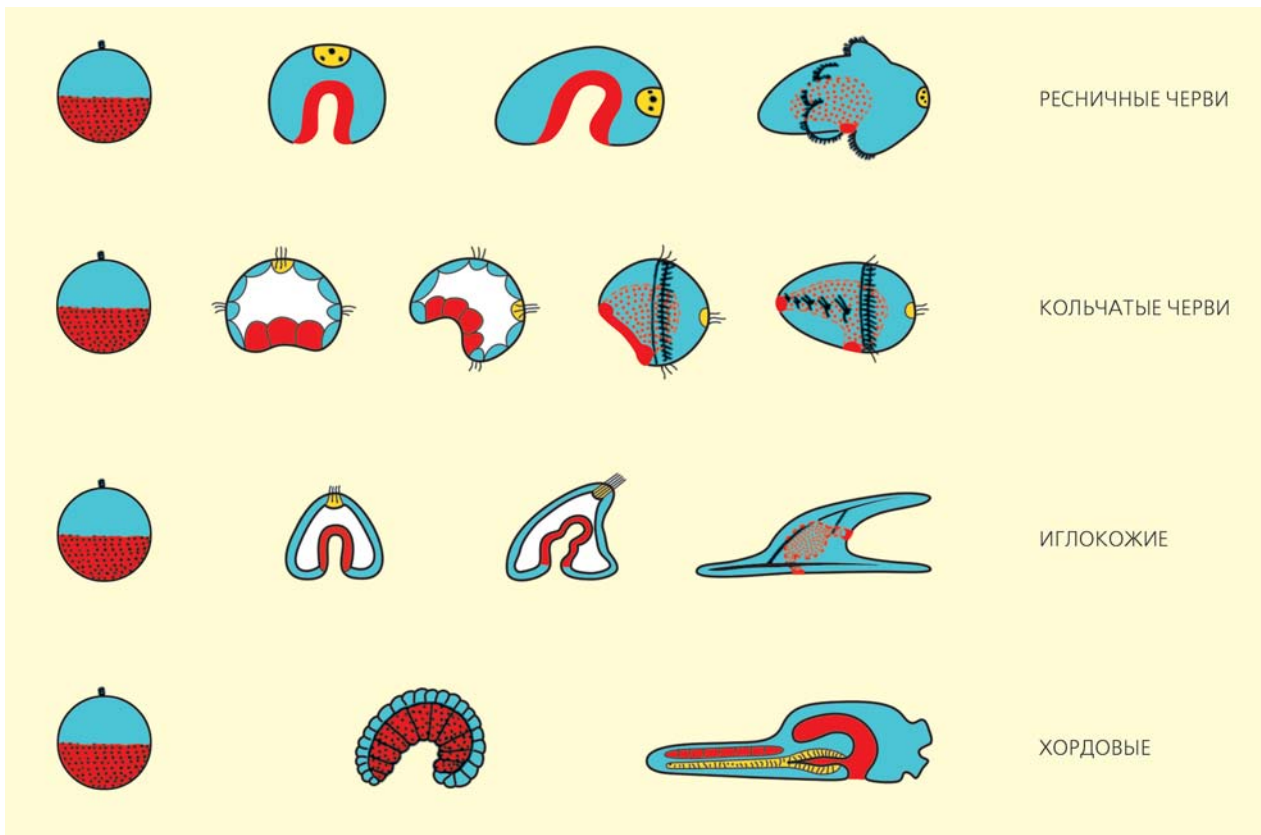
Схемы, отражающие различные взгляды сравнительных анатомов на происхождение двусторонне-симметричных животных. По мнению сторонников планулоидно-турбеллярных гипотез, предками билатерий были организмы, напоминающие личинок современных кишечнорастных животных (планул). По одной из версий (верхний ряд), брюшная сторона первичных билатерий образовалась из бокового сектора планулоидного предка [4], по другой, — из ротовой поверхности [5]. Согласно архицеломатным гипотезам, билатерии произошли от четырехлучевых коралловых полипов, кишечная полость которых разделена на четыре камеры [7], а метамерным — от многолучевых кораллов (вид сверху и сбоку [10], а также со стороны ротовой поверхности [9]).

АРХИЦЕЛОМАТНЫЕ ГИПОТЕЗЫ

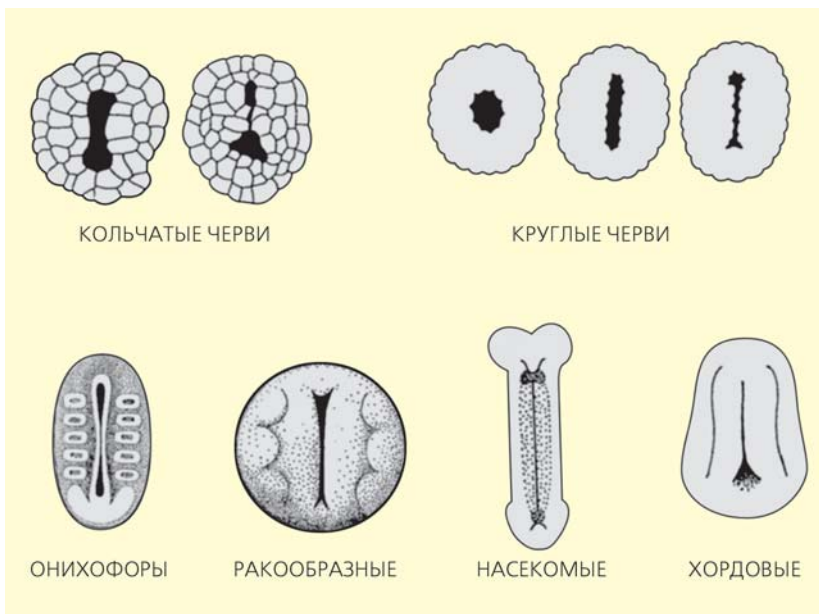


МЕТАМЕРНЫЕ ГИПОТЕЗЫ





Ранние стадии эмбрионального развития некоторых групп билатерально-симметричных животных. Красным цветом выделен бластопор и его превращения у иглокожих, ресничных и кольчатых червей в брюшную сторону, а у хордовых — в спинную. Пояснения в тексте.



Разновидности щелевидного бластопора у эмбрионов билатерально-симметричных животных.

в толще воды ресничных личинок), как уже говорилось, ранние стадии эмбрионального развития — дробления, бластулы и гастролы — подчиняются радиальной симметрии. Происходит это путем разрастания одного из секторов гастролы — именно того, который впоследствии станет спинной стороной личинки. В результате меняется взаимное расположение первичного нервного центра (абсорального органа) и отверстия первичной кишечной полости (бластопора). Абсоральный орган смещается вперед, а бластопоральная сторона становится брюшной стороной будущей личинки. Такой процесс характерен для подавляющего большинства групп билатерально-симметричных животных. Единственное исключение — хордовые,

у которых blastoporalная сторона превращается в спинную часть организма. Тому есть свое объяснение: хордовые — это перевернутые билатерии [12].

Во многих группах двусторонне-симметричных животных blastopora вытягивается и приобретает щелевидную форму. Такая форма blastopora характерна для кольчатых червей, моллюсков, круглых червей, членистоногих, низших хордовых и др. У членистоногих щелевидный blastopora представлен глубокой продольной бороздой, идущей по брюшной стороне зародыша и соединяющей зачатки рта и ануса. Замыкание щелевидного blastopora приводит к формированию трубчатого кишечника. В примитивных случаях blastopora сначала замыкается посередине, разделяясь на два отверстия, од-

но — на переднем, а другое — на заднем конце зародыша. Одно из этих отверстий соответствует рту, а другое — анусу.

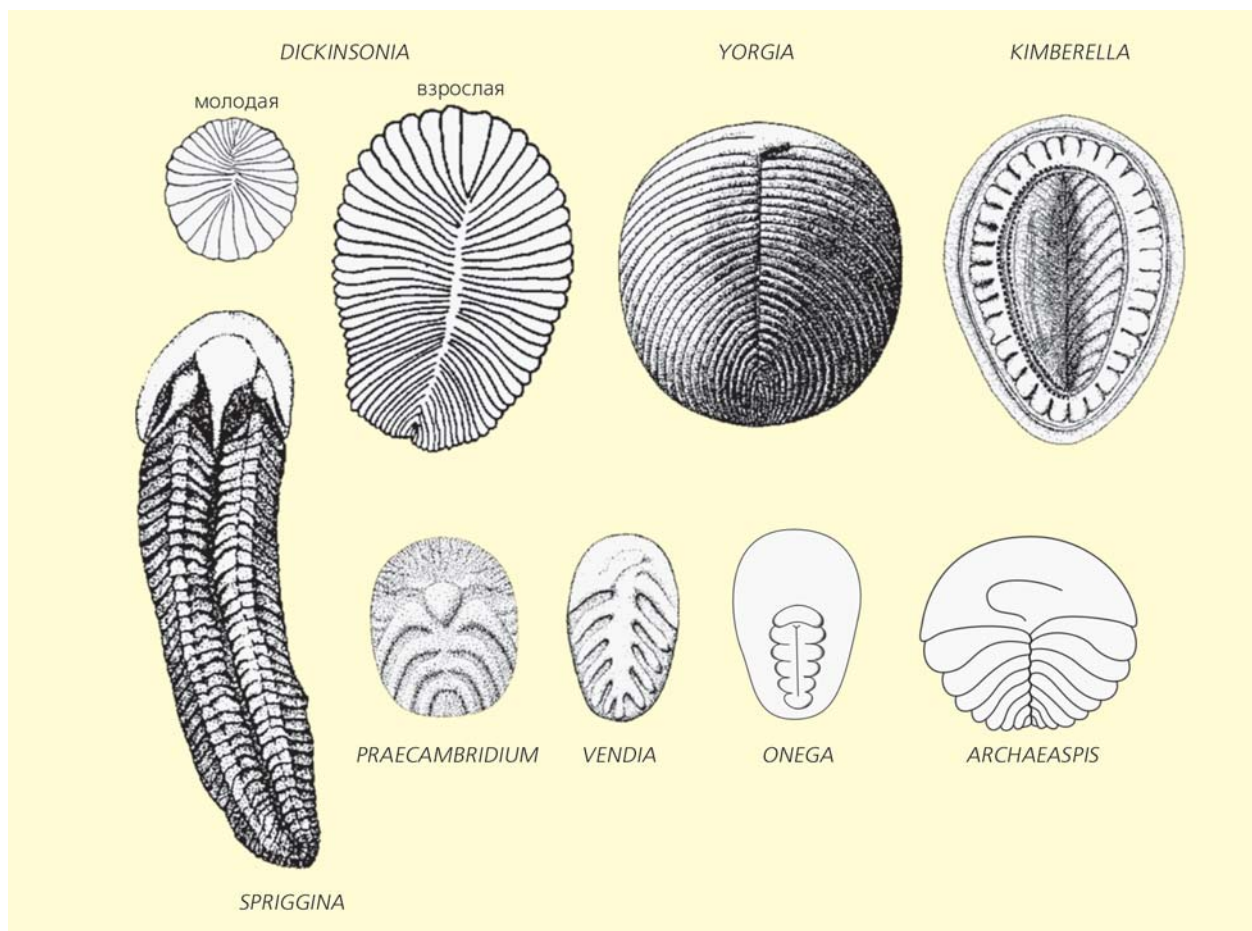
Таким образом, данные эмбриологии помогли выяснить, во-первых, что брюшная сторона билатерально-симметричных животных представляет собой разрастание blastoporalной стороны, а во-вторых, что их рот и анус — производные переднего и заднего концов щелевидного blastopora.

Палеонтология

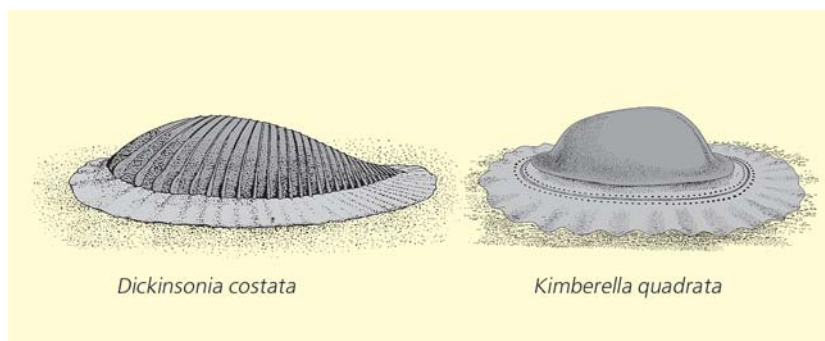
Формирование двусторонней симметрии и начальная радиация основных эволюционных стволов билатерий, породившая богатый и разнообразный животный мир раннего фанерозоя, судя по всему, проис-

ходили в венде. Остатки обитавших в те времена организмов представлены отпечатками разнообразных по строению, но в основном довольно крупных форм, от одного-двух сантиметров до метра [13, 14]. Большинство из них не имели твердого минерального скелета, что резко отделяет биоту венда от сообществ последующих периодов фанерозоя.

Трудно сказать, почему вендские многоклеточные животные были бесскелетными. Возможно, они обитали в холодноводных бассейнах вне контролируемого цианобактериальными сообществами карбонатного пояса [15]. Как бы то ни было, очевидно одно: природная среда венда, в которой протекала эволюция первичных многоклеточных животных сильно отличалась от условий всех последу-



Прорисовки отпечатков вендских билатерий.



Вендские билатерально-симметричные организмы.

Реконструкции М.А.Федонкина.

ющих периодов фанерозоя, начиная с кембрия до современности.

Формы с радиальной или осевой симметрией очень многочисленны в венде и во многих местонахождениях, несомненно, доминируют над двусторонне-симметричными. Но именно среди вендских организмов мы впервые встречаем отпечатки настоящих билатерий. Их тело, как правило, было расчленено на различное число повторяющихся сегментов — метамер, расположенных вдоль продольной оси или плоскости симметрии, что позволяло этим организмам активно передвигаться по дну [16]. Однако метамерия некоторых вендских билатерий весьма необычна: сегменты у них располагались не строго симметрично, а со сдвигом. Яркий пример «аномальной» сегментации — *Dickinsonia*, у которой идентичные элементы правой и левой сторон тела сдвинуты относительно друг друга. На отпечатках этого животного, как и большинства вендских билатерий, хорошо заметна medianная борозда (или валик), соответствующая центральному отделу кишечника, а также отходящие от него боковые ветви — выросты от центральной кишечной области.

Dickinsonia служит еще и примером переходных форм, которых, замечу, немало среди вендских организмов, сочетающих черты и радиалий, и била-

терий. У молодой *Dickinsonia* была по существу лучевая симметрия: сегменты (своего рода антимеры) радиально расходились от оси, перпендикулярной к плоскости организма. У взрослых же форм сегменты следовали друг за другом, хотя на переднем и заднем концах, как и у молодых, располагались радиально. Симметрия *Dickinsonia* близка к билатеральной симметрии некоторых современных и ископаемых кораллов.

Как у современных кишечно-полостных, их аборальная (т.е. противоположная рту) сторона была одета уплотненным защитным покровом — кутикулой. Правда, у вендских билатерий этот покров был органическим, а у современных кишечно-полостных может быть как органическим, так и известковым. В отличие от современных кишечно-полостных, которые прикреплены к субстрату, вендские двусторонне-симметричные кишечно-полостные были подвижными организмами, ползавшими на ротовой поверхности.

Молекулярная биология

В последние два десятилетия эволюционная биология получила новый мощный инструмент изучения гомологий — сравнительный анализ структуры и экспрессии генов, контролирующих становление прост-

ранственной организации во время эмбрионального развития. Эти гены содержат гомеобоксы — специфические последовательности примерно из 180 пар нуклеотидов. Впервые они обнаружены в гомеотических генах, мутации в которых приводят к трансформации одной части взрослого организма в другую, совершенно не похожую структуру. Гены, содержащие гомеобоксы, регулируют развитие осевых структур, сегментацию, закладку конечностей и другие наиболее фундаментальные процессы в эмбриогенезе как беспозвоночных, так и позвоночных животных. Предполагается, что система таких генов возникла в результате умножения и последующей дифференцировки одного гена у предков многоклеточных.

Эта система выявлена у всех многоклеточных животных, в том числе и у современных кишечно-полостных [17—19]. У них найдены, в частности, гомологи генов *Brachyury*, *goosecoid* и *fork head*. У эмбрионов билатерально-симметричных животных эти гены экспрессируются в процессе гастрюляции вдоль щелевидного бластопора на переднем и заднем краях или вокруг продуктов его разделения — рта и ануса. Они играют важную роль в формировании переднего и заднего мезодермальных зачатков у позвоночных и беспозвоночных животных. У кишечно-полостных гомологи этих генов экспрессируются в кольцевой области вокруг ротового отверстия [20—22]. Очевидно, эмбриональные организаторы головных и туловищно-хвостовых структур, которые у билатерий связаны с передним и задним концами щелевидного бластопора, произошли из единого кольцевого организатора кишечно-полостных. Интересно, что некоторые гены, например *fork head*, задействованы в переднем и заднем организаторах (иногда еще и в серии участков вдоль линии замыкания бластопора), тогда как

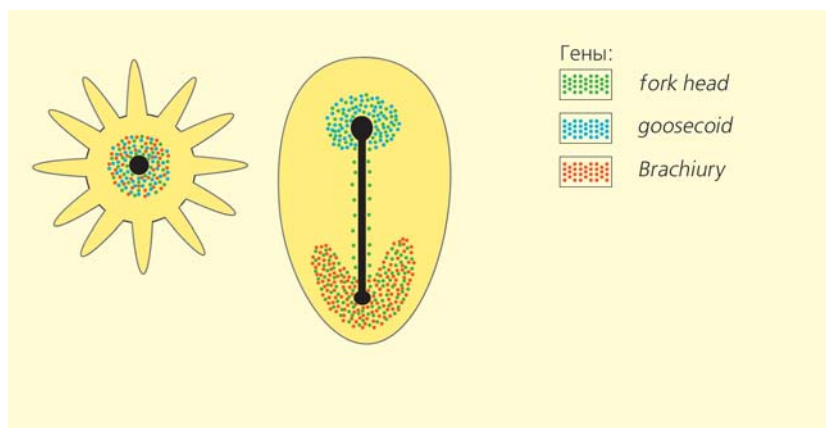


Схема распределения зон экспрессии генов, содержащих гомеобоксы, у кишечнополостных (слева) и эмбрионов билатерий.

другие, например *goosecoid* и *Brachiury*, сегрегированы: *goosecoid* в переднем, *Brachiury* — в заднем. Такое расщепление первоначально единого организатора могло возникнуть только в результате удлинения первичного ротового отверстия, смыкания его посредине и превращения отверстий на его концах в дефинитивные рот и анус билатерий, как это пред-

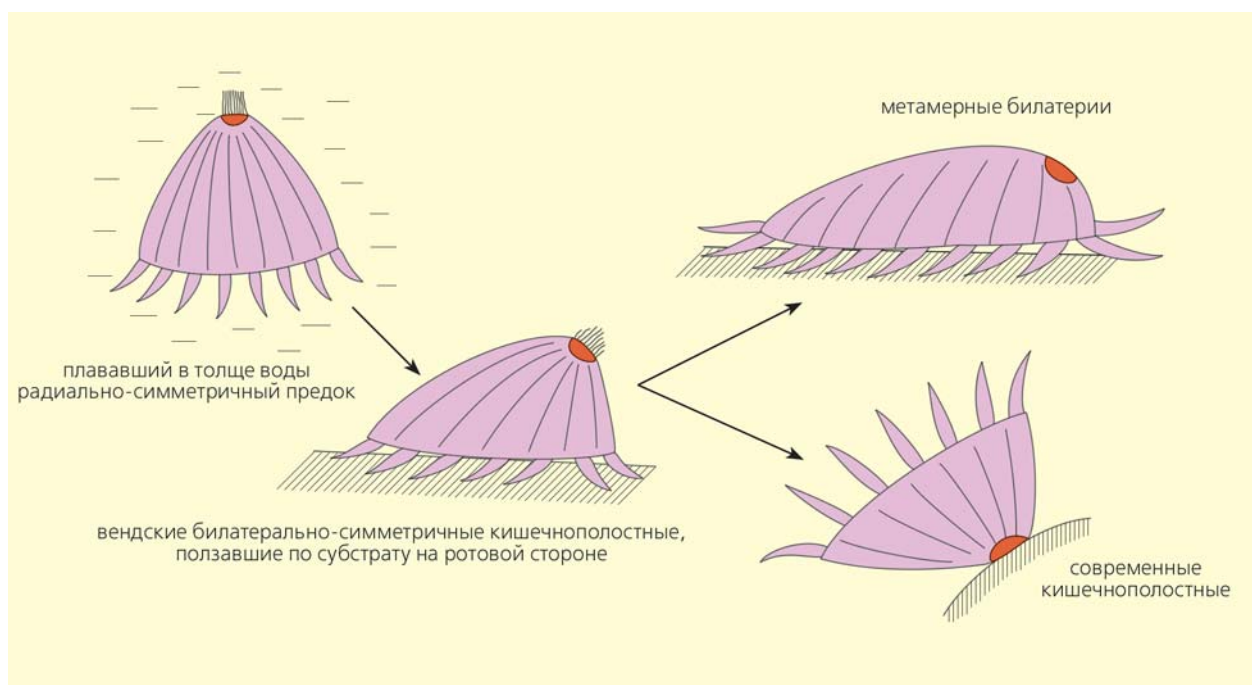
полагалось в построениях классической сравнительной анатомии.

Наиболее вероятный путь происхождения билатерий

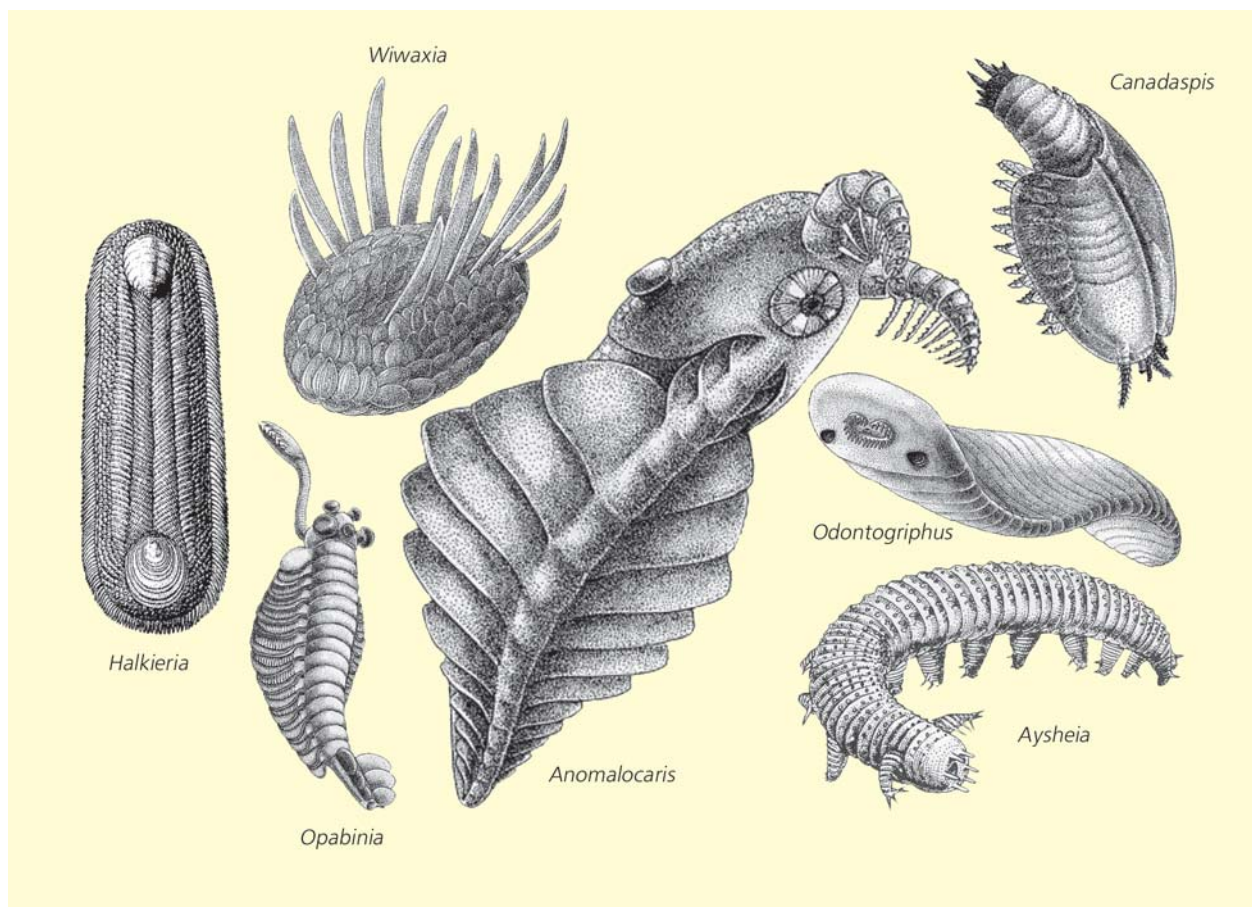
Попытаемся предложить теорию происхождения билатерий в соответствии с современным

уровнем развития эволюционной биологии, сочетающей подходы классической сравнительной анатомии, эмбриологии, палеонтологии и молекулярной биологии развития.

В вендском периоде существовала обширная фауна радиально-симметричных кишечнополостных животных, часть из которых перешла к ползанию по субстрату на ротовой поверхности. Такой характер передвижения определил формирование у этих организмов двусторонней симметрии. Кишечная полость вендских билатерий еще могла быть связана с внешней средой длинным щелевидным ртом, тянущимся вдоль брюшной (оральной) стороны. Возможно, что метамерно расположенные карманы кишечной полости тоже еще не были отделены от ее центральной части. Щелевидный blastopore сомкнулся посредине, а карманы отделились от центрального трубчатого кишечника. Именно эти билатерально-симметричные кишечнополостные стали родоначальниками фанерозойских трехслойных животных.



Происхождение билатерально-симметричных животных. Красным цветом выделен аборальный нервный центр.



Некоторые представители кембрийских билатерально-симметричных животных.

Не следует представлять происхождение билатерий как результат открепления от субстрата и перехода к ползанию некоего полипа. У личинок современных кишечнополостных также, как у билатерально-симметричных животных, сохраняется аборальный нервный центр. Личинки современных кишечнополостных прикрепляются им к субстрату, поэтому у полипов аборальный нервный центр редуцируется. У современных билатерий он не только не утрачен, но на его основе у некоторых групп (например, кольчатых червей и моллюсков) формируется мозговой ганглий. Сохранение аборального нервного центра у личинок современных билатерий говорит о том, что их радиально-симметричные предки не были сидячими

формами. Скорее всего, они вели пелагический образ жизни и перешли к донному существованию, поскольку были подвижными организмами, способными ползать на оральной поверхности.

Не исключено, что вендские двусторонне-симметричные кишечнополостные были предками не только трехслойных билатерий, но и фанерозойских кишечнополостных. Билатеральная симметрия, например, характерна кораллам, ведущим сидячий образ жизни, который, как известно, способствует развитию радиальной симметрии. Проявление двусторонней симметрии у современных и ископаемых кораллов, видимо, представляет собой наследие симметрии предков, которая постепенно утра-

чивается в результате прикрепленного образа жизни.

Не менее важно и то, что вероятные предки трехслойных билатерий оказались очень сложными в морфологическом отношении организмами, обладавшими сквозным кишечником, метамерией и сегментированной вторичной полостью тела. Это сильно меняет наши представления об основных направлениях эволюции билатерально-симметричных животных. Теперь, обсуждая направления эволюции животного царства, мы должны рассматривать не теории происхождения целома и метамерии, а, наоборот, причины, пути и последствия утраты целома и метамерии.

Большая морфологическая сложность вендских предков билатерий объясняет так назы-

ваемый кембрийский взрыв, т.е. почти одновременное появление в кембрийском периоде почти всех типов билатерально-симметричных животных. Весьма характерно, что среди

кембрийских организмов много таких, которые напоминают современных моллюсков или членистоногих. Их обилие в кембрии было словно подготовлено тем, что уже в вендском

периоде существовало множество сложно устроенных метамерных организмов, которые дали начало основным стволам билатерально-симметричных животных. ■

Литература

1. Федонкин М.А. // Итоги науки и техники. Сер. Стратиграфия и палеонтология. 1983. Т.12. С.3—127.
2. Соколов Б.С. Очерки становления венда. М., 1997.
3. Беклемишев В.Н. Основы сравнительной анатомии беспозвоночных. М., 1952.
4. Иванов А.В., Мамкаев Ю.В. Ресничные черви (Turbellaria), их происхождение и эволюция. Филогенетические очерки. Л., 1973.
5. Hyman L.H. Platyhelminthes and Rhynchocoela. The acoelomate Bilateria // The Invertebrates. N.Y.; Toronto; London, 1951. V.2.
6. Masterman A.T. // Quart. J. Microsc. Sci. 1897. V.40. P.59—71.
7. Remane A. // Verh. Deutsch. Zool. Ges. 1950 (1949). S.16—23.
8. Siewing R. // Zool. Jb. Abt. Anat. 1980. V.103. S.439—482.
9. Sedgwick A. // Quart. J. Microsc. Sci. 1884. V.24. P.43—82.
10. Beneden E. van. // Arch. Biol. Paris. 1891. T.11. P.114—146.
11. Lameere A. Precis de zoologie. Liege. Desoer. 1932. T.2.
12. Малахов В.В. // Журн. общ. биологии. 1977. Т.38. №4. С.485—499.
13. Федонкин М.А. Беломорская биота венда (Докембрийская бесскелетная фауна севера Русской платформы) // Тр. ГИН АН СССР. 1981. Вып.342. С.3—100.
14. Федонкин М.А. Бесскелетная фауна венда и ее место в эволюции Metazoa. М., 1987.
15. Федонкин М.А. // Природа. 2000. №9. С.3—11.
16. Иванцов А.Ю., Федонкин М.А. Следы самостоятельного передвижения — финальное доказательство животной природы эдиакарских организмов // Эволюция жизни на Земле: Материалы II междунар. симпозиума. Томск, 2001. С.133—137.
17. Finnerty J.R., Martindale M.Q. // Biol. Bull. 1997. V.193. P.62—76.
18. Broun M., Bode H.R. // Development. 2002. V.129. P.875—884.
19. Scholz C.B., Technau U. // Dev. Genes Evol. 2003. V.212. P.563—570.
20. Wiegel D., Jurgens G., Kuttner F. et al. // Cell. 1989. V.57. P.645—658.
21. Technau U. // Bioessays. 2001. V.23. P.788—794.
22. Lartillot N., Le Gour M., Adoutte A. // Dev. Gen. Evol. 2002. V.212. P.551—561.

Космические исследования

Они выжили в космической катастрофе

Поисковые команды Национального агентства США по аэронавтике и космическим исследованиям (НАСА) обнаружили на территории штата Техас несколько металлических канистр с космического корабля «Колумбия», потерпевшего катастрофу. Как выяснилось, в канистрах сохранились тысячи живых червей-нематод, взя-

тых на орбиту для проведения опытов.

Черви отлично перенесли катастрофу и последующее длительное пребывание на Земле. За это время в канистрах сменилось несколько поколений нематод, представших перед учеными во всех стадиях жизненного цикла. Изучение организмов со столь необычной биографией продолжается под руководством директора отдела фундаментальной космической биологии НАСА Т.Ломакса (T.Lomax).

На месте аварии «Колумбии» найдены также образцы мхов

в консервирующей среде, взятых на борт космического аппарата с целью установить, как влияют на их рост условия микрогравитации. По данным Ф.Сака (F.Sack; Университет штата Огайо в Колумбусе), во фрагментах поступившего в лабораторию мха сохранились живые клетки. Очевидно, высоким температурам они подвергались не более получаса. Хотя разогрев и разрушил пленку внутреннего покрытия канистр, образцы мхов в чашках Петри отлично сохранились.

Science. 2003. V.300. №5621. P.897 (США).

Рамейдаскен

Очередное начало морской археологии

А.В.Лукошков

Сегодня в тесно заселенной, хорошо обжитой и ухоженной Европе трудно сделать крупное археологическое открытие — кажется, вся ее территория уже досконально изучена. И лишь на севере расположена практически не исследованная область площадью около 420 тыс. км². Это — Балтийское море, на дне которого находятся останки самого большого в мире флота. По самым скромным оценкам, общее число потенциальных археологических объектов превышает здесь 200 тыс. единиц — судов, погибших на протяжении 2500 лет.

Причем почти каждый — богатейший памятник своей эпохи, хранящий комплексную научную информацию, — от забытых конструкций корпуса и состава грузов до предметов быта и сведений об антропометрических показателях и болезнях погибших на нем моряков.

Но кроме самих останков найденных кораблей колоссальную ценность представляет систематизация данных о местах и обстоятельствах их крушений в течение длительных исторических периодов. Ведь это позволяет надежно реконструировать старинные фарватеры, по которым осуществлялись торговые связи, и проследить их эволюцию во времени.



Андрей Васильевич Лукошков, кандидат технических наук, океанолог, научный руководитель проекта «Тайны затонувших кораблей» Санкт-Петербургского учебно-методического центра. После окончания Ленинградского горного института специализировался в области создания техники и технологии подводных геолого-разведочных работ. С 1989 г. занимается поисками затонувших кораблей. Организатор и научный руководитель более 40 экспедиций, создатель атласа и каталога объектов, затонувших на дне Балтийского моря, Рижского залива, Ладожского и Чудского озер.

Все балтийские страны, кто раньше, кто позже, приступили к изучению уникального наследия. Лишь Россия никогда таких работ не вела ни на побережье Балтийского моря, ни на других морях, входящих в ее юрисдикцию, о чем свидетельствуют материалы юбилейной международной научно-практической конференции «К 100-летию подводной археологии», которая состоялась в Москве в феврале 2002 г. [1].

На Балтике отставание России от соседних стран наиболее очевидно. Дания, Германия, Польша, Литва, Латвия, Эстония, Финляндия, Швеция имеют на-

циональные программы составления полных реестров объектов, лежащих в их водах, а также многочисленные проекты изучения наиболее ценных объектов [2]. Более того, им придется общеввропейское значение и такие программы финансируются из бюджета Европейского союза. Подобными исследованиями на Балтике занимаются сотни ученых, которые организуют и координируют деятельность почти миллиона дайверов (от англ. dive — нырять). Так, в Швеции (население менее 9 млн чел.) их численность уже превысила 500 тыс. чел., а количество подводных находок из-

меряется сотнями. В Финляндии (население около 5 млн чел.) ныряльщики на порядок меньше — всего 50 тыс. чел., но об их открытиях знает весь мир. В первую очередь, это русский галют «Святой Михаил», погибший в 1747 г. с грузом французских, английских и голландских товаров — предметов роскоши для Петербурга; датский куфф «Фру Мария» на котором в 1771 г. в Петербург везли знаменитую коллекцию Геррита Браамкампа, купленную по приказу Екатерины II для Эрмитажа; шведский линейный корабль «Кронпринц Густав-Адольф», погибший в 1788 г. во время шведского похода на Петербург, и так называемый «Мултанский корабль», погибший в 1611 г. с грузом добычи, вывозившейся из России шведскими оккупационными властями.

В России же с ее 145-миллионным населением и самой протяженной в мире морской границей с трудом наберется 15—20 тыс. дайверов, большая часть которых ныряет для развлечения в Красном море, на Мальдивских, Сейшельских или Карибских о-вах ... А ведь и у нас есть чем «удивить мир», внести весомый вклад в мировое культурное наследие. Автор этой статьи в течение 15 лет занимается составлением каталога и атласа объектов на дне Финского залива и Ладоги [3]. База данных уже насчитывает более 10 тыс. единиц (целей), но, по самым оптимистическим оценкам, это не более 30% объектов. Все они должны стать предметом изучения и базой для развития в России нового научного направления. Другими словами, речь идет об очередном начале морской археологии.

«Тайны затонувших кораблей»

В 2002 г. в Петербурге стартовал проект, получивший название «Тайны затонувших кораблей», который призван привлечь внимание к колоссальным

культурно-историческим ценностям, лежащим на дне в российских водах Финского залива, и дать толчок к началу их полномасштабных подводных исследований.

Основные направления работ — поиск, регистрация и постановка на учет останков судов всех типов и классов, плававших в этих водах на протяжении десяти веков; предварительное детальное обследование и фиксация наиболее ценных исторических объектов; создание одноименного с проектом документального телевизионного сериала.

Работы ведутся под эгидой Министерства культуры Российской Федерации в сотрудничестве с федеральным Агентством по управлению и использованию памятников истории и культуры. Один из основных участников проекта — Институт истории материальной культуры РАН (ИИМК). На все найденные и обследованные объекты составляются учетные карточки и паспорта, чтобы предоставить им статус памятников истории и культуры. Генеральный спонсор — ОАО «Газпром».

Проведение крупномасштабных подводных исследований невозможно без создания эффективной методики и современной аппаратуры. В ходе наших поисковых работ и картирования объектов использовались разработки петербургских специалистов. Это буксируемый поисковый гидролокатор бокового обзора с рабочей частотой 500 кГц (модель 2) и модульный комплекс с рабочей частотой 400 кГц и регулировкой направленности антенн, который может применяться в двух вариантах: как буксируемый поисковый гидролокатор бокового обзора (модель 3) и как высокоточный картировочный гидролокатор кругового обзора.

Кроме них, сейчас в стадии опытно-методических работ находится третья разработка — высокоточный гидроакустический подводный навигационный

комплекс. Он состоит из трех приемников, устанавливаемых на дне. С их помощью с частотой 10 измерений в секунду определяется местоположение акустического маяка, находящегося в руке водолаза. Информация передается на судно, где обрабатывается компьютером. Простейшая задача комплекса — точная фиксация на объекте обнаруженных водолазом-исследователем деталей. Но поскольку передача данных идет в режиме реального времени, в перспективе комплекс может быть использован для составления двух- и трехмерных изображений корабля — медленно перемещающа маяк вдоль деталей корабля, водолаз как бы рисует его изображение на экране компьютера.

На базе лаборатории радиуглеродного анализа ИИМК по нашей инициативе и при финансовой поддержке из бюджета проекта создается служба для консервации изделий, поднятых из морской воды.

За два экспедиционных сезона были найдены и обследованы останки 23 судов. Девять из них — торговые корабли постройки XVII—XIX вв. Разумеется, не все они имеют одинаковую ценность, и хотелось бы выделить образцы, отличающиеся своей великолепной сохранностью.

«Архангел Рафаил»

Наиболее древнее из найденных судов (и вообще самое старое из найденных в российских водах) — германское судно «Архангел Рафаил», построенное в г.Любеке в 1693 г. и погибшее во время плавания из Санкт-Петербурга в 1724 г. [4]. На нем впервые в России нами сделан полный комплекс работ по фиксации корабля на дне — разметка, фотосъемка всех площадей, компьютерное составление фотоплана корпуса, его обмеры и предварительное обследование [6]. Все это позволило надежно идентифицировать судно.



«Архангел Рафаил»: спуск водолаза к судну, видеосъемка корпуса.

Здесь и далее фото из архива проекта «Тайна затонувших кораблей».



«Архангел Рафаил»: блоки и борта судна, тарелка из кухни XVII в.



Радиоуглеродный анализ древесины судна, выполненный в лаборатории ИИМК, показал, что деревья были вырублены с 1650 по 1680 г., что, с учетом срока сушки, совпадало со временем строительства «Архангела Рафаила».

На кирпичах, слагавших корабельную печь, имелись клейма: ключ с латинскими буквами «SP», что, по заключению специалистов, указывало на продукцию известного кирпичного завода «Дом Святого Петра», действовавшего в Любеке в XVII в.

Поднятые образцы керамической посуды, по мнению эксперта — хранителя коллекции западноевропейской керамики Государственного Эрмитажа Е.Ивановой, имели северогерманское происхождение XVII в., тем более, что на двух больших блюдах были указаны даты: на одном с изображением святого (Архангела?) — 1696 г., на втором с рисунком тюльпана — 1699 г.

Все признаки корабельной архитектуры — кницы, деревянные нагеля, сплошные бимсы, конструкции пятнерсов, блоки из цельных кусков дерева с долбленными пазами под шкивы, по выводам историков кораблестроения, указывали на приемы, характерные именно для XVII в.

Наконец, найденные в трюме корабля бочки содержали вещество, которое после проведения анализов было идентифицировано как сало — груз, который указан в таможенных документах, оформленных при выходе «Архангела Рафаила» из Санкт-Петербурга.

Это большое торговое судно длиной 28,5 м, шириной по бимсам 7,8 м, а по корпусу 10 м, стоит на ровном киле и замыто в грунт как минимум на 4 м, а возможно и больше. Корпус практически сохранился, и в случае проведения всех подводных раскопок Россия сможет получить редчайший образец кораблестроения конца XVII в. По мнению экспертов, это, скорее всего, флейт (fluit, flute) — самый знаменитый тип северо-европейских торговых судов, которые произвели переворот в мировом судостроении — они могли ходить круто к ветру, имели колоссальную грузоподъемность, на них впервые появились составные мачты и столь привычный теперь штурвал.

Изобретены они были в Северной Голландии, в конце XVII в. флейты строили во многих городах Европы — в том числе в 1618 г. и в Любеке.

Когда-то они были основным типом океанских судов, но сегодня мы знаем о них мало — в мире сохранились всего три неполных комплекта чертежей флейтов. А у нас — практически целый подлинный корабль... Какие же открытия он нам принесет?

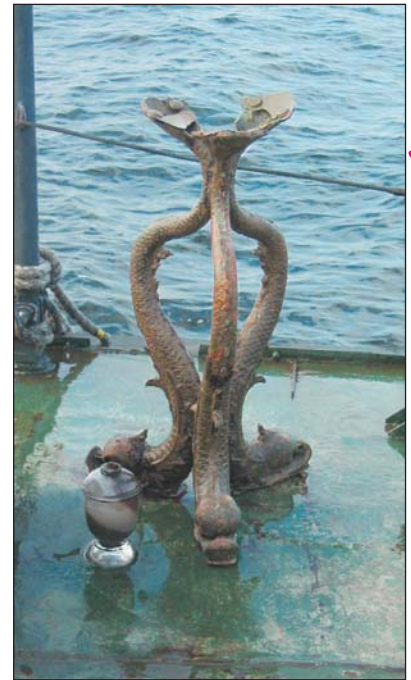
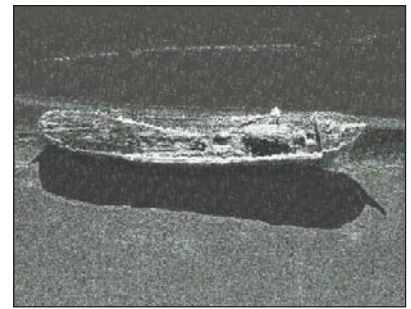
Парусники XIX в.

Другой интересной находкой стал корабль, предварительно идентифицированный как английский парусник «Портисон». Он утонул 2 мая 1850 г. в течение полудня, получив пробоину от удара плавучей льдины. Из-за большой глубины в месте гибели, составляющей 62,5 м, корпус, не поврежденный ни штормами, ни льдинами, ни вертикальными колебаниями

воды при прохождении циклонов, прекрасно сохранился. Но это же обстоятельство существенно тормозит проведение исследований, поскольку водолазные погружения в таких условиях довольно сложны.

На сегодняшний момент уже ясно, что обнаруженный объект — трехмачтовое деревянное торговое судно, длиной по палубе 38 м и шириной — 7 м. Корпус стоит на ровном киле и частично замыт в грунт, возвышаясь над ним на 5 м. У корабля характерный облик барка или баркентины середины XIX в.

Носовая часть еще построена с княвдигедом, на котором имеется резной орнамент. Носовая фигура, изображающая женщину в тунике и с лавровым венком на голове, упала на грунт и лежит рядом с бушпритом. За форштевнем находится небольшой полубак, оканчивающийся двумя крамболами. По всей длине корпуса по обоим бортам фальшборт выполнен в виде планширя шириной 30 см, закрепленного на открытых деревянных стойках высотой 90 см. С левого борта у крамбола висит рымом вниз зацепившийся лапой за палубу адмиралтейский якорь с металлическим штоком. В 8 м от форштевня располагается брашпиль с рамой, за которым возвышается часть фок-мачты диаметром 35 см. По бортам напротив нее имеются руслены с остатками вант и юферсами. Грот-мачта в месте излома имеет диаметр 40 см и лежит поперек корпуса, опираясь на грунт с правого борта. Кормовая часть корпуса затянута рыболовецкими сетями, но видно, что корма круглая, а между грот- и бизань-мачтами — останки рубки. Все это позволяет датировать судно именно серединой XIX в., когда подобная архитектура была широко распространена. Предварительное обследование показало, что трюмы корабля заполнены грузом, и это делает его дальнейшее исследование весьма перспективным.



«Эмблем»: гидроакустическое изображение корпуса на дне, бронзовая китайская жаровня на палубе исследовательского судна, водолаз поднимает со дна лампу.

Не менее ценный объект — шведско-норвежский* барк «Эмблем», построенный в 1880 г. и погибший по пути в Петербург в ночь на 29 апреля 1899 г. Это был гигантский парусный корабль, имевший по палубе длину 68 м и ширину 11 м. Полностью сохранившийся корпус возвышается над грунтом почти на 12 м и замыт в грунт, вероятно, еще на 2 м. Как и в предыдущих случаях, он стоит на ровном киле и полностью доступен для изучения. Предварительный осмотр показал, что трюмы заполнены грузом, а в офицерских и пассажирских каютах сохранились все предметы быта и мебель. Сам барк — прямой аналог знаменитого британского мемориального «чайного» клипера «Cuttty Sark» — представляет собой редкий образец высшей ступени развития океанских парусных торговых судов. Относительно небольшая глубина

* В указанный период Швеция и Норвегия были единым государством по унии 1814 г. Их разделение произошло лишь в июне (сентябре) 1905 г.

(40 м) позволяет провести его полное изучение.

Погибшие в морских сражениях

Военные корабли — вторая по численности (но не по значимости) категория погибших кораблей. Балтика в целом и Финский залив в частности на протяжении многих веков были ареной многочисленных морских сражений. Первая документально зафиксированная в русских летописях морская битва произошла в 1164 г., и в ее ходе противник потерял 43 судна. Впрочем, исландские «королевские» саги описывают морские сражения, происходившие здесь еще в VI и VII вв.

Особый интерес представляет крупнейшая на Балтике морская битва, произошедшая 23—24 июня 1790 г. Обычно она называется Выборгским сражением, хотя двухдневная схватка проходила практически вдоль всего северного побережья Фин-

ского залива — почти от Невской губы и до Хельсинки.

В общей сложности в этом сражении приняло участие как минимум 550 кораблей разных классов и типов и свыше 75 тыс. чел. — уроженцев практически всех стран Европы. Число погибших кораблей превышает 100 вымпелов.

Поскольку достоверных описаний сражения не сохранилось, а историки почему-то не удостоили его своим вниманием, нам пришлось самостоятельно реконструировать ход битвы по сохранившимся вахтенным журналам кораблей-участников, рапортам их командиров. Правильность наших предположений подтвердили многочисленные находки погибших в сражении кораблей, местонахождение которых вначале было рассчитано теоретически, а затем обнаружено в ходе экспедиций. Причем в ряде случаев с точностью всего в 80 м [6].

В ходе многочисленных экспедиций нами было сделано более 60 находок (корабельных



«Аврора»: шведская пушка на поворотном лафете, деталь резного носового украшения в руках водолазов.



Шведский двухмачтовый артиллерийский корабль: поднятые со дна пистолеты, монеты и ядра, станок пушки.

корпусов, крупных скоплений обломков, якорей), из которых на сегодня обследовано шесть. Наибольший интерес вызвали два небольших, но весьма хорошо сохранившихся корпуса.

Первый — небольшая военная яхта «Аврора», приписанная к штабу шведского галерного флота, которым командовал король Густав III Шведский. Она была судном для его личных тайных поручений, которые выполнял доверенное лицо короля, известный английский авантюрист подполковник Сидней Смит. Яхта погибла, и что важно — без серьезных повреждений, получив лишь одну подводную пробоину от русского ядра. Поэтому ее останки прекрасно сохранились и сегодня являются ценнейшим памятником европейского военного судостроения XVIII в. [7].

Поскольку корпус яхты также стоит на дне на ровном киле, мы, как и в случае с «Архангелом Рафаилом», провели основной комплекс работ по его фиксации на дне, включая разметку, фотосъемку, компьютерное составление фотоплана, обмеры и обследование. На судне сохранилось много имущества: посуда, оружие, инструменты, личные вещи. Только обнаруженная на поверхности коллекция может составить ярчайшую экспозицию в музее, но мы ожидаем еще более

интересных находок в случае проведения раскопок.

Второй корпус принадлежит шведскому двухмачтовому артиллерийскому кораблю и может считаться наиболее сохранившимся из всех обнаруженных на месте сражения. Разумеется, мачты упали, но практически целый корпус стоит на дне тоже на ровном киле, занесенный илистым грунтом примерно на 2 м, а возвышается над ним на 2.2 м. Выше уровня грунта сохранились бимсы, полубак, часть палубного настила, якорный битинг, бушприт, кормовая офицерская каюта, кюйт-камера и четыре специальных артиллерийских площадки, на которых до сих пор стоят 3-фунтовые (71 мм) пушки на деревянных станках.

Большая часть площади палуб усеяна оружием (фузеи, мушкетеры, пистолеты), артиллерийскими боеприпасами и такелажем. В корме найдено довольно много посуды, включая немецкий фаянс из Вильдвалда и редчайший китайский фарфор.

Хотя работы по фиксации и обследованию корпуса выполнены только частично, уже сегодня можно говорить, что это один из самых перспективных объектов для проведения подводных раскопок, подъема и превращения всего корабля в музей. Впрочем, возможно,



первыми претендентами на такие действия должны стать не иностранные, а отечественные корабли, а их в Финском заливе погибло несколько тысяч.

История отечественного судостроения

На дне хранится вся история отечественного судостроения от первых кораблей Балтийского флота, построенных при Петре I и даже с его участием, до эскадренного броненосца, который потонул в несчастливое царствование Николая II. Число только парусных линейных кораблей постройки XVIII в. составляет 17 единиц! А вся ос-



«Свирь»: медные детали в руках водолаза, водолаз после всплытия, перо руля на дне.



тальная гамма боевых судов — бригантины, скампавеи, галеры, кончебасы, фрегаты, канонерские лодки, бомбардирские корабли, прамы, шебеки, галеты, транспорты?.. Эта богатейшая коллекция еще составит гордость российских музеев.

Но некоторые из погибших кораблей имеют еще и особое, мемориальное значение — как участники и свидетели событий, важных для отечественной и мировой истории. В свое время лишь эффективный инструмент обеспечения государственных интересов России, сегодня они превратились в памятники, сопоставимые по ценности со сберегаемыми на суше историческими зданиями и местами.

Среди таких кораблей — петровский линейный корабль «Портсмут», флагман первой морской победы Балтийского

флота в Эзельском сражении 24 мая 1719 г., знаменитый шлюп «Надежда», флагман первой русской кругосветной экспедиции 1803—1806 гг.

В первой четверти XIX в. здесь погиб 20-пушечный шлюп «Свирь», трехмачтовое военное судно с прямоугольными парусами, имевшее промежуточные размеры между корветом и бригом. В России шлюпы строились с 1805—1824 гг. На Лодейнопольской и Охтинской верфях их было сделано около 20 единиц, но именно с этим редким типом военного корабля связаны все первые кругосветные плавания русских моряков и их географические открытия в начале XIX в.

Самые знаменитые шлюпы — «Восток» и «Мирный», на которых экспедиция Ф.Ф.Беллинсгаузена и М.П.Лазарева в январе

1820 г. открыла Антарктиду. За три месяца до начала экспедиции Александр I «высочайше соизволил приготовленным в дальний вояж транспортам «Ладога» и «Свирь» именоваться шлюпами: первому — «Мирным» (он был назначен для экспедиции к Южному полюсу), последнему — «Благонамеренным», который отправлялся на поиски, как бы мы теперь сказали, Северного морского пути. Вышедшие 4 июля 1819 г. из Кронштадта корабли с честью выполнили свои задачи, в том числе благодаря хорошим мореходным качествам. Вернувшись из плавания, М.П.Лазарев писал о «Мирном» и «Благонамеренном»: «Сии два оказались впоследствии самым удобным из всех прочих как по крепости своей, так и вместительности и покрою». Этот удачный проект, сделанный И.С.Разумовым по типу судов голландской Вест-Индской компании, был реализован и в следующих кораблях, причем спущенные в июне 1820 г. два новых шлюпа получили те же имена «Ладога» и «Свирь». Новая «Свирь» была построена на той же верфи, тем же строителем — помощником корабельного мастера П.В.Курепановым и имела те же размеры (длина — 37,7 м, ширина — 5,5 м, осадка — 4,1 м, водоизмеще-

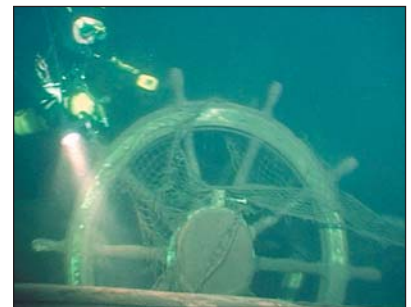
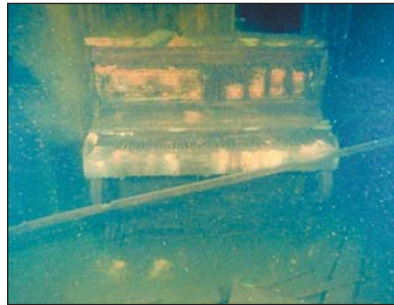
ние — 884 т), т.е. являлась точной «авторской» копией «Мирного» и «Благонамеренного». В 1821 г. шлюпы были «назначены» в кругосветное плавание в Америку для нужд «Русско-американской компании», но в последний момент «Свирь» заменили фрегатом «Крейсер» и оставили на Балтике в качестве гидрографического судна.

В компанию 1824 г. «Свирь» должна была производить промеры вдоль южного побережья Финского залива и, возвращаясь из трехмесячной экспедиции, в ночь на 20 сентября в штормовых условиях наскочила на рифы западнее о.Нерва. Хотя корабль остался на плаву и сначала не имел серьезных повреждений, из-за шторма не удалось

завести якорь и укрепить его на месте. Более того, три гребных судна из четырех были разбиты и утонули. Через несколько часов, поменявший направление ветер начал бить корпус о камни и к 8 ч утра стали всплывать обломки корабельного днища. Для спасения экипажа командир шлюпа капитан-лейтенант И.П.Епанчин-младший приказал срубить мачты, по которым все 115 человек перебрались на остров. Два дня люди находились на голой скале и были спасены присланным из Кронштадта бригам «Олимп». Корпус шлюпа с удерживающимися на остатках такелажа мачтами был унесен в море, где затонул. И сейчас Россия имеет уникальную возможность получить в свое рас-

поряжение практически неразрушенный корпус военно-гидрографического шлюпа, который не только является редким образцом российского кораблестроения начала XIX в., но имеет мемориальное значение, как копия первооткрывателя Антарктиды шлюпа «Мирный» [8].

В ходе специальной поисковой экспедиции нам удалось локализовать район гибели шлюпа, но, как это часто бывает в нашей практике, на дне были обнаружены останки не одного погибшего судна, а целых семи. Их последовательное обследование «съело» все время экспедиции, поскольку, независимо от цели работ, мы фиксируем все обнаруженные корабли для «постановки на учет».



«Олег»: пушка в орудийном порте, пианино в кают-компани, штурвальные колеса на мостике, корабельный колокол, отлитый на Валдае, водолаз у штурвала.

Первый обследованный корпус принадлежал советскому тральщику «Т-45», погибшему в 1944 г. второй — деревянному парусному торговому судну конца XIX в. и лишь третий объект, судя по всему, представлял собой останки шлюпа «Свирь». К сожалению, из-за резкого ухудшения погодных условий мы успели обследовать и зафиксировать только лежащий на дне отдельно от других частей корпуса обшитый медью деревянный корабельный руль — гигантскую конструкцию высотой 12 м и шириной 2 м, в прекрасной сохранности. Его размеры, форма и конструкция совпадают с чертежами руля «Свири», но работы на самом шлюпе пришлось отложить до специальной экспедиции.

Два других «мемориальных» корабля осваивали наши дальневосточные территории. Оба являются клиперами архангелогородской постройки и были заложены в один день — 5 января 1856 г. Первый из них — «Джигит» — был спущен 23 июня 1856 г. и вошел в состав 1-го Амурского отряда, ушедшего на Тихий океан в октябре 1857 г. Второй, «Наездник», был готов лишь к октябрю 1856 г. и вошел в состав 3-го Амурского отряда, действовавшего на Дальнем Востоке в 1859—1862 гг. Их имена до сих пор носят бухты, заливы, горы русского побережья Японского моря, а «Джигит» даже участвовал в основании

поста «Владей Востоком» 20 июня 1860 г. [9]. Прекрасно сохранившиеся, обшитые медью корпуса обоих клиперов стоят на дне почти в идеальной сохранности и, кажется, ждут, когда же их поднимут.

Но самой драгоценной находкой, открытием мирового значения стало обнаружение идеально сохранившегося на дне корпуса русского 57-пушечного парусно-винтового фрегата «Олег», погибшего в результате столкновения 3 августа 1869 г. [10]. Получив пробоину, он утонул всего за 12 мин. Хотя из 545 человек экипажа были спасены 529, взяты с собой что-либо они не смогли. Стоящий на дне корпус длиной более 90 м, шириной по палубе 16,5 м и высотой 13 м — настоящий подводный музей, где хранится множество предметов материальной культуры 60-х годов XIX в.

Колоссальную ценность представляет сам шестипалубный фрегат водоизмещением в 5257 т — самое большое деревянное судно, лежащее на дне Балтийского моря. Этот тип океанских боевых кораблей — высшая точка развития деревянного военного судостроения XIX в., за которым следовали уже металлические суда. Возможно, именно поэтому ни одного корабля такого класса в мире не сохранилось, и наш «Олег» — единственный сохранившийся памятник этой эпохи. Но поми-

мо самого корпуса, на дне сохранились и уникальный паровой двигательный комплекс, и гигантская коллекция вооружений — от пушек семи типов до личного оружия экипажа, и коллекция форменной одежды и личных вещей экипажа, и коллекция судового имущества, инструментов и даже документов.

Проведенные водолазами-глубоководниками, рекордсменами России И.Галайдой и Р.Прохоровым обследование корпуса и части внутренних помещений на четырех палубах показало удивительную сохранность как самого корпуса, так и всех предметов. Этот памятник заслуживает особого внимания и российского государства, и мировой общественности.

* * *

Уже первые экспедиции представили более чем убедительные доказательства того, что российские воды Финского залива хранят настоящие сокровища. Надеемся, что в 2004 г. нам удастся показать публике первые части телевизионного документального сериала «Тайны затонувших кораблей» и уникальную выставку с первыми результатами нашей работы по проекту. Но чтобы они стали частью культурно-исторического наследия Европы и России, нужны еще большие усилия специалистов и, разумеется, поддержка спонсора — ОАО «Газпром». ■

Литература

1. Подводная археология: сто лет исследований. М., 2002.
2. Connected by the Sea // 10th International Symposium on Boat and Ship Archaeology. Roskilde, 2003.
3. Лукошков А.В. Составление каталога и атласа объектов на дне Балтийского моря и находки останков старинных кораблей на дне Финского залива // Выборг и морская археология. СПб., 1997. С.12—19.
4. РГА ВМФ. Ф.212. Оп.11. Дела Адмиралтейств-коллегии, 1724 г. Д.20.
5. Лукошков А.В. Возвращение второго Ангела // Подводное обозрение. 2003. №3. С.66—73.
6. Лукошков А.В. Реконструкция хода Выборгского морского сражения 1790 г. по материалам Российского государственного архива Военно-морского флота // Изучение памятников морской археологии. Вып.3. СПб., 1998. С.8—25.
7. Лукошков А.В. Свидетель славы россиян // Капитан-клуб. 2003. №4. С.124—128.
8. Лукошков А.В. Реконструкция старых морских путей в Восточной Балтике и находки кораблей XIX века // Труды VII международного конгресса по истории океанографии. Калининград, 2003.
9. Крестьянинов В.Я. Крейсера Российского императорского флота 1856—1917 гг. Т.1. СПб., 2002.
10. РГА ВМФ. Ф.412. Оп.1. Д.59. Военно-судное дело в Кронштадтском военно-морском суде «О столкновении броненосной батареи «Кремль» с фрегатом «Олег»».

Большое серебро Якутии

М.М.Константинов,

доктор геолого-минералогических наук

*Центральный геологоразведочный институт Министерства природных ресурсов России
Москва*

Кто не знает, что Якутия — страна алмазов? Кто не знает, что Якутия — страна шаманов, тундры, рогатых оленей с кроткими глазами, вечной мерзлоты и мха ягеля? Но мало кто знает, что Якутия — страна гигантских ресурсов серебра, каких нигде в мире уже давно не осталось.

Для меня знакомство с серебром Якутии началось в далекой юности со статьи «Серебряные руды Верхоянского хребта» [1], написанной тремя замечательными геологами: первый из них был профессором, научным консультантом, впоследствии знаменитым академиком, второй — начальником Западно-Верхоянской экспедиции, третий — просто техником-геологом.

В 30-х годах там искали «боливийский тип» — крупные месторождения олова с попутными богатыми серебром жилами, т.е. серебро рассматривалось как часть длительно формировавшихся оловоносных систем.

«Боливийский тип» не нашли, но работавший в то время коллектив геологов открыл новую оловорудную провинцию с несколькими крупными месторождениями и множеством мелких. Также было обращено внимание на необычайно богатые серебряно-цинковые жилы, широко рас-

сеянные по всей территории Западного Верхоянья. Эти жилы неоднократно описывались и позднее, но стимулом к более детальному их изучению стало открытие в 1967 г. в соседней Магаданской обл. уникального серебряного месторождения Дукат [2]. Стали и якутские геологи более основательно относиться к оценке своих серебряных объектов, и прошедшие десятилетия дали вполне ощутимый результат. Сегодня можно уверенно говорить, что на карте мира появилась новая серебряноносная провинция. По самым осторожным и осмотрительным, я бы сказал, страховочным оценкам, ее ресурсы составляют около 40 тыс. т Ag, а такого его содержания в рудах — 700—1000 г/т — давно нигде в мире нет. Это — средние содержания, устойчиво прослеживающиеся по рудным телам, а отдельные участки «зашкаливают» за 10 кг Ag на тонну руды.

Для сравнения заметим, что канадские фирмы добывают старые мексиканские месторождения, опускаясь шахтным стволом на глубину около 1 км и обрабатывая на ней руды с содержанием серебра всего 200 г/т. Подобные предприятия приносят прибыль.

Таким образом, в Якутии мы имеем руды, представляющие, по существу, природный концентрат серебра.

Конечно, первый вопрос для геолога — какие геологические события привели к столь необычному явлению? Согласно современным данным, Верхоянье — гигантская складчатая система, сложенная мощной (до 15—20 км) толщей монотонных песчано-глинистых отложений, прорванных гранитоидными интрузиями. Сжатие двух гигантских плит — Западно-Сибирской и Колымской — привело к коллизионным процессам. Мы наблюдаем здесь смятие толщ, образование серии падающих к востоку чешуйчатых надвигов, по которым с востока на запад громадные пластины пород надвинуты друг на друга.

Западно-Верхоянская обл., с которой связана серебряноносная провинция, находится в центральной части Верхоянского складчато-надвигового пояса и протягивается в субмеридиональном направлении на 360 км, при ширине до 600 км [3]. На поверхность выходят породы каменноугольно-юрской системы. Главная тектоническая особенность территории — развитие сквозных поперечных глубинных разломов, пересекающих складчатую систему и продолжающихся в соседних регионах. Здесь развиты разломы, относящиеся к Вилуйско-Полоусной системе, которые протягиваются в северо-восточ-

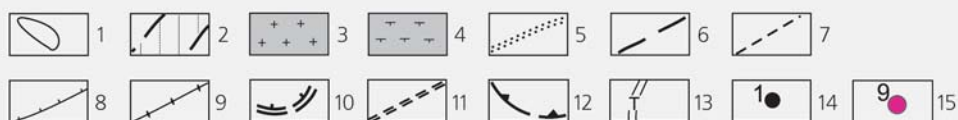
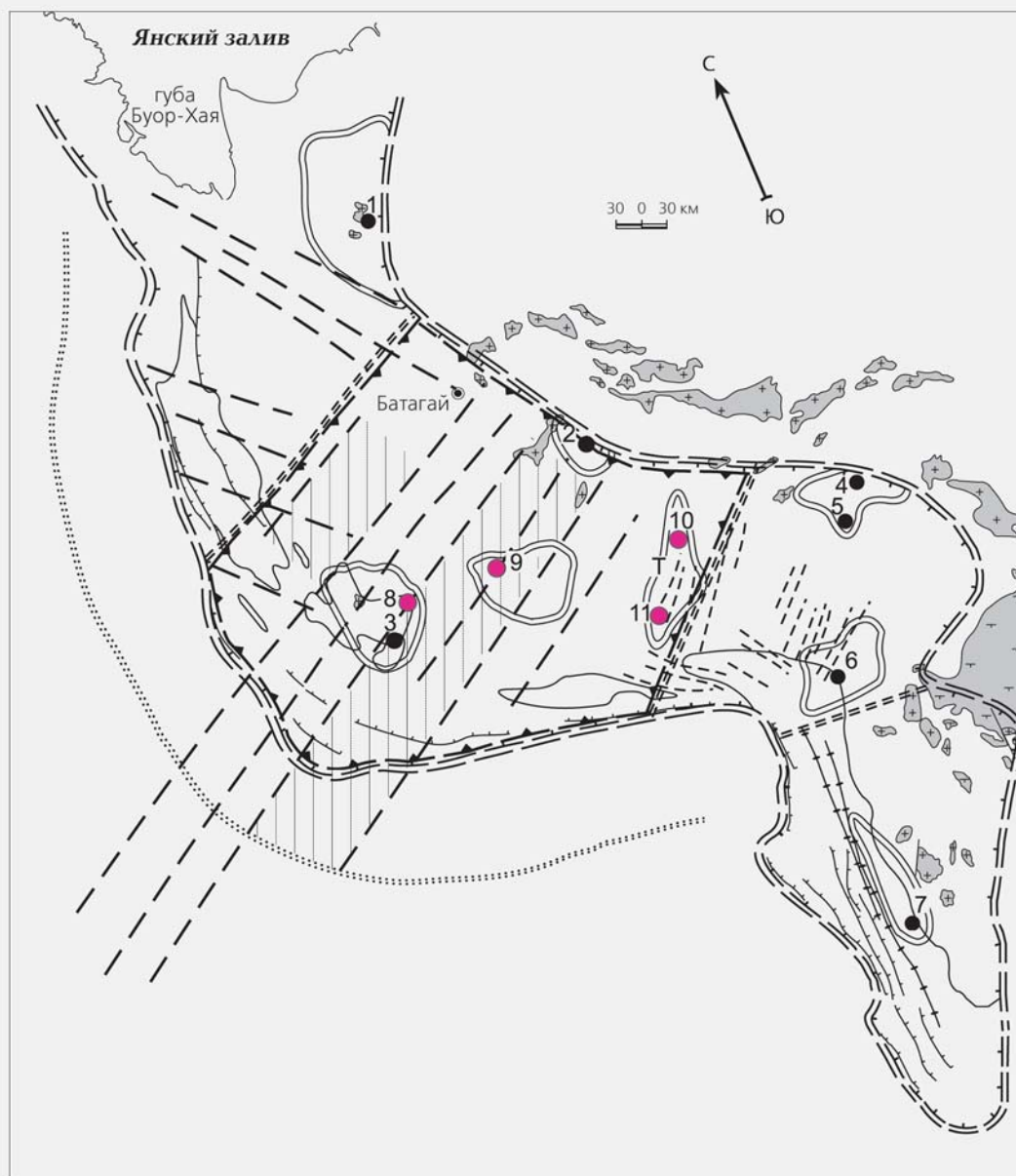
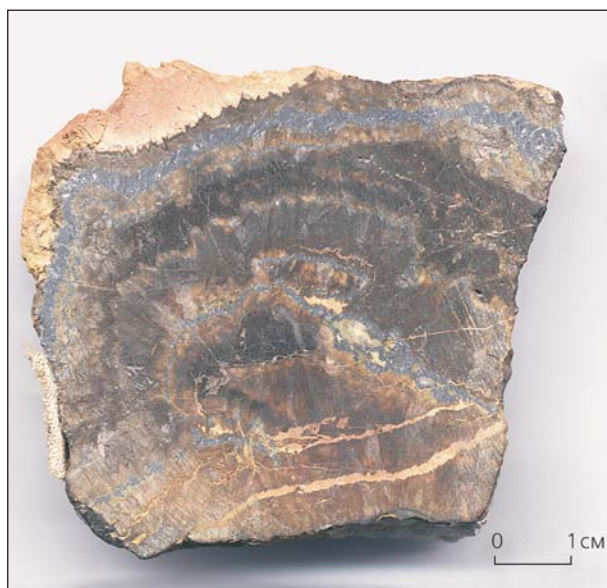


Схема металлогенического районирования Верхоянской золото-серебряной провинции. 1 — рудоносный стратиграфический уровень C_3-P_1 ; 2 — грабенообразные прогибы, заполненные рифейскими и нижнепалеозойскими осадками; 3 — интрузивы кислого состава; 4 — вулканиты кислого состава; 5 — границы предверхоянского краевого прогиба; 6—9 — разломы: 6 — сквозные региональные, 7 — переходного типа, 8 — надвиги, 9 — рифтогенные; 10—13 — металлогенические границы: 10 — Верхоянской золотосеребряной провинции, 11 — металлогенических областей, 12 — Верхоянской серебрянорудной провинции (предполагаемые), 13 — рудных районов (Т — Тоипо-Делининского); 14—15 — месторождения: 14 — золоторудные (1 — Кючус, 2 — Сентачан, 3 — Аркачан, 4 — Сарылах, 5 — Бадран, 6 — Нежданниковское, 7 — Дуэт), 15 — серебрянорудные (8 — Мангазейское, 9 — Прогноз, 10 — Заря, 11 — Хачакчан).

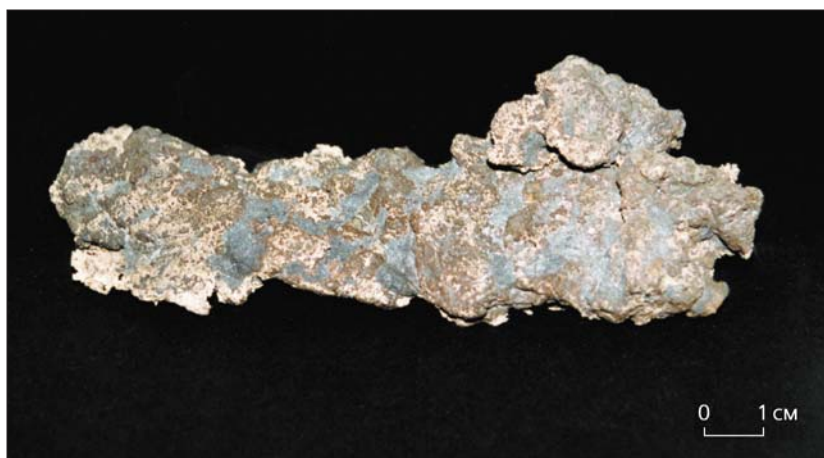


Мангазейское месторождение. Слева — галенит-тетраэдритовая серебряная руда. В верхней части образца — развальцованный галенит (PbS), в нижней — серебросодержащий тетраэдрит. Справа — серебряно-сульфидная руда. В верхней части образца — гематит-сфалеритовая минеральная ассоциация, в центре жилы — серебро-кварц-галенитовая и внизу — сидерит-пиритовая. Коллекция М.М.Константинова.

Здесь и далее фото автора



Месторождение Прогноз. Карбонатно-сульфосольно-серебряные руды. Слева — фестончатые, справа — колломорфные. Коллекция М.М.Константинова.



Месторождение Хачакчан. Самородки серебра. Коллекция музея ЦНИГРИ.

ном направлении на 2000 км, пересекая не только исследуемую территорию, но и Вилюйскую синеклизу, и Колымский срединный массив. На продолжении глубинных разломов в Вилюйской синеклизе расположен газонефтеносный бассейн. В пределах складчатой системы наблюдается интенсивное развитие карбонатизации анкерит-сидеритового характера (Fe , Mg , CO_2) в околожильном пространстве, в составе рудных тел и в виде самостоятельных карбонатных линз. Это резко отличает данную область от других площадей развития верхоянского терригенно-сланцевого комплекса. Сходное (северо-восточное близширотное) простираие имеют грабенообразные прогибы, заполненные рифейскими и нижнепалеозойскими осадками. В отличие от расположенного на северо-востоке хр. Черского регион беден гранитоидными интрузиями. Основная особенность металлоносности — преобладание серебряно-свинцово-сурьмяных месторождений (Прогноз, Мангазейское, Хачакчан и др.). Высокие концентрации в рудах серебра и значительные ресурсы этого металла на отдельных объектах позволяют предполагать их рентабельность даже в труднодоступных районах Западного Верхоянья.

Наиболее продвинуто по детальности изучения — месторождение Прогноз [4]. Рудные тела представляют собой минерализованные зоны дробления большой протяженности в триасовых песчано-сланцевых толщах. Наиболее крупное рудное тело — Главное — прослежено на 4 км. Широкое развитие в рудах полосчатых, фестончатых, кокардовых и тонкополосчатых текстур свидетельствует, скорее всего, об очень небольших (несколько сотен метров) глубинах формирования месторождения. Процесс минералообразования был многофазным, причем серебро кристаллизовалось многократно, будучи устойчиво свя-

занным с сульфосолями (главным образом, тетраэдритом — Cu_3SbS_3), температуры кристаллизации которых оцениваются в 200—100°C. В целом параметры рудных тел и содержания полезного компонента весьма устойчивы, что определяет большие перспективы освоения этого объекта.

Месторождение Мангазейское располагается в пределах антиклинальной складки. Субпластовые (стратиформные) рудные тела прослеживаются в толще песчаников и сланцев на границе позднего карбона и ранней перми. Детально изучивший месторождение А.В.Костин [5] по масштабам относит его к уникальным. Наиболее крупные рудные залежи с высокой концентрацией серебра в совокупности простираются более чем на 30 км. В отдельных участках содержание Ag достигает 20—25 кг/т. С экономической точки зрения важно и то, что в рудах наблюдаются повышенные количества свинца (23—26%). Как и на Прогнозе, серебро в основном входит в состав тетраэдрита. В первичных (неокисленных) рудах самородное серебро встречается в виде округлых и вытянутых выделений алларгентума (разновидности с 8—15% олова) и сурьмянистого серебра в песчаниках ранней перми, содержащих значительное количество органического вещества — шунгита. В пираргирите (Ag_3SbS_3) серебро образует тончайшие прожилки и пластинки, причем максимум его выделений приходится на завершающую стадию рудного процесса. В межминеральных пространствах оно слагает небольшие гнезда (от 0.5 до 3—4 мм), нарастает на друзовидные

кристаллы сульфосолей, иногда полностью цементируя пустоты. В зоне окисления серебро отмечается в карбонатных прожилках с малахитом и самородной медью, а также цементирующим обломочные зерна в песчаниках. Костин полагает, что Мангазейское месторождение имеет гидротермально-осадочное происхождение и сформировалось на дне палеобассейна в ранней перми. Основания для такой гипотезы действительно существуют, поскольку стратиграфический уровень поздний карбон—ранняя пермь прослеживается на всей территории Верхоянья, а на юге с ним связаны стратиформные залежи золотокварцевых руд.

В крупной северо-восточной Томпо-Дельнинской зоне, на юге сереброносной провинции, размещаются необычайно богатые серебром месторождения Заря, Ночка, Хачакчан. В их зоне окисления встречаются большие самородки серебра, буквально лежащие на поверхности. Некоторые из них украшают не только местные коллекции, но и музеи Москвы и Санкт-Петербурга. Когда я поинтересовался в геологическом музее Всесоюзного геологического института, какие материалы сохранились по серебряным месторождениям Западного Верхоянья, оказалось, что коллекция из Мангазейского месторождения собрана еще академиком (а тогда — профессором) С.С.Смирновым.

Сегодня мы уже достаточно определенно можем утверждать, что серебро в основном не связано с оловянной металлогенией, а представляет самостоятельный, важнейший и для науки, и для практики элемент За-

падного Верхоянья, за которым, я в этом уверен, большое будущее. На современном уровне изученности представляется наиболее вероятным, что промышленные концентрации серебра обусловлены несколькими тектоно-металлогенетическими циклами, начиная с ранней перми и кончая поздней юрой — ранним мелом. И только один из них (второстепенный) связан с оловоносными гранитоидными системами. Серебро, по-видимому, поступает с потоками флюидов по многократно активизированному сквозному глубинному разлому, функционировавшему с протерозоя.

Несколько слов о пользе этого элемента. Старинные княжеские и графские семейства, вкушавшие жареных фазанов с серебряных блюд, может и не подозревали, что серебро обладает целебными свойствами. Утверждают, что вода, заключающая ионы серебра, очень полезна для здоровья, поскольку ионы серебра обладают антибактериальными свойствами. В Индии серебро раскатывают в тонкую фольгу и в нее завертывают лечебные таблетки, которые, таким образом, приобретают двойное целебное воздействие на организм: серебро, растворяясь, начинает уничтожать вредоносные бактерии, а таблетки их добывают.

Я все это клоню к тому, что наш замечательный фармацевт г-н В.Брынцалов наверняка ведь читает журнал «Природа»! И может быть, захочет выделить часть своих, упорным трудом заработанных капиталов на освоение якутских серебряных месторождений. От этого будет польза всем: и ему, и якутам, и здоровью нации. ■

Литература

1. Смирнов С.С., Константинов М.М., Борисов Г.И. // Проблемы советской геологии. 1934. №4. С.1115—1121.
2. Константинов М.М. Серебряный гигант России // Природа. 1998. № 9. С. 45—52.
3. Константинов М.М., Аристов В.В., Соловьев К.В. // Отечественная геология. 2003. №3. С.24—27.
4. Гамянин Г.Н., Аникина Е.Ю., Бортников Н.С. // Геология рудных месторождений. 1998. Т.40. №5. С.440—459.
5. Костин А.В. // Отечественная геология. 1997. №1. С.8—16.

Отменный рыболов и красавец зимородок

В.И.Булавинцев,

кандидат биологических наук

Институт проблем экологии и эволюции им.А.Н.Северцова РАН
Москва

Обрыв выделялся светлым пятном на заросшем лесом берегу реки. Обвисшие корни деревьев отчасти скрывали вход в норку, устроенную на вертикальной стенке, чуть ниже задерненного верхнего края обрыва. Такое место здесь, в верховьях Западной Двины, сразу не сыщешь. Высокие берега не редкость, но все больше пологие. Где тут нору вырыть? Хорек или ласка доберутся до нее в два счета, и прощай потомство. На обрыве до норы не долезть, да и место безлюдное. Редкий рыбак из полувывершей деревушки пройдет хрустким каменистым берегом, заросшим осокой да мятой, пугая полчища синекрылых стрекоз. По-кошачьи вскрикнет потревоженная иволга, и снова только глухой неровный шум речного переката снизу да неумолчный говор листвы на речном яру.

Такое место — самое подходящее для хозяев норки, вырытой в песчаной стене обрыва. А вот и один из них дал о себе знать снизу, от реки, пронзительным криком: «ци-и фи, ци-и фи». А чуть позже, шумно фуркая крыльями, явился и сам крикун — зимородок (*Alcedo atthis*). Уселся неподалеку от норы на свисший с обрыва серый березовый корень. Что тут скажешь — чудо как хороша птичка.

Ростом невелика, чуть меньше скворца будет. Довольно большая для кургузого короткохвостого

тельца голова с длинным острым клювом укрыта синей, в светлых пестринах, шапочкой. Щеки коричневатые. Ниже — синие усики. От ушей, они у птиц перышками прикрыты, к затылку — белые полоски. На горле светлый треугольничек, вершиной к клюву. Плечи и крылья синие в светлых крапинках. Спина и хвост атласные лазорво-голубые. Грудка и брюшко золотисто-каштановые. Лапки короткие, кораллово-красные, со сросшимися у основания пальчиками, напомина-

ют крошечные грабельки. Такими норку копать удобно.

Сидит птичка столбиком, в клюве рыбка серебром чешуи поблескивает — корм для сипло свиристящих в глубине норы птенцов. Там, на длинную вытянутой руки, коридор, в конце его гнездовая камера, где на рыбьих косточках и чешуе сидят пять-шесть вечно голодных птенцов.

Зимородок-отец, только что прилетевший с уловом, отличается от своей подруги чуть большей яркостью пера. У самочки перышки



Перед вылетом из гнезда с кладкой.



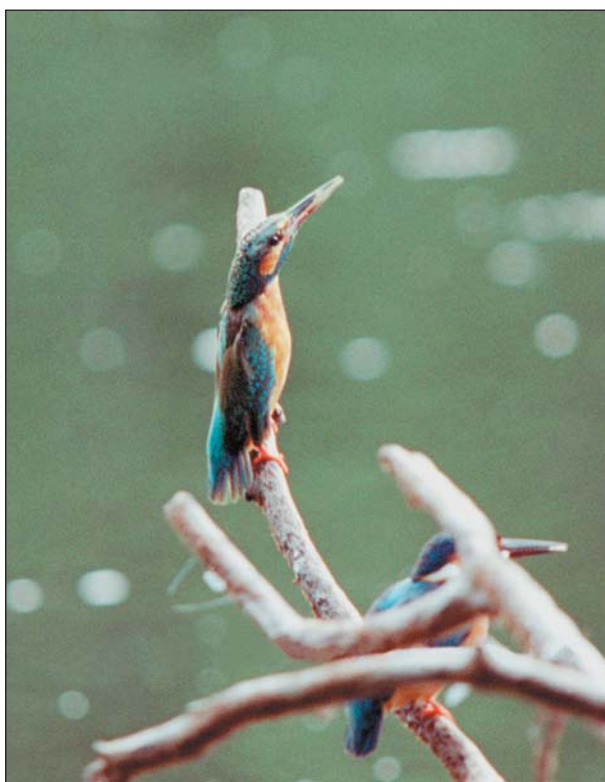
С только что пойманной рыбкой. Здесь и далее фото автора



За подготовкой рыбного блюда.



Еще не вполне самостоятелен для рыбной ловли.



Двое на ветке. Самец с рыбкой для потомства, самка в любовном томлении.



Для продолжения рода.

плеч и крыльев немного зеленее, но разницу можно заметить только вблизи, когда они рядом сидят.

Уселся самец с рыбой в клюве, осматривается, в гнездо сразу не летит. Убедившись, что все вокруг спокойно, пискнул пронзительно — «ци-и, ци-и» — и юрк в норку, да так быстро, что глазом моргнуть не ус-

пешь. А секунд через пять, пяться, из норы выпал, развернулся на месте, мелькнул синей искрой, как на салазках скатился по песчаной осыпи обрыва. Уж и след простыл, снизу от реки кричит.

Кормящий зимородок вылетает из норы спиной, в гнезде места мало, все птенцами занято. В такой тесно-

те разворачиваться — только время даром терять. А вот из гнезда с яйцами птичка выбирается головой вперед. Высунется по плечи, осмотрится и только потом улетает на волю.

Покормив птенцов, зимородок с размаху плюхается в воду и тут же выныривает, садится на ветку приотпленного дерева. Отряхнется,

лапкой поскребет головку, клювом взъерошит перышки на груди и спине, почистит крылышки и снова в воду. И так раз пять кряду.

В норе у птенцов довольно грязно, и кормящей птице часто приходится купаться. А помылась, почистилась и с криком пулей полетела у самой воды к любимому насесту в тихой заводи — рыбу высматривать.

Зимородок рыболов отменный, без добычи не останется. Охотится он не только с насеста-веточки. Бывает, летит синим самоцветом над рекой и вдруг взмлет круто вверх и зависнет метрах в восьми над речной гладью, только крылья раскрытыми веерами на солнце жемчужно посверкивают. Колибри да и только. Слово из цветка-невидимки нектар в небе пьет. Секунд через пять отлетит в сторону и снова зависнет в одной точке, рыбу выискивает.

Случается, поймает зимородок рыбку покрупнее, с себя ростом. Держит редкую добычу: клюв циркулем, острый язычок между половинками клюва торчит. Перехватит рыбку так, чтобы она на одну сторону клюва свесилась, и давай головой из стороны в сторону мотать, рыбешку о сучок добывать. Старается до тех пор, пока добыча в клюве мертвой не обвиснет. Чуть отдохнул и полетел к гнезду.

Самка вторую кладку в соседней норе греет, а супруг один старается, с утра до вечера птенцов кормит. Раз за два в час по рыбке приносит, но и о себе не забывает, нет-нет да и проглотит рыбешку, личинку стрекозы или водяного жука. Не легкое дело одному детей докармливать. А бывают дни и совсем трудные. Это когда крепкий ветер рябь по воде гонит или того хуже — сильный дождь водную гладь словно дробью сечет. Не видно зимородку рыбы, одна надежда, что битую щукой, окунем или жерехом, большую да убогую на поверхность серебряным боком вывернет.

Если есть в мире птиц педанты, то зимородка смело можно причислить к ним, и даже в первую очередь. Птица эта не любую ветку выберет для присады, а только давно облю-

бованную, лапками чуть ли не добела вытертую. И в любовных играх порядок заведен строгий, все как по прописи.

Готовая к ласкам самочка вылетит из гнезда и сядет на ветку у воды, почистится, выкупается для разнообразия. Посматривает по сторонам, друга дожидаясь. Он на рыбалке, ему детей кормить надо, из первого, предыдущего выводка. Но вот насторожилась птичка, что-то услышала и негромко пискнула несколько раз: «ци, ци, ци». На голос подружки явился отец семейства с рыбкой в клюве. Уселся рядом, в гнездо, как заведено, не спешит — оглядеться надо. Нетерпеливая хозяйка торопит его, раздраженно чвикает, даже клевать пыгается.

Улетел самец к детям, секунд через семь возвращается и с размаху плюх в воду. Понырлял, перо почистил. Самочка ждет. Распушилась, на лапках присела пониже, крылышки приспустила, нежно попискивает. Не выдержал кавалер, шумно взлетел, завис над самочкой и тут же опустился ей на спину. Крыльями себе помогает равновесие удерживать. В раж войдет, подружку клювом за темечко треплет-щиплет. Головка у размножающейся самочки от того более плоская и серая — перышки то повыщипаны.

Секунд через пять угомонится ухажер, оставит супругу в покое и сразу на промысел. А она в гнездо не торопится. Искушается, почистится и замрет, разомлев на солнышке. Бывает, и дождетс супруга еще раз, а уж тогда или в гнездо вернется, или на кормежку отправится.

На любовные утехы тратят зимородки секунд по двадцать в день примерно в течение недели, пока самочка яйца кладет. И все это время самец держится гоголем, бойко и решительно. А подружка его уж такая скромница!

Но вот кладка завершена, и самочку не узнать, словно подменили птичку. Куда делась робость перед супругом? Теперь он трепещет перед ней. Покормит птенцов, присядет рядом, когда она отдыхает на воле, а сам чуть дышит. Она же вытянется

столбиком, голубой хвостик веером распушит, головка клювом в небо. Пропищит что-то строго, и супруг аж на веточке распластается, ослабленными крылышками трепещет. Пискнет что-то самка напоследок и полетит отдыхать часа на полтора, а он без задержки — в гнездо, кладку греть. Благо к этому времени вылет птенцов предыдущего выводка начался, а тех, что еще в гнезде остаются, пореже кормить можно.

Насиживание кладки занимает у зимородков около 20 дней, а птенцы сидят в норке больше трех недель. Только последние 10—12 дней отец кормит их в одиночку.

Вылетает молодежь сразу, без тренировки крыльев. На второй день после вылета птенцы уже ныряют не хуже взрослых. Слетки мало чем отличаются от родителей. Пожалуй, грудка чуть погрязней окраской да клюв и хвостик покороче.

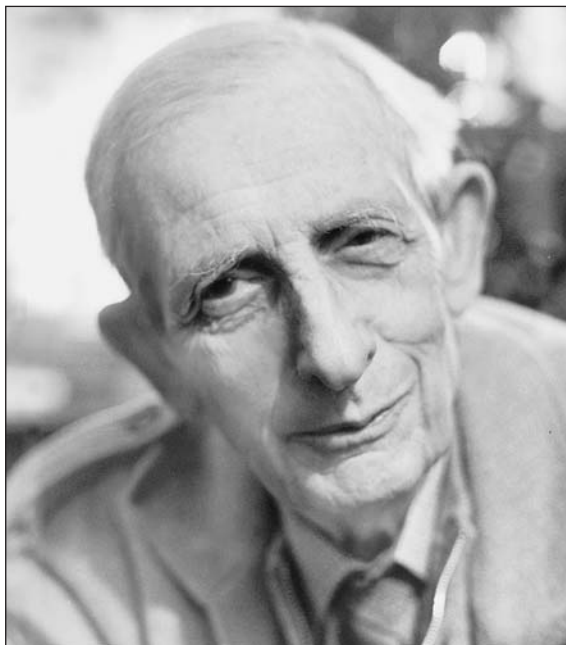
Вылетели птенцы, а у самца новые заботы — самке помогать очередную кладку насиживать. А там уж вскоре и новое потомство кормить надо, сначала с подружкой вместе, а после, возможно, и одному, если она надумает третью кладку насиживать. Бывает и такое. Даже в нашей средней полосе зимородки умудряются по два выводка на ноги поставить.

На зимовку отправляются в разное время: кто в августе—сентябре, а кто и до октября задерживается. Уж и лед стал, только тогда последние рыболовы покидают родину, направляясь в Южную Европу, на юг Азии или в Северную Африку. Изредка остаются зимородки у нас и в зиму, если есть на водоемах незамерзающая вода и рыбы вдоволь.

Улетевшие вернуться с зимовки домой, если в живых останутся. Появятся сразу после весеннего паводка. Если услышите после половодья пронзительный крик над рекой или озером «ци-и фи, ци-и фи», значит, зимородок вернулся. Может быть, старый, тот, что детей уже не раз растил, ведь зимородки доживают лет до пятнадцати. А может, и молодой, прошлогоднего выводка, но уже готовый к нелегкой птичьей семейной жизни. ■

ГЛАВНЫЙ КОНСТРУКТОР

К 100-летию Юлия Борисовича Харитона



1992 г.

Фото Р.Дель Тредичи.

Трудно переоценить вклад академика Харитона (1904–1996) в создание ядерного щита страны. После американских атомных бомбардировок Хиросимы и Нагасаки в августе 1945 г. стало ясно: обстоятельства вынуждают нашу державу в короткие сроки создать собственное атомное оружие, чтобы восстановить стратегическое равновесие. Юлий Борисович – вторая после И.В.Курчатова ключевая фигура в выполнении этой задачи. На Харитона была возложена персональная ответственность за организацию разработки конструкции атомной бомбы, а затем и ее испытание. Он же стал научным руководителем работ по созданию водородной бомбы. Успешное решение проблемы разрушило монополию США в этой области. Создание ядерного арсенала страны потребовало интенсивных усилий научной мысли, стремительного развития инженерно-технических разработок и рождения новых отраслей промышленности. Руководимый Харитоном Российский Федеральный ядерный центр в Арзамасе-16 (ныне снова Саров) стал центром мирового масштаба.

Заслуги академика Харитона были высоко оценены. Он трижды Герой Социалистического Труда, лауреат Ленинской и трех Государственных премий, награжден золотыми медалями им.И.В.Курчатова и М.В.Ломоносова. Всех прижизненных почестей не перечесать. В научной среде бытует убеждение, что теперь Российскому Федеральному ядерному центру надлежит по праву присвоить имя Ю.Б.Харитона. Государственная Дума приняла такое решение и дважды обращалась с ним в Правительство. На том же настаивают профессор Л.В.Альтшулер, академики А.Ф.Андреев, Е.П.Велихов, В.Л.Гинзбург, Н.С.Кардашев, Е.Л.Фейнберг, В.Е.Фортов. Не в частных беседах, а в газетах и даже в письме Президенту В.В.Путину.

В повседневной жизни Юлий Борисович был скромен и деликатен, что не мешало деловой твердости и целеустремленности. За его сдержанностью скрывалась душа, отнюдь не чуждая поэзии. Коллеги вспоминают, как интересны были беседы с ним и о науке, и об искусстве.

Многое вместила в себя его судьба. Он с нежностью писал о своей дорогой жене Марии Николаевне, с которой «прожил такую счастливую жизнь», о дочери Тате, о внуках и всегда окружавших его семью друзьях – Н.Н.Семенове, В.Н.Кондратьеве, П.Л.Капице, А.И.Шальникове, Я.И.Френкеле...

«Природа» – тоже в дружбе с Юлием Борисовичем. Когда спала завеса секретности, его имя все чаще появлялось на наших страницах. Сегодня, в честь его столетия, мы помещаем три очерка, которые, вместе с фотографиями, проливают свет на жизнь и незаурядную личность Юлия Борисовича Харитона.

Подвиг Юлия Борисовича Харитона

А.К.Чернышев,

доктор физико-математических наук

Российский Федеральный ядерный центр —

*Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики
Саров, Нижегородская область*

Становление

Юлий Борисович Харитон родился в Петербурге 27 февраля 1904 г. Его отец, Борис Осипович Харитон, был известным журналистом, а мать, Мирра Яковлевна Буровская, — актрисой.

С 13 лет Харитон поступает на работу — сначала в библиотеку писемоводителем, а в 15 лет становится учеником механика. При этом продолжает учиться в реальном училище, по окончании которого в 15 лет пытается поступить в Технологический институт, куда его не берут по молодости лет.

Спустя год он уже студент Политехнического института, а еще через три года (параллельно) — аспирант *alma mater* советской физики — знаменитого Физико-технического института.

Ленинградский Физтех. Школа Абрама Федоровича Иоффе. В те далекие годы в его стенах собрался весь цвет будущей отечественной физики: Н.Н.Семенов, которого Юлий Борисович считал своим учителем, И.В.Курчатов, А.П.Александров, А.И.Алиханов, И.К.Кикоин, Г.В.Курдюмов, Я.И.Френкель, А.И.Шальников... Пройдут годы, и эти ученые возглавят крупней-

шие научные центры страны, откроют новые направления в науке, выведут физику на передовые рубежи.

Первой научной работой Юлия Борисовича (1924) было исследование критической температуры конденсации металлических паров. Он обнаружил, что она зависит от их плотности. Затем Николай Николаевич Семенов, Харитон и Шальников провели большую серию работ по взаимодействию молекул с поверхностью твердых тел. Эти работы оказались важны не только с общезначимой точки зрения, но и своими приложениями.

В 1926 г. Ю.Б.Харитон и его аспирантка З.Ф.Вальта, исследуя свечение при окислении паров фосфора кислородом, открыли явление нижнего предела воспламенения по давлению кислорода. Появилась их статья «Окисление паров фосфора при малых давлениях», ставшая основой для создания теории разветвленно-цепных реакций. В 1927 г. Семеновым было проведено более детальное исследование критерия воспламенения и дано первое теоретическое истолкование механизма явления, явившееся основой для создания теории разветвленно-цепных реакций. Сохранился экземпляр книги Семенова «Цепные реакции», вышедшей

в 1934 г., с дарственной надписью: «Дорогому Юлию Борисовичу, который первый толкнул мою мысль в область цепных реакций».

При поддержке Иоффе, Капицы и Семенова Харитон в 1926 г. командирован в Англию, в лабораторию Резерфорда. За работу «О счете сцинтилляций, производимых альфа-частицами» Юлию Борисовичу была присвоена ученая степень доктора философии.

«Продолжая думать о будущем направлении исследований, — вспоминает Харитон, — я пришел к выводу, что надо заниматься взрывчатыми веществами, что это интереснейшие химические процессы, связанные и с химией, и с физикой, что они будут полезны для военного дела, и я предложил Н.Н.Семенову начать эти работы. Я решил заняться проблемой детонации взрывчатых веществ. Н.Н. очень поддержал эту идею*». В 1931 г. Харитон возглавил в Институте химической физики лабораторию взрывчатых веществ и по праву считается основателем советской школы физики взрыва.

В работе «Прекращение детонации взрывчатых веществ при малом диаметре заряда»

* Воспоминания Ю.Б.Харитона цитируются по книге: Юлий Борисович Харитон. Путь длиною в век. М., 1999.



Н.Н.Семенов в кругу учеников
и сотрудников. Справа от него —
Ю.Б.Харитон. 1924—1925 гг.



С А.И.Шальниковым.

Из воспоминаний Ю.Б.Харитона:

«Писать удается редко, и я могу не успеть написать о моей дорогой жене Марии Николаевне, благодаря которой я прожил такую счастливую жизнь.

В молодости Мусенька была очень хороша собой: и лицом, и пропорциональной стройной фигурой, еще улучшенной годами балетной тренировки, и удивительно изящной формой рук и ног. В старости особенно ярко были видны ее душевные качества и интеллект. С моими друзьями и с друзьями и знакомыми нашей дочери Таты и ее мужа Юры Семенова у Муси были свои отношения, часто более задушевные, чем мои <...>. Мусенька очень обогатила мой духовный мир. Смолоду я плохо знал и понимал музыку. А Мусенька хорошо знала и чувствовала музыку и многому меня научила, вовлекая в походы в филармонию и обсуждая услышанное».



Юлий Харитон. 1924 г.

(1939), выполненной совместно с В.С.Розингом, Харитон впервые сформулировал принцип устойчивого распространения детонации (принцип Харитона). Ему удалось простыми средствами показать существование критического диаметра детонации для нитроглицерина. Критический диаметр для взрывчатых веществ стал новым понятием, важным для физики взрыва и ее приложений, включая теорию, расчет, методику экспериментов и ряд конкретных технических решений.

С 1929 по 1946 г., до самого отъезда на «объект», Юлий Борисович — заместитель ответственного редактора «Журнала экспериментальной и теоретической физики». В 1936 г. он развил общую теорию центри-

фугального разделения газовых смесей, выводы которой справедливы и для случая разделения изотопов.

В 1939 г. Харитон и Зельдович начинают публиковать результаты анализа механизма деления урана, идущего по схеме разветвляющейся цепной реакции. В последующие три года ими исследованы условия осуществимости цепной реакции распада в природном уране, в гомогенной смеси его с различными замедлителями нейтронов, и, что особенно существенно, в смеси, обогащенной изотопом 235. От этих работ остался в силе основной вывод: реакция не идет в металлическом уране, в окиси урана, в смесях урана с обычной (т.е. легкой) водой — необходимо обогащение урана легким изотопом.

В годы войны Харитон, по предложению Семенова, прикомандирован к НИИ-6 (Наркомата боеприпасов страны). За успешно выполненные исследования он в 1944 г. награжден орденом Красной Звезды, а в 1945 г. — орденом Трудового Красного Знамени.

Атомный проект

Общий потенциал страны — экономический, научно-инженерный, человеческий — уже был подготовлен к решению этой грандиозной проблемы. До начала войны советские физики располагали рядом первоклассных научных центров в Москве, Ленинграде, Харькове.

В 1940 г. при Президиуме АН СССР была образована Ко-



Муса Жуковская (М.Н.Харитон). 1920-е годы.

миссия по проблеме урана (В.Г.Хлопин — председатель, В.И.Вернадский — зам. председателя, А.Ф.Иоффе — зам. председателя, С.И.Вавилов, А.Л.Виноградов, П.Л.Капица, И.В.Курчатов, А.Е.Ферсман, Ю.Б.Харитон и др.). С 1933 по 1940 г. было проведено пять всесоюзных конференций по ядерной физике.

В 1943 г., практически в самом начале работ по атомному проекту СССР, Курчатов привлек к ним Харитона, который стал членом Технического совета при Спецкомитете (позднее это Научно-технический совет Первого главного управления, ПГУ). До отъезда в Саров в 1946 г. он участвовал в 26 заседаниях Совета, принимал участие и в работе Спецкомитета при Государственном комитете обороны.

9 января 1947 г. Харитон сделал доклад о состоянии разработки атомной бомбы на совещании Сталина с руководителями атомного проекта. Конструкторское бюро (КБ-11) быстро превратилось в мощный научно-технический центр, в котором сосредоточились все работы сначала по атомной бомбе, затем водородной, серийному производству, а затем и термоядерным боеприпасам...

Принципиальная схема первой советской атомной бомбы была аналогом американской Fat Man, но все элементы, а самое главное плутоний, были отработаны и получены в кратчайшие сроки, фактически на вновь созданных предприятиях, в новых отраслях промышленности... Подготовка к испытанию атомной бомбы потребовала исключительно больших усилий не только по ее разработке, но и по созданию ядерного полигона, научно-методическому и научному планированию опыта.

Выдающаяся роль Харитона в этой грандиозной работе получила оценку на одном уровне с оценкой работы Курчатова. Харитон стал Героем Социалистического Труда и лауреатом Сталинской премии I степени. Курчатов и Харитон были особо выделены среди других участников атомного проекта.

«...Я поражаюсь и преклоняюсь перед тем, что было сделано нашими людьми в 1946—1949 годах, — писал Юлий Борисович. — Было нелегко и позже. Но этот период по напряжению, героизму, творческому взлету и самоотдаче не поддается описанию. Только сильный духом народ после таких невероятно тяжелых испытаний мог сделать совершенно из ряда вон выходящее: полуголодная и только что вышедшая из опустошительной войны страна за считанные годы разработала и внедрила новейшие технологии, наладила производство урана, сверхчистого графита, плутония, тяжелой воды... Через четыре года

после окончания смертельной схватки с фашизмом наша страна ликвидировала монополию США на обладание атомной бомбой. Через восемь лет после войны СССР создал и испытал водородную бомбу, через 12 лет запустил первый спутник Земли, а еще через четыре года впервые открыл человеку дорогу в космос. Создание ракетно-ядерного оружия потребовало предельного напряжения человеческого интеллекта и сил. Почти пятьдесят лет ядерное оружие удерживало мировые державы от войны, от непоправимого шага, ведущего к всеобщей катастрофе»*.

Юлий Борисович высоко ценил работу атомных разведчиков. Но лишь в 1992 г. он смог, притом первым в нашей стране, опубликовать информацию о роли разведки в атомном проекте. Исключительную ценность представляли данные, полученные от Клауса Фукса**, хронология контактов с которым охватывает период с конца 1941 по начало 1949 г. (в 1959 г. Харитон через Д.Ф.Устинова ходатайствовал о награждении Фукса государственной наградой СССР). Но если в 1941—1945 гг. роль разведывательной информации была первостепенной, то в 1946—1949 гг. главное значение приобрели собственные усилия и собственные достижения. Атомные взрывы в Хиросиме и Нагасаки в августе 1945 г. привели к выводу о необходимости форсировать работы по созданию советского атомного оружия.

Президент США долго не мог поверить, что «эти азиаты могли сделать такое сложное оружие, как атомная бомба». 31 января 1950 г. Трумэн объявил о своем

* См. в книге «50 лет мира», Саров, 1999.

** К.Фукс (1911—1988), немецкий физик-теоретик. В 1933 г. эмигрировал в Англию. Внес существенный вклад в разработку атомного и термоядерного оружия в США и Англии. По идейным соображениям помогал СССР, сообщая данные, касающиеся атомных проектов Англии и США.

решении начать полномасштабную программу разработки супербомбы (водородной бомбы).

Задача создания термоядерного оружия СССР была официально сформулирована Постановлением Совета министров СССР от 10 июня 1948 г.

Осенью этого года А.Д.Сахаров независимо от Э.Теллера приходит к идее гетерогенной схемы с чередующимися слоями из дейтерия и U-238. Лежащий в ее основе принцип ионизационного сжатия термоядерного горючего называют «сахаризацией» (первая идея). В конце 1948 г. В.Л.Гинзбург предложил использовать в качестве термоядерного горючего дейтерид $Li^6 D$ (вторая идея).

Научным руководителем работ по созданию изделий РДС-6с и РДС-6т (так обозначались первые образцы ядерных и термоядерных зарядов) был назначен Ю.Б.Харитон, заместителями И.Е.Тамм и Я.Б.Зельдович.

Изделие РДС-6с представляет собой водородную атомную бомбу, как ее называли сами разработчики, или, говоря современным языком, атомную бомбу с термоядерным усилением. Взрыв такой бомбы определяется термоядерной реакцией между изотопами водорода, а основным источником выделяющейся при этом энергии становится расщепление ядер изотопов урана 238 и 235 нейтронами, образующимися в термоядерной реакции.

Отметим некоторые принципиальные моменты.

Разработка математических методов детального расчета, выполненная по заданиям КБ-11 группами Л.Д.Ландау, А.Н.Тихонова, К.И.Семендяева, И.М.Гельфанда, Л.В.Канторовича, В.Л.Гинзбурга, потребовала серьезных исследовательских и больших вычислительных усилий (количество арифметических операций исчислялось многими десятками миллионов).

Создание РДС-6с было связано с исключительно большим объемом газодинамических ис-



Клаус Фукс.

следований, которыми руководили К.И.Щелкин и В.К.Боболев. В работах участвовали лучшие коллективы многих научных центров страны.

Руководил испытаниями, как и в прежние годы, Игорь Васильевич Курчатов. К работам на полигоне были привлечены крупнейшие специалисты страны. Главным конструктором и научным руководителем был Юлий Борисович. Успешное испытание РДС-6с 12 августа 1953 г. на Семипалатинском полигоне полностью подтвердило физические и конструкторские принципы этого типа водородной бомбы, а также метод расчета.

Измеренный различными методами полный тротильный эквивалент равнялся 400 кт и в пределах точности измерений совпал с расчетной мощностью.

Еще до испытания, 9 августа 1953 г., в «Правде» было опубликовано официальное заявление: «...Правительство считает необходимым доложить Верховному Совету, что Соединенные Штаты не являются монополистами и в производстве водородной бомбы».

Между тем «Сводный отчет по испытанию изделия РДС-6с» был написан Зельдовичем и подписан И.В.Курчатовым, Ю.Б.Харитоновым, Я.Б.Зельдовичем, Е.И.Забабахиним и В.С. Комельковым 9 сентября 1953 г.

Ученые-физики из Комиссии по атомной энергии США составили в этой связи доклад, который был представлен президенту. Суть документа состояла в том, что Советский Союз произвел «на высоком техническом уровне водородный взрыв». Авторы доклада констатировали: «СССР уже осуществил кое-что из того, что США надеялись получить в результате опытов, назначенных на весну 1954 г.»

Лауреат Нобелевской премии, руководитель первого теоретического отдела в Лос-Аламосе Г.Бете вполне искренне написал: «Я не знаю, как они это сделали. Поразительно, что они смогли это осуществить».

РДС-6с оказала принципиальное, если не основополагающее, влияние на облик термоядерного арсенала нашей страны. Успешные идеи, взятые из конструкции РДС-6с, долгое время стимулировали разработку термоядерного оружия. В этом видится одна из главных заслуг А.Д.Сахарова. Работа создателей первой водородной бомбы, в том числе и сотрудников КБ-11, была высоко оценена советским правительством. Звания Героя Социалистического Труда были удостоены 10 сотрудников КБ-11. И в их числе Ю.Б.Харитон. Осенью 1953 г. за выдаю-



Первая советская атомная бомба РДС-1

Сообщение ТАСС от 23 сентября 1949 года

Взрыв атомной бомбы РДС-1 на Семипалатинском полигоне 29 августа 1949 года

Заявление Президента США от 23 сентября относительно испытания атомной бомбы в СССР

щийся вклад в разработку первой термоядерной атомной бомбы РДС-6с в Академию наук СССР было избрано 17 человек. Юлий Борисович стал академиком.

В начале 50-х годов помимо конструкции атомной водородной бомбы РДС-6с обсуждалась идея более эффективного сжатия ядерного материала по сравнению со сжатием, которое обеспечивается взрывом химических взрывчатых веществ. Авторами общей идеи, которая может быть названа как идея «ядерной имплозии», были В.А.Давиденко и А.П.Завенягин.

Созданием и успешным испытанием 22 ноября 1955 г. двухстадийного заряда РДС-37, основанного на принципе радиационной имплозии (развитие идеи «ядерной имплозии»), был совершен прорыв в решении проблемы термоядерного оружия, а сам заряд явился прототипом всех последующих двухстадийных термоядерных зарядов СССР.

В работах по созданию заряда РДС-37 принимал участие большой коллектив физиков-теоретиков.

«По-видимому, к «третьей идее» (радиационной имплозии) одновременно пришли несколько сотрудников наших теоретических отделов, — писал А.Д.Сахаров. — Одним из них был я. Мне кажется, что я уже на ранней стадии понимал основные физические и математические аспекты «третьей идеи». В силу этого, а также благодаря моему ранее приобретенному авторитету, моя роль в принятии и осуществлении «третьей идеи», возможно, была одной из решающих. Но также, несомненно, очень велика была роль Зельдовича, Трутнева и некоторых других, и, быть может, они понимали и предугадывали перспективы и трудности «третьей идеи» не меньше, чем я».

В 1958 г. был испытан новый тип термоядерного заряда — «изделие 49». Идеологи проекта и разработчики заряда — Ю.А.Трутнев и Ю.Н.Бабаев. Фи-



С И.В.Курчатовым.



С Я.Б.Зельдовичем. 1970-е годы.



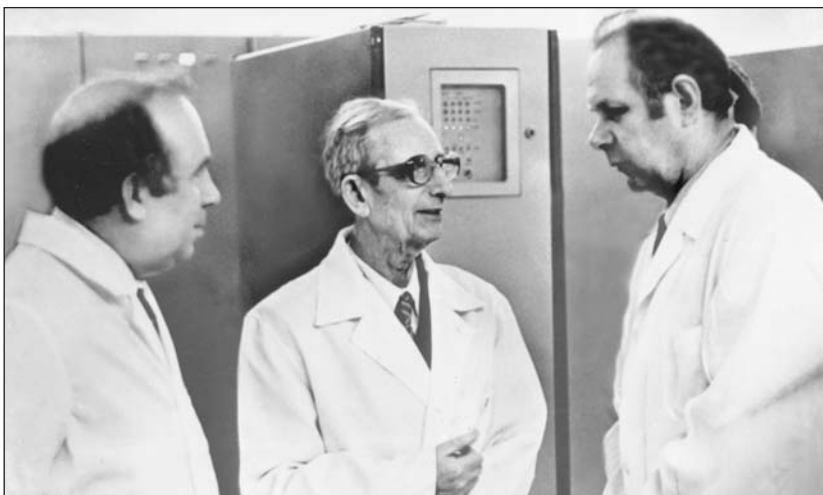
С А.И.Павловским. 1970-е годы



С А.П.Александровым. Июнь 1993 г.



С Ю.А.Трутневым и В.Б.Адамским. Начало 1980-х годов.



С Ю.А.Романовым и И.Д.Сафроновым.

зическая схема заряда оказалась исключительно удачной. Это был следующий важный шаг.

Ядерный арсенал страны

Технология проведения ядерных испытаний, начиная с самых первых, развивалась нашими учеными по собственному, оригинальному пути. Юлий Борисович участвовал практически во всех из них. С 1949 по 1961 г. на Семипалатинском полигоне было произведено более 100 испытаний.

Мало кто знает, что Сталин так и не подписал постановление СМ СССР о первом ядерном испытании. Тем не менее испытание РДС-1 состоялось 29 августа 1949 г. Л.П.Берия был председателем Государственной комиссии, И.В.Курчатов — научным руководителем, Ю.Б.Харитон — заместителем научного руководителя, руководителем всех работ по атомной бомбе. В 1961 г. по инициативе Харитона был проведен первый в нашей стране подземный ядерный взрыв на Семипалатинском полигоне.

На основании записки Юлия Борисовича от 2 февраля 1961 г. «Соображения работников КБ-11 по ряду вопросов развития и испытаний ядерного оружия» летом 1961 г. в ЦК КПСС прошло (под председательством Н.С.Хрущева) совещание, на котором было объявлено о прекращении моратория и начале ядерных испытаний с 1 сентября 1961 г.

Без преувеличения можно сказать, что в ходе ядерных испытаний 1961—1962 гг. были заложены основы ядерного паритета с США.

Проведенные в эти 1,5 года 137 ядерных взрывов дали бесценную информацию, к которой специалисты обращаются и сейчас.

К началу пятидесятых годов главная задача, ради которой создавалось КБ-11, была реше-

на — сконструирована и испытана ядерная бомба. В условиях противостояния с США на первый план вышла задача создания ядерного арсенала страны. Со второй половины 50-х годов номенклатура ядерных боеприпасов начала быстро разрастаться.

В начале 60-х годов в СССР были начаты работы по созданию тяжелой межпланетной баллистической ракеты МБР Р-36, которая впоследствии стала основой нашего ракетно-ядерного щита. С 1967 г. во ВНИИЭФ развертываются полномасштабные работы по созданию термоядерных зарядов третьего поколения для боевого оснащения ракет с разделяющимися головными частями. Многие системы ядерного оружия с такими зарядами находятся на вооружении до настоящего времени.

Во второй половине 60-х годов в США начались масштабные работы по созданию противоракетной обороны. Тогда многие считали, что это даст США одностороннее преимущество. Такая возможность преопределила качественно новые задачи ядерно-оружейного комплекса СССР. Осознание уязвимости наших ракет поражающими факторами ядерного взрыва заставляет Юлию Борисовича опять, как и раньше, энергично ввязаться за дело.

Определяющие тенденции этого времени — повышение удельной мощности ядерных зарядов, стойкости к поражающим факторам ядерного взрыва, обеспечения максимальной боевой эффективности ядерных боеприпасов у цели, безопасности при возникновении аварийных ситуаций, защиты от несанкционированных действий.

Для этих работ во ВНИИЭФ при научном руководстве Юлия Борисовича была создана уникальная экспериментальная база, проведены сложные лабораторные и уникальные физические исследования при подземных ядерных испытаниях.

Необходимо упомянуть, что параллельно с разработкой ядерных зарядов ВНИИЭФ создавал ядерные боеприпасы. Первая серия атомных зарядов типа РДС-1 в количестве 5 ед. была заложена на хранение в Арзамасе-16 еще в 1950 г. Начало ядерному арсеналу Советского Союза было положено здесь!

В последние годы жизни Юлий Борисович был особенно озабочен безопасностью работ, проводимых на ядерных предприятиях. В 1993 г. он последний раз посетил серийный завод, чтобы посмотреть на разборку ядерных зарядов в специальных «башнях», способных локализовать продукты взрыва при аварийной ситуации, ознакомиться с порядком хранения и учета делящихся материалов и с ходом строительства новых специальных безопасных хранилищ.

Щит и меч Харитона

В 1948 г. после успешных полигонных испытаний двух образцов зенитных управляемых ракет (ЗУР) Сталин поставил задачу создать в течение пяти лет систему зенитно-ракетной обороны Москвы. Зенитная управляемая ракета с атомным зарядом, произведенным во ВНИИЭФ, была испытана в 1957 г., практически одновременно с американской «Nike Hercules» (1958).

В 1961 г. Харитон руководил сессией 28 ядерных испытаний на Семипалатинском полигоне и практически одновременно с этим в ноябре 1961 г. организовал проведение опыта по исследованию стойкости автоматики ядерных боеприпасов (ЯБП) и элементов зарядов к поражающим факторам ядерного взрыва. Стойкость военной техники к действию поражающих факторов ядерного взрыва стала одной из магистральных тем в Институте и в отрасли.

Для моделирования воздействия ядерного взрыва на военную технику во ВНИИЭФ были

спроектированы и построены мощные лабораторные облучательные установки и комплексы: сильноточные импульсные ускорители электронов и импульсные ядерные реакторы различных типов. К их числу относятся самый мощный в мире импульсный реактор БИГР и уникальный облучательный комплекс ПУЛЬСАР.

В целях исследования стойкости вооружений и военной техники к действию поражающих факторов ядерного взрыва были проведены 52 специализированных облучательных опыта, которые по своему уровню не уступали аналогичным опытам США.

В 1952 г. в докладной записке «О современном уровне советской ядерной физики и мероприятиях, необходимых для ее развития» Харитон отмечает отрывочный характер целого ряда данных в области теоретической физики, необходимых для понимания процессов в работе уже освоенных «изделий» и существенно важных для создания новых конструкций. Юлий Борисович отмечает недостаточно широкий фронт ядерных исследований в стране в целом. За 50 с лишним лет КБ-11 выросло в мощный мировой научно-технический центр, который занимает по ряду научно-технических направлений передовые позиции в мире. Особая роль в структуре ВНИИЭФ принадлежит физикам-теоретикам, которые ответственны за все звенья технологической цепочки ядерного оружия. Харитон практически каждый день общался с теоретиками... Сейчас физики-теоретики и математики стали мозговым центром ВНИИЭФ.

Юлий Борисович Харитон оказал колоссальное влияние на развитие отечественной прикладной математики и вычислительной техники. Он одним из первых понял роль математического моделирования и расчетов при создании ядерного оружия.

В самом начале работ в КБ-11 он не только привлекал к расчетам самых известных математиков страны, но и постарался создать на объекте собственный сильный математический отдел, который превратился во всемирно известный центр прикладной математики.

Первые образцы отечественных ЭВМ поступили в КБ-11 в 1955 г. За почти 50 лет мощность вычислительного парка возросла в 10^{15} раз.

Главный конструктор, а затем научный руководитель КБ-11 (ВНИИЭФ) Юлий Борисович создавал научно-техническую и технологическую структуру ядерного центра СССР, отлаживал механизм его работы, определял характер задач и способы их решения.

Как руководитель, ответственный за процесс развития ядерного и термоядерного оружия (в первую очередь, ядерных зарядов и боеприпасов), он должен был принимать взвешенные решения, которые часто имели компромиссный характер. Вместе с тем он исключительно ценил действительно новые предложения и как мог содействовал их продвижению.

Фактически каждый ядерный оружейный проект в той или иной степени связан с именем Харитона как главного конструктора, научного руководителя КБ-11, ВНИИЭФ, председателя Научно-технического совета Минатома, организатора ядерной отрасли, а проще говоря — руководителя ядерной оружейной программы СССР.

В конце 80-х годов он обратился с письмом к М.С.Горбачеву, где говорилось: «Глубокое беспокойство за судьбу и состояние ядерно-оружейного комплекса нашего государства заставило меня обратиться к Вам с этим письмом.

Созданный в тяжелые послевоенные годы трудом миллионов советских людей, этот комплекс обеспечил своей продукцией стратегическое равновесие в мире. Советское ядер-

ное оружие явилось мощным фактором сдерживания мировых ядерных конфликтов в течение более сорока лет.

Ядерный комплекс СССР представляет собой систему, обладающую гигантской военной мощью. Такая система должна находиться под жестким, всеобъемлющим и единым государственным контролем. Никакое двоевластие и неопределенность ответственности в такой системе недопустимы. Поэтому, по нашему мнению, ядерный комплекс должен находиться в ведении центральных структур, обладающих исключительной полномочиями над комплексом с возможностью ее реального осуществления.

Считаю себя обязанным доложить, что в связи с надвигающейся потерей зрения и чрезмерным возрастом я, возможно, могу в близкое время потерять работоспособность. Я не считаю себя вправе уйти, не обратившись к Вам с просьбой о встрече с несколькими учеными и руководителями ядерно-оружейного комплекса, несмотря на Вашу невероятную занятость.

Изложенный материал отражает не просто мои мысли, но и сумму их обсуждений с научным руководством институтов (члены-корреспонденты Академии наук тт. Ю.А.Трутнев и Е.Н.Аврорин) и единственным человеком в нашем Министерстве, понимающим проблему в целом — нашим бывшим научным сотрудником, теперь заместителем министра т. В.Н.Михайловым.

Искренне Ваш Ю.Харитон»

В письме, подготовленном на имя Президента России Б.Н.Ельцина незадолго до совещания 21 января 1992 г., на котором решался вопрос о состоянии дел в ядерно-оружейном комплексе, академиками Ю.Б.Харитоном, Ю.А.Трутневым, А.И.Павловским, членом-корреспондентом Е.Н.Аврориным для

предотвращения развала комплекса предлагалось сохранение единства отрасли и предоставление ВНИИ экспериментальной физики и ВНИИ теоретической физики статуса Российских Федеральных ядерно-физических центров...

Уникальный организаторский талант и человеческие качества Харитона predeterminedли успех дела, которому он посвятил жизнь. Он сумел собрать коллектив незаурядных личностей, которым так же, как и ему самому, были свойственны высочайший уровень профессиональных знаний, трудолюбие, целеустремленность, обязательность, исключительная порядочность, требовательное и одновременно уважительное отношение к подчиненным.

Рядом с Харитоном работали академики, конструкторы, ученые и специалисты, крупные организаторы промышленности, каждый из которых был одним из первых в своем направлении: Я.Б.Зельдович, А.Д.Сахаров, И.Е.Тамм, М.А.Лаврентьев, К.И.Щелкин, Н.В.Агеев, Н.Н.Боголюбов, А.В.Ильюшин, Г.Н.Флеров, Н.Л.Духов, Ю.Н.Бабаев, Ю.А.Трутнев, А.И.Павловский, С.Б.Кормер, Е.А.Негин, Р.И.Илькаев, В.Н.Михайлов; И.В.Курчатов, П.М.Зернов, Б.Г.Музруков, Л.Д.Рябев, А.К.Бессарабенко; С.Г.Кочарянц, Д.А.Фишман, С.П.Воронин; Е.И.Забабахин, Ю.А.Романов, И.Д.Софронов, В.А.Цукерман, В.А.Давиденко, В.К.Боболев...

И в этом мощнейшем созвездии талантливых людей Юлий Борисович — очень яркая звезда. Переоценить его заслуги невозможно: именно он 46 лет отвечал перед народом и страной за надежность и безопасность ядерного и термоядерного оружия.

Есть судьбы, о которых говорят: они породнились с веком. Но Юлий Борисович относится к тем редчайшим счастливым, о которых можно сказать больше: они свой век создали! Ибо ХХ век — век атомный. ■

Небольшой экскурс в родословную

А.А.Семенова,

А.Ю.Семенов,

доктор биологических наук

Московский государственный университет им.М.В.Ломоносова

Юлий Борисович Харитон родился в семье известного журналиста Бориса Осиповича Харитона. До недавних пор основным источником сведений о нем были дневниковые записи и устные воспоминания самого Юлия Борисовича. Однако в последнее время появилось достаточно много упоминаний о Борисе Осиповиче. В первую очередь мы имеем в виду вышедшую два года назад в США 5-томную книгу «Русская печать в Риге: из истории газеты “Сегодня” 1930-х годов», написанную американским историком Л.Флейшманом и рижскими историками Ю.Абызовым и Б.Равдиным (Stanford, 1997)*. Один из ее основных героев — отец Юлия Борисовича. Судя по книге, «Сегодня», издававшаяся с 1920 по 1940 г., была одной из самых серьезных и популярных русских эмигрантских газет, включая крупнейшие газеты Берлина и Парижа. Достаточно сказать, что в ней печатались Бунин, Цветаева, Ходасевич, Берберова, Зайцев, Шмелев, Гиппиус, Мережковский, Адамович, Ремизов, Алданов, Георгий Иванов, Тэффи, а из советских авторов — Катаев, Бабель, Новиков-При-

бой, Пантелеймон Романов, Лев Никулин.

Борис Осипович родился в Киеве 25 ноября 1876 г. В 1894 г. напечатал свою первую статью в «Крымском Вестнике». По окончании юридического факультета в 1901 г. он начал издавать газету «Южный Курьер» (Керчь), а после ее закрытия работал в екатеринославском «Вестнике Юга» (1902 г.). Переехав в Петербург, Борис Осипович вошел в состав редакции «Маленькой Всеобщей Газеты», а затем стал выпускающим (ночным редактором) прославленного оппозиционного органа «Сын Отечества» (1904—1905), откуда перешел в газету «Новости». С 1906 по 1918 Борис Осипович работал выпускающим редактором в газете кадетской партии «Речь».

Об этом периоде Юлий Борисович вспоминал: «Главными идеологами газеты были лидеры кадетской партии П.Н.Милюков и И.В.Гессен. Стол его в редакции находился прямо напротив стола Милюкова. В воспоминаниях И.В. Гессена, выпущенных в эмиграции, есть несколько теплых строчек об отце, на котором фактически лежал весь груз превращения поступающего материала в четырехполосную газету. Сам отец не был членом кадетской партии, но по идеологии был близок к каде-

там. Следует отметить, что ответственный редактор нес юридическую ответственность, если в газету проскакивало что-либо крамольное. Хорошо помню, что году в 12-м или 13-м отец попал за такой пропуск на 9 месяцев в известную Петербургскую тюрьму “Кресты”. Мы ходили к нему на свидания — трое детей и наша воспитательница Розалия Ивановна Лоор**.

Приведем строчки из воспоминаний И.В.Гессена: «Чрезвычайно активно и умело, из ночи в ночь, выполнял изнурительную работу выпуска Б.О.Харитон, которому нужно было к концу верстки, уже под утро, спешно разбираться в массе телеграфных и злободневных известий и напрягать все внимание, чтобы не упустить чего-либо существенного и расположить так, чтобы наиболее важное бросалось читателю в глаза».

В 1918 г. Борис Осипович стал одним из основателей Дома литераторов в Петрограде, являвшимся, по определению П.Пильского, «духовным оазисом в пустыне большевизма». Литератор и публицист А. Амфитеатров вспоминал: «Дом литераторов, единственный и последний в Петрограде оплот независимой литературной бра-

* Большинство приводимых далее цитаты взято из этого издания.

© Семенова А.А., Семенов А.Ю., 2004

** Воспоминания Ю.Б.Харитона цитируются по книге: Юлий Борисович Харитон. Путь длиною в век. М., 1999.



Дед Иосиф Давидович Харитон.
1894 г.



Бабушка (имя и отчество забыты).
1894 г.



Мать Мирра Яковлевна Буровская.



Отец Борис Осипович Харитон.

тии <...> был в состоянии сохранить свою самостоятельность в течение двух с половиной лет, хотя Дамоклов меч разгона и закрытия угрожал ему — уж не знаю сколько раз. Хотя жил он в рубище и в жестокой опале, под дождем постоянных доносов — печатных, письменных и устных. Хотя недреманное око Смольного встречало решительно всякое хозяйственное и просветительское начинание “Дома искусств” подозрительным недоброжелательством, как новый “опыт” скрытой контрреволюции. Главным условием независимости “Дома искусств” была его материальная самостоятельность: он не получал от советской власти никаких субсидий. Бился, как рыба об лед, но обходился своими средствами, по-сильно питая 570 человек из еще уцелевшей петроградской интеллигенции».

Известная писательница Татьяна Варшер написала одному из своих друзей в 1936 г.: «Почему ничего не написали мне о юбилее Б.О.Харитона? А я принадлежу к числу тех многих, которым он (с Н.Волковским) не дал умереть с голоду. Если бы не Дом литераторов, другими словами не Харитон с Волковским, — давно меня не было бы на свете <...>. Поздравьте же от меня Харитона — судя по портрету он к 60-ти годам стал красавцем». Крупный журналист Николай Волковский был близким другом и сотрудником Бориса Осиповича. Вместе с ним он учредил Дом литераторов и не раз бывал ходоатаем за арестованных. Харитон писал: «Мне не раз прихо-

Из воспоминаний Ю.Б.Харитона:

«Для ясности надо перейти теперь к моей матери — по рождению Мирре Яковлевне Буровской. Каким-то образом она оказалась актрисой МХАТа. Как могла провинциальная еврейская женщина, бывшая уже замужем, пробиться во МХАТ — мне неясно. По-видимому, были какие-то способности <...>. Когда мне было лет 6 или 7, она поехала (году в 1910—1911) на какой-то из европейских курортов полечиться. Там она познакомилась с одним из известных берлинских психиатров, разошлась с отцом и вышла замуж за этого профессора Эйтингона, одного из последователей Фрейда. В следующий раз я встретился с матерью через 15 лет, когда остановился у нее на несколько дней по пути в Кембридж».

дилось вместе с ним посещать Максима Горького, Луначарского, Бадаева и других влиятельных людей той эпохи, но быть при этом почти безмолвным ассистентом. При этих посещениях не было надобности его дополнять, активность, самую иной раз дерзкую, проявлял он — и почти всегда не без успеха. Говоря конкретно, ему, главным образом, были обязаны безгласные и инертные журналисты и писатели предоставлением им академического пайка, это он добивался различных льгот для Дома литераторов, благодаря ему освобождались из заключения отдельные лица, попадавшие в сети, часто в те годы закидывавшиеся в писательскую и журналистскую гущу, и он же своими хлопотами облегчил группе высланных условия, при которых они покидали родину».

Нам представляется, что здесь Борис Осипович проявляет определенную скромность, принижая собственную роль. Во всяком случае, из устных воспоминаний Ю.Б. Харитона известно, что летом 1921 г. именно Борис Осипович ходил к Горькому ходатайствовать об освобождении арестованного Николая Гумилева. В Центральном архиве ФСБ РФ был обнаружен следующий документ, зарегистрированный 4 сентября 1921 г.



Лида, Люся и Нюся Харитоны с бонной, Розалией Ивановной Лоор. 1910 г.

Петроградское отделение Всероссийского союза писателей, Редколлегия издательства «Всемирная литература», Высший совет «Дома Искусств», Коллегия по управлению «Домом литераторов», Петроградский «Пролеткульт» — в Президиум Петроградской губернской Чрезвычайной комиссии

Председатель Петербургского Отделения Всероссийского союза поэтов, член Редакционной Коллегии Государственного издательства «Всемирная литература», член Высшего совета «Дома Искусств», член комитета «Дома литераторов», преподаватель Пролеткульта, профессор Российского Института Истории Искусств Николай Степанович Гумилев арестован по ордеру Губ. Ч.К. в начале текущего месяца. Ввиду деятельного участия Н.С.Гумилева во всех указанных учреждениях и высокого его значения для русской литературы, нижепоименованные учреждения ходатайствуют об освобождении Н.С.Гумилева под их поручительство.

Председатель Петроградского отделения Всероссийского союза писателей **А.Л.Волынский**,
Товарищ Председателя Петроградского отделения Всероссийского союза поэтов **М.Лозинский**,
Председатель Коллегии по управлению Домом литераторов **Б.Харитон**,
Председатель Петропролеткульта **А.Маширов**,
Председатель Высшего Совета «Дома Искусств» **М.Горький**,
Член Издательской Коллегии «Всемирной Литературы» **Ив.Ладыжников**.



Юлий Борисович Харитон и Николай Николаевич Семенов с супругами. Слева — друг семьи В.Г.Самсонова. Середина 60-х годов.



С женой Марией Николаевной. Конец 1960-х годов.

Харитон был председателем коллегии и директором Дома литераторов. Он редактировал «Летопись Дома литераторов», «Литературные Записки», а также известные сборники «О Смене Вех» и «Петербургский Сбор-

ник». В 1921 г. он выдвинул идею празднования дней рождения Пушкина, которые с 1925 г. отмечались в эмиграции как ежегодный День русской культуры. «Литературные Записки» были закрыты 16 августа 1922 г., и в ту

же ночь Харитон был арестован одновременно с другими представителями вольномыслящей интеллигенции и вместе с ними подвергся высылке из Советской России.

Напомним, что писал об этом периоде в своих дневниковых записях Ю.Б.Харитон:

«В Доме литераторов организовывалось много лекций и концертов. На всю жизнь у меня осталось впечатление от Маяковского, прочитавшего “Сто пятьдесят миллионов”. До этого, хотя мне было уже 16 лет и я уже был студентом, я никак не воспринимал стихи Маяковского как стихи. И после первых же прочтенных им строк как будто пелена спала с глаз, и я почувствовал, что целое море новой поэзии открылось передо мною. Это было одно из самых сильных интеллектуальных потрясений в моей жизни. Там же мне удалось услышать чтение стихов Блоком, Гумилевым, Мандельштамом. Артистические лекции еще молодого Тарле на темы “Людендорф” и “Тирпиц”. Запомнилась — не содержание, а ощущение большой глубины — лекция философа Питирима Сорокина. Было много хороших концертов, особенно запомнилась пианистка Мария Юдина. Выступал Москвин из МХАТа, изображая ярмарочного фокусника. Устраивались и литературные конкурсы на рассказы, присылавшиеся под девизом. Хорошо помню, как первую премию получил еще совсем молодой, но уже успевший побывать в немецком плену Константин Федин. Премию он получил за рассказ “Сад”. Помню, что первая фраза была “Сад цвел”. В конце концов, эта тесная группа журналистов, работавших ранее в буржуазных газетах и, хотя и державшихся вполне лояльно по отношению к советской власти, но и никак особенно не шедших ей навстречу, забеспокоила Петроградские власти. Однажды вечером летом 1922 года наряд ГПУ оцепил здание, выпустил рядовых членов



1979 г. Саров. В день 75-летия. Справа от Юлия Борисовича — его дочь Тата (Татьяна Юльевна) и ее муж Юрий Николаевич Семенов. Слева — внук Алексей Юрьевич с женой Агнессой.

и арестовал руководство Дома литераторов, который был закрыт. Операция была проведена очень культурно. Всем дали возможность поужинать, подождали, пока привезут что нужно из дома, несколько человек, в том числе отец, были арестованы и увезены. Увиделись мы только через 1—2 месяца, пока прошел процесс, и было принято решение выслать за границу группу идеологически чуждой интеллигенции. В эту группу входили не только руководители Дома литераторов, но и ряд университетских профессоров, но помню только одного профессора Лосского, философа. Отцу в это время было, кажется, 46 лет. Мы получили возможность проститься с ним на пристани в день отъезда. Группа идеологически чуждых интеллигентов уезжала на маленьком пароходике "Preussen", совершавшем

регулярные рейсы между Петроградом и Штеттином».

В Берлине Харитон выступил со статьей, посвященной высылке:

«Обстоятельства нашей высылки до сих пор известны только в общих чертах. Речь Зиновьева на партийной конференции в Москве в начале августа явилась симптомом какой-то новой затеи, хотя его речь и заканчивалась фразой о том, что бесполезно бороться репрессиями против враждебной коммунизму идеологии либеральной интеллигенции. Оказалось, однако, что до конференции уже началась работа в партийных центрах и центриках, та скрытая от всех работа по составлению проскрипционных списков, которая закончилась — вполне ли? — высылкой многих интеллигентов на Запад и на Восток. Чуть-чуть приподнялась

завеса, когда появилась статья Луначарского, конфузливо завлявшего хвостом: он-де по этому вопросу и с Зиновьевым, и не с Зиновьевым. По статье видно было, что на верхах нет в этом деле единогласия. Это отсутствие единства сказалось и в истории с В.Я.Ирецким (известным писателем, журналистом и театральным критиком, автором воспоминаний о Гумилеве), высланным вместе с нами, потом, в день нашего отъезда, по распоряжению из Москвы, оставленным в Петербурге, а спустя три недели все-таки высланным. Говорят, так же точно закончились передраги Е.И.Замятина, который остался в России вследствие вмешательства Каменева, но теперь все же высылается, несмотря даже на уход из петербургского ГПУ Мессинга. Отсюда вывод: высылка была делом группы во главе с Зиновь-

евым, и эта группа имела сильную поддержку и ревностных исполнителей в лице Уншлихта, Мессинга и других деятелей ГПУ, сводивших на нет не только принципиальную оппозицию в этом вопросе со стороны другой группы, но не давших последней возможности избавиться от высылки даже немногих отдельных лиц».

Отметим, что эта версия имела широкое хождение в ту пору. В некоторых газетных статьях проскользнули даже сообщения, что кампания против интеллигенции была предпринята в обход Ленина. Между тем последние данные этого не подтверждают. На основании рассекреченных документов известно, что Политбюро ЦК РКП(б) только за 1922 г. около 30 раз обсуждало меры по депортации колеблющейся интеллигенции. Именно в то время Ленин и Политбюро обосновали необходимость применения насилия, в том числе «тройного террора». 17 сентября 1922 г. Ленин писал Уншлихту: «т. Уншлихт! Будьте добры распорядиться: вернуть мне все приложенные бумаги с пометками, кто выслан, кто сидит, кто (и почему) избавлен от высылки?»

Среди списка «антисоветской интеллигенции Петрограда» значились философы Н.О.Лосский, Л.П. Карсавин, Сергей Булгаков, Питирим Сорokin, писатели Евгений Замятин, Афанасий Петрищев, Виктор Ирецкий, журналисты Николай Волковыский, Борис Харитон — всего более 50 человек. 16 ноября 1922 г. группа высланных, в которую входил Харитон, покинула Петроград и 19 ноября прибыла в Германию.

В Берлине Харитон не смог найти регулярной журналистской работы. Поэтому в декабре 1923 г. переехал в Ригу, где стал редактором газеты «Народная Мысль», а с 1925 г. — редактором «Понедельника». Курс, занятый им в «Народной Мысли», навлек на себя нарекания за примиренческую по отношению

к большевистскому режиму позицию (вспомним его участие в создании сборника «Смена Вех»). Возможно, сдержанная реакция издателей «Сегодня» на его появление в Риге и явно задержавшееся приглашение в нее были следствием этой критики. Осенью 1925 Борис Осипович стал редактором вечернего издания газеты, названной «Сегодня Вечером».

В «Сегодня», где Харитон проработал с осени 1925 г. вплоть до закрытия газеты летом 1940 г., он редко выступал со статьями, однако в значительной степени определял характер публиковавшихся материалов. Наряду со злободневными политическими новостями газета печатала воспоминания, рассказы, литературно-критические статьи. Так, в газете публиковались воспоминания уже упоминавшегося И.В.Гессена о его встречах с С.Ю.Витте, о разоблачении предательства Азефа, о встречах с К.В.Плеве и о его убийстве, о собственном пребывании в Петропавловской крепости после «кровавого воскресенья», о встречах со Львом Толстым и т.д. Часто печатались статьи В.Ф.Ходасевича, в частности о дуэлях Пушкина, его воспоминания о Горьком, семье Каменевых, Луначарском. Печатались фельетоны и очерки Н.А.Тэффи о положении писателей-эмигрантов, о польской литературе, о парижском быте. Борис Осипович принимал участие в редактировании и публикации сборников сочинений М.Ю.Лермонтова в 1931-м и А.С.Пушкина в 1936 г. Зачастую Борис Осиповичу приходилось выступать в качестве арбитра между обвинявшими друг друга авторами или сотрудниками редакции. По-видимому, его считали порядочным и справедливым человеком. Татьяна Варшер, ссылаясь на мнение супругов Мережковских, называла его человеком безукоризненным.

О его интересах и отношении к России свидетельствует

недавно обнаруженное в мемориальном музее П.Л.Капицы письмо. Оно направлено Петру Леонидовичу 2 марта 1929 г. в связи с появлением в газете «Правда» заметки «Молодой советский физик Капица избран членом Великобританской Академии наук»:

«Многоуважаемый г. Капица.

Сегодня я прочитал в "Правде" сообщение о Вас. Меня радует Ваш успех и как успех молодого русского ученого, и как успех человека, с которым мой сын состоит в добрых отношениях. От души поздравляю Вас. Мой сын писал мне о дружеском внимании, которое Вы ему оказывали в Кембридже, и мне приятно воспользоваться настоящим случаем, чтобы вместе с поздравлением выразить Вам свою искреннейшую признательность. Сообщение "Правды", конечно, будет перепечатано в "Сегодня", а кроме того, в "Сегодня" будет перепечатана большая заметка из "Журнала для Всех" о Ваших работах. Нам было бы чрезвычайно приятно поместить в "Сегодня" Ваш портрет, и редакция будет Вам очень благодарна за присылку его. Можете быть вполне уверены, что источник получения портрета будет известен только мне, а я, конечно, могу получить его и от своего сына. Нашей газете очень дороги достижения молодых русских ученых, и мы пользуемся каждым случаем, чтобы знакомить с этими достижениями наших читателей, а также стараемся, чтобы имена русской ученой молодежи крепче запоминались. Портрет — одно из лучших для этого средств.

Примите мои лучшие пожелания.

Искренно преданный Вам

Б. Харитон

Р.С. МИГАНФМАН и я вспоминаем, что в 1904—1905 гг. вместе с нами в «Сыне Отечества» сотрудничали фабричный инспектор Капица* и его жена, о которых у нас сохранились воспоминания, как об очень милых, симпатичных людях. Не Ваши ли это родители?»

* Речь идет о брате отца П.Л.Капицы — Михаиле Петровиче Капице.

Начиная с 1934 г., после прихода к власти в Латвии умеренно националистического режима Карлиса Ульманиса, многие российские эмигранты стали чувствовать себя несколько неуютно. Как свидетельствовал Д.Левитский: «Если по своим целям и тенденциям, по крикливости и лживости своей пропаганды режим Ульманиса и носил черты, сближавшие его с национал-социализмом, то по методам, применявшимся им для достижения поставленных задач, он не сопоставим ни с германским, ни с коммунистическим тоталитаризмом с их безжалостным отношением к людям и с их кровавыми расправами». В этой ситуации эмигрантским газетам и, в частности, «Сегодня» необходимо было проявлять осторожность и умеренность в политических оценках не только по отношению к Латвии, Германии и СССР, но и в отношении других, менее «опасных» стран. В письме редактора «Сегодня» М.Мильруда корреспонденту А.Изгоеву в конце 1934 г. сообщалось: «К великому огорчению, мне нужно вернуть Вам обе статьи. Первую статью о Венгрии мы старались смягчить, но из этого ничего не выходит. Она все еще остается полонофобской, а между тем Ваша прежняя статья о Польше и Чехословакии уже вызывала нарекания. Нам нельзя занимать такую острую позицию против одной из сторон. Просим Вас выбрать поэтому темы менее острые. Очень хорошо было бы, чтобы Вы иногда откликались на темы экономические, но опять-таки без того, чтобы они были направлены против одной из тех стран, где наша газета имеет распространение».

В 1936—1937 гг. Борис Осипович напечатал в «Сегодня» серию обзоров советской прессы, в том числе за подписью ВИР (высланный из России), в которых откликался на события общественной и культурной жизни в Советском Союзе. Интересна переписка 1936 г. Бориса Осиповича с известным журналистом

и литератором Афанасием Петрищевым, бывшим членом партии Народной свободы, также высланным в 1922 г. из России и работавшим в Париже. В своем письме Петрищеву с предложением о сотрудничестве с газетой «Сегодня» Борис Осипович писал: «Наша небольшая страна находится в спокойных и дружеских отношениях со своим огромным соседом, и нарушать эти отношения резкими произведениями не в наших интересах. Однако наши читатели очень интересуются советским бытом, и в Ваших рассказах он очень хорошо изображается, особенно когда в них видишь почти несокрушимую силу старого быта... В нынешних условиях мы не стремимся разоблачать и полемизировать, наша цель сейчас гораздо скромнее, — только осведомлять. Но и в осведомлении может, конечно, проглядывать точка зрения автора. Если Вы просмотрите последние номера «Сегодня», Вам станет вполне ясно эта единственная возможная для нас линия... Знаете ли Вы что-нибудь о Василии Борисовиче*, имеете ли Вы от него непосредственные вести? Переписываетесь ли Вы со своими детьми? У меня ведь трое их в СССР, сын и дочь в Ленинграде, дочь в Харькове. С сыном я переписывался только тогда, когда он два года был в научной командировке в Кембридже для получения степени доктора, с харьковской дочерью пришлось прекратить переписку года три тому назад из-за внушения, которое она получила по службе. Писала за всех младшая дочь из Петербурга, но после убийства Кирова и эта переписка оборвалась. А как у Вас?» В ответном письме Петрищев написал: «С близкими моими, “в советах сущими”, происходит то же, что и с Вашими: никаких родственных вестей непосредственно отсюда не имею. Доходит кое-что стороною, через посредующие звенья. Говорят,

* В.Б.Петрищев был вместе с Борисом Осиповичем одним из руководителей Дома литераторов в Петрограде.

для тревоги оснований нет. Но и для радости тоже».

По воспоминаниям коллеги из газеты «Сегодня» М.Мильруда, Б.О.Харитон сохранял в это время иллюзии о возможности перерождения советского строя, свидетельствуя чему он усматривал в новой конституции, принятой в 1936 г. В СССР оставались его сестра, Адель Иосифовна Гессен, сын Юлий и дочери Фанни (Анна) Захаровская и Лидия Черненко. Осенью 1939 г. в «Сегодня» была перепечатана статья Юлия Борисовича Харитона из «Вечерней Москвы» («Уран — Энергия будущего», 21 ноября 1939 г.). Но сыну так и не удалось увидеться с отцом.

6 сентября 1940 г., уже после того как пал Париж и завершилась «советизация» Прибалтики, Бунин записывает в дневнике: «Часто думаю: как незаметно прошло такое огромное событие — исчезновение целых трех государств — Литвы, Латвии и Эстонии! Давно ли я видел их со всем — их национальной гордостью, их президентскими, их “процветанием” и т.д.! Поиграли больше 20 лет во все это — и вот точно ничего этого никогда не было!» После оккупации советскими войсками Латвии «Сегодня» была переименована в «Трудовую Газету», а в августе 1940 г. стала органом только что образованного правительства Латвийской ССР, затем органом Верховного Совета и, наконец, была закрыта 10 ноября 1940 г. Борис Осипович оставался на своем месте вплоть до ареста.

В августе—октябре 1940 г. были арестованы практически все ведущие сотрудники газеты. К сожалению, «дело» Б.О.Харитона пока не обнаружено. Известно лишь, что он был арестован НКВД 17 октября 1940 г. и, после краткого следствия, приговорен 29 декабря 1940 г. Военным трибуналом Прибалтийского военного округа к 7 годам лагерей и 3 годам поражения в правах. Умер он, по слухам, в 1941 г. по дороге в лагерь (по другим сведениям — в лагерь на Урале).■

Уран-45

И.С.Дровеников

Институт истории естествознания и техники им.С.И.Вавилова РАН

С.В.Романов

*Российский научный центр «Курчатовский институт»
Москва*

Читателю, смущенному названием этой публикации, стоит сразу пояснить, что речь в ней пойдет, конечно же, не о каком-то неведомом изотопе урана, а о том трофейном уране, который был в 1945 г. найден в Германии и сыграл немаловажную роль в создании первой советской атомной бомбы. Истории его поисков и посвящена данная публикация.

В ее основу положены воспоминания, принадлежащие Исааку Константиновичу Кикоину и Юлию Борисовичу Харитону. Первые записаны в середине 1970-х годов, вторые датируются более точно — 27 сентября 1992 г. Обе фонограммы хранятся в личном архиве семьи академика Кикоина.

Сопровождающая текст этих воспоминаний фотография — не случайна, поскольку сделана она была в то же время, что и первая из мемуарных записей.

Надо сказать, что публикации воспоминаний Харитона и Кикоина об их миссии в Германии в мае—июне 1945 г. уже неоднократно обращались к этому историческому сюжету [1—3]. Причиной тому не только естественный интерес, но и поднимающийся все выше полог секретности, непрерывно добавляющийся к, казалось бы, известной



Ю.Б.Харитон и И.К.Кикоин. Середина 1970-х годов.

истории все новые детали и вопросы.

Так, ставшие недавно доступными документы переносят вылет героев нашего рассказа со 2 на 7 мая 1945 г. [4, с.249—250, 286], а количество вывезенного из Германии урана при документальном «взвешивании» возрастает со 100, как они считали, до 300 тонн [4, с.323—324, 5, с.177].

Многое здесь не так просто. Вера Николаевна, супруга Кикоина, чей день рождения приходился на 5 мая, отчетливо по-

мнила, что Исаак Константинович — редкий случай в их жизни — не был в 45-м в тот день с ней, улетев в Германию. Всякому же, знавшему Юлию Борисовича с его предельной точностью и аккуратностью во всем, касающемся работы, трудно допустить, чтобы он, не только высказываясь сам, но и передавая слова Курчатова, неоднократно оговорился, в три раза занизив количество найденного при его же участии урана. Вместе с тем причин ставить под сомнение достоверность сообщаемых до-

кументами сведений, тоже нет. Время — лучший верификатор, вероятно, все расставит на свои места.

Впрочем, обсуждение подобных разночтений не перекрывает «живых голосов» истории, принадлежащих Кикоину и Харитону. Ведь в их свидетельствах содержится нечто более важное, чем сухая фактография, и что могло бы навсегда остаться скрытым за формализмом документов. Записывая свои воспоминания на магнитную ленту, они, скорее всего, думали не только о хранителях семейных преданий, но и о более широкой аудитории, к которой, несомненно, относятся и читатели «Природы».

Однако пора, не испытывая далее терпение читателя, перейти от вводных замечаний к непосредственному изложению заявленной темы*.

Несмотря на то, что командировка Кикоина и Харитона в Германию была связана не только с поисками урана, но также с обследованием немецких научных центров и встречами с немецкими учеными, акцентирование урановой темы вполне обосновано. Во-первых, сами участники описываемых событий считали нахождение урана главным результатом своей деятельности в Германии. Во-вторых, проблема урана стояла тогда действительно весьма остро.

Достаточно поднять из архива Протокол заседания Президиума АН СССР от 30 июля 1940 г. [12], где докладчиком был

* Среди публикаций, тематически близких, могут быть указаны появившиеся к середине 1990-х годов краткие констатации факта поездки в исследовании Д.Холлоуэя [6, с.109—111], в изданном Минатомом РФ коллективном труде, посвященном созданию первой советской ядерной бомбы [7, с.85], в статье А.К.Круглова [8, с.37] и в ряде других. Более подробная информация содержится в публикации Ю.Б.Харитона [9, с.30—31], в биографической работе В.Н.Тюшевой, посвященной жизни и творчеству И.К.Кикоина [10, с.40—49], и в очерке Е.М.Воинова с А.Г.Плоткиной [11].

В.И.Вернадский, чтобы убедить: среди «мероприятий по дальнейшему изучению и возможному использованию внутриатомной энергии урана» разведка урановых месторождений с целью создания государственного фонда металлического урана рассматривалась как дело первостепенной важности. В силу чего, академику А.Е.Ферсману, назначенному бригадиром поисковой группы Академии наук, в которую входил, кстати, и сам председатель «урановой комиссии» — академик В.Г.Хлопин, был дан целый ряд срочных поручений: от командирования в районы Средней Азии до координации развертываемых геологоразведочных работ с Народным комиссариатом цветной металлургии.

Однако и в 1944 г. ситуация с ураном оставалась крайне напряженной. В письме И.В.Курчатову от 29 сентября того же года на имя Л.П.Берии читаем: «...положение дел остается совершенно неудовлетворительным. Особенно неблагоприятно обстоит дело с сырьем...» [13, с.24—25].

Постановление же ГОКО** от 20 августа 1945 г., с которым принято связывать рождение всей атомной отрасли, во втором же пункте, следующем за утверждением состава Спецкомитета, прямо вменяет в его обязанности: «широкое развертывание геологических разведок и создание сырьевой базы СССР по добыче урана, а также использование урановых месторождений за пределами СССР (в Болгарии, Чехословакии и др. странах)» [14, с.XV].

После всего изложенного — время предоставить, наконец, слово свидетелям и участникам событий почти шестидесятилетней давности, доверившись их памяти, не перебивая и не редактируя, по возможности, их обращенную к нам прямую речь.

Итак, по свидетельству Кикоина, 2 мая 1945 г., с одного из подмосковных аэродромов под-

** Тогда так обозначался Государственный комитет обороны (позднее ГКО).

нялся самолет, взявший курс на уже поверженный Берлин. Среди его пассажиров И.К.Кикоину запомнились кроме, конечно, Ю.Б.Харитона, — Л.А.Арцимович и Л.М.Неменов. Присутствие на борту Неменова, впрочем, вызывает сомнения, поскольку находится в противоречии как с собственными воспоминаниями последнего [15, с.91], так и с документами, из которых следует, что он вылетел в Берлин вместе с Д.Л.Симоненко 16 мая [4, с.250]. Как бы то ни было, но возглавлял группу А.П.Завенягин, а В.А.Махнев, по выражению Юлия Борисовича, был «кем-то вроде секретаря при нем». На этих двоих была генеральская форма. Остальные были облачены в полковничью. Как мы уже отметили, следующим самолетом в Берлин летели Д.Л.Симоненко и Л.М.Неменов. Первый был в чине майора, звание второго наша история не сохранила.

Разумеется, эта группа не была единственной. Я.Б.Зельдович, например, оказался в другой, инспектировавшей «состояние ракетных дел» в двенадцатилетнем Третьем рейхе, отмерившем себе при рождении никак не менее тысячи лет жизни.

Какого-либо точного плана действий у группы, похоже, не было. О предстоящей поездке участники узнали в самом конце апреля. Харитон, как и его коллеги, представлял стоящую перед ними задачу в самом общем виде, а именно: «посмотреть, каково же состояние [дел], что удастся найти, в какой мере немцы продвинулись в разработке ядерного оружия».

«Дело в том, — дополняет Кикоин, — что когда мы начали работы, нас все время беспокоил вопрос: а не опередят ли нас немцы?» Так что опасения по обе стороны Атлантики были схожи, как, впрочем, и итоги ревизии немецкого уранового проекта.

Прибыв 3 мая вечером в Берлин, группа на следующий же день — 4 мая — приступила к работе, растянувшейся на полтора месяца.

Надо сказать, что еще в самолете, когда Завенягиным была впервые официально оглашена суть их задания, он обратился к Кикоину с вопросом: какие тот знает немецкие институты, которые в принципе могли быть связаны с решением интересующих проблем. Такой список был тут же составлен, и первое место в нем прочно занял Институт физики Общества развития науки им. кайзера Вильгельма, за которым следовали Берлинский университет, Берлинское техническое училище и др.

По прибытии в Берлин, продолжает Кикоин, «мы связались с органами нашей разведки армейской. Оказалось, что все эти институты, которые я перечислил... уже были под охраной... По-видимому, у них такая интуиция была, у армейской разведки».

«Обследование мы начали с Кайзер-института, директором которого до войны был Петер Дебай, а во время войны — [Вернер] Гейзенберг. Как выяснилось, Кайзер-институт в основном был эвакуирован в Западную Германию [уточним — в Тюрингию, еще в феврале], хотя здание Института уцелело. В качестве зам. директора там остался [Людвиг] Бевилогга, охранявший жалкие остатки оборудования».

Знакомство с ним состоялось 4 мая. «Он нас встретил. Я-то его знал, а ему-то фамилию мою не называли, естественно... Мы были в полковничьих формах. Я попросил, чтобы он показал нам секретные сейфы. Я, правда, мало надеялся, что он покажет их. Конечно, они уничтожены. Однако оказалось, что он не уничтожил. Он нам отдал ключи и показал, где находятся сейфы секретные. Мы их вскрыли. Они набиты были документами, и ничего не было уничтожено. Мы спросили: “Почему не уничтожены сейфы?” Он сказал, что получил указание такое, что сейф[ы] уничтожить либо по прямому указанию по радио, которое он должен получить, либо придет с соответствующим па-

ролем человек, который даст ему указание уничтожить сейфы, [и заключил]: “Ни того, ни другого нет, и поэтому сейфы я не уничтожил, не имел право уничтожить сейфы”.

Несмотря на то, что армия вошла в Берлин, он сейфы так и не уничтожил... с немецкой аккуратностью. Но, правда, Институт-то был эвакуирован почти весь, там уже мало что сохранилось. Остался он и несколько сотрудников второстепенных... Но документы остались все!»

«Среди секретных документов, — продолжает Кикоин, — мы нашли урановый проект. Мы не ошиблись, действительно Кайзер-институт был основным в этой проблеме. По просмотренным документам нам стало ясно, что немцы нас не обогнали, напротив, — они в интересующих нас вопросах находились на очень низком научно-техническом уровне. Правда, они экспериментально наблюдали начало цепной реакции (размножение нейтронов). В качестве замедлителя они использовали тяжелую воду, которую получали из Норвегии. Мы обнаружили два пятилитровых бидона с тяжелой водой, на которых были этикетки с надписью “Norsk Hydro”. Там же мы нашли некоторое количество металлического урана и несколько килограммов окиси урана.

Кое-что из оставшегося в Кайзер-институте оборудования мы демонтировали и отправили в Москву (электрощиты, приборы). Несколько весьма наивных установок для разделения изотопов мы также отправили в Москву...

Судя по просмотренным документам, профессор Хартек в Гамбурге занимался центробежным методом разделения изотопов, но безуспешно.

Мы выполнили поручение Правительства и пригласили на работу в СССР профессоров [Густава] Герца, Манфреда фон Арденне и [Петера] Тиссена. Другая группа наших ученых привлекла профессора [Николауса]

Риля, крупного специалиста по металлургии урана, и других известных немецких ученых.»

История одного из упомянутых приглашений достаточно примечательна.

«Будучи в Берлине, решили заехать ознакомиться с лабораторией фон Арденне, — вспоминает Исаак Константинович, — был такой физик-инженер в Германии, который нам был известен по его статьям. Он разрабатывал разные технические приборы, сотрудничал с рядом промышленных фирм, которые выпускали приборы. Словом, был такой известный физик, который занимался... практическими вещами физического приборостроения.

Мы адрес его нашли, но Берлин-то был сильно разрушен, улиц там практически уже никаких не было. Только были указатели, нашими войсками поставленные, что, мол, такая-то улица была здесь. Мы по этим дорогам поехали, в конце концов нашли.

Оказалось, Арденне имеет собственный полудом-полузак. Личная собственность его, частная лаборатория. Он, по-видимому, работал по договорам с разными фирмами и содержал сотрудников за свой счет. Эта лаборатория была, так, человек на 35 сотрудников.

Когда мы подъехали к его лаборатории, там уже было написано по-русски: “Добро пожаловать!” Он, по-видимому, учел обстановку и нас уже встретил, так сказать, как друзей.

Он по-русски, конечно, не говорил. Мы с ним говорили по-немецки. Он нам рассказал, что в лаборатории. Ну, более или менее мы знали, что делается. Но единственно чего мы не знали — у него был заключен договор с Министерством связи [Министерством почт] германским, и на их средства был построен у него циклотрон, вернее построен только ультрамагнит для циклотрона. Почему Министерство связи финансировало работы по строительству, я не знаю. Во всяком случае — факт

такой... у него был построен ультрамагнит. Сам циклотрон не был готов еще. То есть сама камера не была готова. Он был спущен под землю через такой большой люк. Был глубоко под землей. Мы с ним ознакомились.

Он [Арденне] нам рассказал, чем он занимался. Рассказал о положении науки в Германии. Он рассказал, что Гитлер с самого начала войны сказал, что его наука не интересует потому, что он надеется, что разобьет своих врагов-неприятелей в течение нескольких месяцев. Его могут только интересовать такие работы научные, которые могут дать практический результат в течение буквально нескольких месяцев. А на длительное время [они] ему не потребуются потому, что он войну закончит раньше, чем всякая работа успеет сделаться.

Поэтому наука практически в начале войны не помогала, не занималась вопросами военными, кроме мелких вещей, которые можно было сделать сегодня. А вот когда война затянулась, то Гитлер, по-видимому, понял, что это зря. Он сделал крупную ошибку. И уже в сорок втором году, когда немцы тоже предложили заняться атомным оружием, по-видимому, по тем же причинам, по которым все занялись, потому что кончились в сорок первом году публикации всех работ по делению урана, то он к этому отнесся не с очень большим энтузиазмом, но все-таки поручил Герингу этим заняться. И тогда только стали привлекать физиков к этой проблеме. Поэтому физики существенной роли в развитии военной техники при Гитлере не сумели сыграть. Только в последние два года физики занялись усиленно вопросами урановой проблемы».

Позволим себе все же перебить рассказчика, напомнив о том, что урановый проект стартовал в Германии значительно раньше. Еще в апреле 1939 г. такие физики как Г.Йос и В.Ханле, а также П.Хартек и В.Грот обратились к властям

с соответствующими инициативами. Первичное оформление организация работ получила накануне войны, а запрет на любые публикации, связанные с созданием атомных реакторов или бомб, последовал в Германии уже в сентябре 1939 г. Сам М.Арденне, снискав покровительство министра почт, убежденного им в реальности освоения атомной энергии с целью производства бомб и корабельных двигательных установок, добился в конце 1940 г. финансирования со стороны исследовательского департамента Министерства своих работ по созданию масс-сепараторов для получения урана-235. Однако дадим Исааку Константиновичу досказать историю посещения лаборатории М.Арденне пятью годами позже.

«Дальше он [Арденне] рассказал нам то, что мы уже знали из документов, когда ознакомились с закрытыми сейфами в Кайзер-институте. Нам было дано правительственное поручение пригласить Арденне как хорошего физика к нам, в Советский Союз. Он все-таки знал многих немецких физиков, знал, что немецкие физики делают. Что мы и сделали. Сказали, что Правительство приглашает. Он охотно согласился и, довольно быстро упаковав свое имущество, отправился с семьей в Советский Союз. Единственное, что он просил, чтобы его личный дом остался цел, чтобы он был под охраной. Это ему было обещано».

Где-то здесь занимающее нас повествование, вероятно, близилось бы к концу. В самом деле, миссию Кикоина и Харитона в Германии можно было считать к тому времени завершенной. И даже успешно. Но оставались какие-то сомнения, личная неудовлетворенность результатами командировки, обусловленные успокаивающей, но все-таки неожиданной скромностью итогов немецкого уранового проекта. Уранового... Вот тут-то и подспела одна гипотеза или

просто догадка, имевшая самые неожиданные последствия.

«Мы решили с Кикоиным, — вспоминает Харитон, — что надо заняться другим делом. Поскольку немцы заняли практически всю Европу, они находились также и в Бельгии. Как всем хорошо известно, в Бельгийской колонии в Африке — Конго — крупные залежи урана, и поэтому очень вероятно, что какое-то количество урана немцы захватили в Бельгии и надо поискать, где же этот уран находится. Ну, вот мы и начали работать... О необходимости поисков урана мы сообщили Завенягину, он горячо поддержал это. Выделил в наше распоряжение машину с водителем, чтобы мы могли свободно по Германии ездить».

«Хотя наша разведка и уверяла нас, что уран эвакуирован, мы все же не теряли надежды его обнаружить, — вновь продолжает Кикоин. — Как-то в воскресный день, совершая экскурсию по окрестностям Берлина, мы попали в Grünpau. Там мы обнаружили небольшой полуразрушенный завод и зашли на его территорию. Нашли главного инженера этого завода и спросили, чем занимается этот завод. Оказалось, что до войны там делали краски, а во время войны — противогазы. Он провел нас мимо разрушенных цехов, и потом мы расстались, решив вернуться в Берлин.

Но на обратном пути мы заблудились и встретили на территории завода девушку, которая взялась вывести нас к машинам. В разговоре с ней выяснилось, что она работает в бухгалтерии завода. Она перечислила все цеха. Мы спросили: «Это все?» На что она ответила: «Есть еще здание, но оно всегда было закрыто, и что делалось в нем, я не знаю». Об этом здании главный инженер нам почему-то ничего не сказал. Мы попросили ее проводить нас туда.

Это было небольшое здание, площадью десять на пять метров, совсем не разрушенное, с закрытыми на замок воротами. Мы попросили часового отбить

замок и вошли в пустой зал, по торцам которого стояли горны из огнеупорного кирпича. Около горнов был рассыпан желтый порошок. В углу мы нашли лестницу, ведущую в подвал. В подвале была лаборатория, в которой не было ничего, кроме лабораторного шкафа. В одном из ящиков этого шкафа мы обнаружили банку с окисью урана. На этикетке было написано: «спецметалл». Затем нашли банку с торием и металлическим ураном. В каждой банке было по несколько килограммов продукта. Стало очевидно, что в этом помещении занимались урановой проблемой.

Решили задержаться и посмотреть бухгалтерские приходно-расходные книги. Попросили сопровождающую нас девушку проверить по накладным приход «спецметалла». Пролистав несколько томов, она нашла, что в феврале 1945 г. на завод прибыла партия «спецметалла» в количестве нескольких сотен тонн. Место нахождения этого металла девушка не знала. Накладная была от фирмы «Rohes».

Это было акционерное общество «Rohestoffgesellschaft», которому было поручено распределение сырья по промышленным объектам. Вероятно, это сырье они получали из Бельгии. Мы решили проверить бухгалтерские документы на исходящие материалы и с помощью все той же девушки нашли, что в апреле был приказ «Rohes» отдать весь этот материал фирме «Hoffmann und Moltzen» и отправить его в город Parchim.

В этот город, расположенный на севере Германии, мы поехали с Харитоном на машине. Явившись к коменданту города (город был сдан без боя и, следовательно, не был разрушен) мы, предъявив свои документы (от начальника тыла армии генерала [А.В.]Хрулева с приказом оказывать нам всяческое содействие), сказали, что ищем склад со «спецметаллом» в количестве несколько сотен тонн. Комендант дал нам сопровождающих,

и мы в течение трех дней ездили по городу, но безуспешно.

После этого мы вернулись в Берлин (мы жили в Neuhagen'e [столичный пригород]), решив поискать накладные на станции Grünaу, но оказалось, что станция сгорела. Тогда мы обратились к карте с целью установить, по какой железной дороге мог быть отправлен груз из Grünaу в Parchim, и убедились, что это неосуществимо, так как все железные дороги к этому времени уже были перерезаны.

Тогда мы решили отыскать фирму «Rohes». На накладных был указан ее адрес: Berlin, Tirlpizufel, 26—28. Однако оказалось, что это здание полностью разрушено. Нам сообщили, что фирма выехала по нескольким адресам».

Визит по одному из них отмечен в воспоминаниях Кикоина лишь фразой, что там «мы нашли документы в полном хаосе и ничего не смогли из них выжать». Это «было помещение с картотекой «Rohes» близ Берлина», «на берегу Шпрее, — припоминает Юлий Борисович, — высокое семиэтажное здание. Там было некоторое количество женщин, ну таких явных фашисток, потому что наши попытки получить у них какую-то информацию были тщетны. Они всячески уклонялись от каких бы то ни было ответов. Но здание произвело на нас сильнейшее впечатление. Это было несколько этажей, сплошь заполненных гигантской картотекой. Мы пробовали получить помощь разобрататься в картотеке у этих немок, но они толком нам не помогли. Но как-то нам повезло и, в общем, мы нашли после сравнительно недолгих поисков картотечку с U_3O_8 , но без каких бы то ни было указаний ни о количестве его, ни о том, где он находится. А наши попытки добиться у этих немок, что должна быть где-то запись, куда что отвезено, где что находится [следовал ответ]: «Нет, мы не знаем и т.д.» Ничего, кроме того, что U_3O_8 действительно имеется, мы не нашли.

После дальнейших расспросов кто-то из немцев нам сказал, что слышал, что какое-то количество окиси урана имеется на большом складе. Это такой организованный склад, где хранятся самые разнообразные вещи, — коммерческое предприятие. Что будто бы он находится в городке, название которого я не помню, находящемся километрах в пятидесяти от Берлина на восток. Мы туда приехали, в этот городок, нашли этот склад и там обнаружили то ли два, сейчас уже не помню, но, в общем, какое-то ничтожное количество ящиков, таких больших деревянных, в которых было некоторое количество окиси урана. Спрашивали у работников: «Где же еще? Ведь не один ящик был!» «А вот приезжали тут русские солдаты, они искали краску для какого-то здания для своего начальства». Была организована отделка какого-то здания. Вот они увидели этот желтый порошок, который явно очень подходил для разбавления краски. Солдаты увезли его, чтобы красить какое-то здание. Так что эта поездка оказалась не совсем удачной. Но там, по-видимому, было вообще не очень много...»

Подходящий момент, чтобы вспомнить о других адресах, по которым выехала фирма «Rohes» и опять предоставить слово Исааку Константиновичу.

«По одному из адресов — в Потсдаме — оказался трофей из СССР, но главное, — замечает Кикоин, — в Потсдаме мы узнали фамилию начальника, ведавшего трофеями из Бельгии, и через наш «СМЕРШ» попросили найти его. Через два дня его доставили нам под конвоем. Оказалось, что это был крупный фашист. Он подтвердил, что был начальником отделения этой фирмы.

На наш вопрос: «Где спецметалл?» — он ответил, что не помнит, был ли он вообще. Мы ему напомнили про Grünaу. Тогда он припомнил, что вроде такой случай был, но что было дальше, он не помнит. После этого мы ему сказали, что нам известно

об его распоряжении отправить “спецметалл” в Parchim. Тогда он ответил, что, наверное, продукт там и находится. Когда же мы ему сказали, что “спецметалла” там нет и быть не может, то он твердо ответил, что ничего не помнит. Мы расстались с ним и попросили военных допросить его. На следующий день он все вспомнил и сказал, что груз был направлен в Neustadt.

К нашему удивлению на карте мы обнаружили около двадцати городов с таким названием, десять из которых находились в нашей зоне. Тогда мы решили их объехать. В девяти Neustadt’ах мы ничего не нашли. Последний, десятый, был на границе нашей и английской зон. Мы поехали искать этот город.

Это оказался Neustadt am Glewe — маленький поселок при кожевенном заводе. Наш советский комендант выделил нам сержанта, и мы отправились на завод. На заводе мы нашли склад, который был открыт. Это был большой зал, в котором около входа, слева находилась гряда бочонков, в которых находился какой-то желтый порошок. На нескольких бочонках сохранилась надпись — “окись свинца”. Это было дубильное вещество, применяемое в кожевенной промышленности. В заднем углу виднелась большая гряда таких же бочонков, и поэтому мы решили их не смотреть.

Старичок, главный инженер, принял нас у себя в кабинете и подробно рассказал нам про осмотренные нами цеха. Я его спросил: “Имели ли вы дело с фирмой «Hoffmann und Möltzen?»” Он ответил: “Мы ее услугами не пользовались, но недавно получили приказ нашего гауляйтера предоставить наш склад в распоряжение этой фирмы, что мы и сделали. Фирма поместила там какой-то груз”. Я ему сказал, что мы видели там бочки с окисью свинца, на что он ответил: “Это наш свинец, а вот в другом углу — это бочки не наши”. Мы сделали равнодушный вид, хотя, при-

знаясь, были крайне взволнованы.

Попрощавшись с главным инженером, мы бегом отправились на склад и, внимательно осмотрев злополучные бочки, на одной из них обнаружили забытую этикетку, на которой было написано “Uranium oxid” [окись урана]. Это и был груз, который мы так долго и упорно искали!

Наутро мы связались по телефону с заместителем Берии — товарищем Завенягиным. Вначале он решил, что мы его разыгрываем. Тогда я ему вполне официально доложил: “Докладывает полковник Кикоин! Прошу направить в мое распоряжение колонну машин для перевозки ценного груза”. Наутро машины были на месте. С помощью коменданта мы мобилизовали население, и погрузка была закончена в течение одного дня.

Не обошлось, впрочем, без курьезов. Об одном из них умнее всего узнать от Юлия Борисовича.

«Уран необходимо было подготовить к отправке. Бочки некоторые были полные, некоторые по полбочки. Для того чтобы загрузить на поезд, надо было сделать полные бочки. В наше распоряжение выделили, организовали группу женщин, которые должны были перегрузить порошок так, чтобы подготовить к отправке полные бочки. Я тогда допустил некоторую глупость, но я считал себя не вправе этого не сделать. Я сказал им, чтобы, когда они кончат работу, чтобы они как следует, вымыли руки. Тогда они как-то испугались: “Яд! Отравы!” В общем, подняли бунт. Тогда мне пришлось сказать им, что это вовсе не яд. Чтобы это продемонстрировать, я снял куртку полковничью и голыми руками влез в бочку, натер себе руки, чтобы показать, что ничего страшного нету. Потом надел обратно. Женщины успокоились. Они эту работу до конца выполнили. Мы вернулись, до-

ложили Завенягину об этом деле. Бочки были немедленно отправлены. Там оказалось свыше 100 тонн урана.»

О другом эпизоде, завершавшем «урановую эпопею», поведал «der grosser Oberst, der so ausgezeichnet deutsch spricht» («большой полковник, так хорошо говорящий по-немецки»), как окрестили немцы Исаака Константиновича.

«Груз был направлен в Берлин, а оттуда в Советский Союз. По накладным нам все же не хватало 12 тонн “спецметалла”. Мы нашли место, где он должен был находиться. Это место оккупировали наши моряки, которые использовали порошок для окраски судов. Моряки ни за что не хотели отдавать свои трофеи “какой-то пехоте”. С помощью морского командования мы все же вернули эти 12 тонн и отправили их также на родину».

Вот, пожалуй, и все... Или нет?

Почему много лет спустя, в конце 84-го, уже лежа в больнице в ожидании неизбежного, академик Кикоин вспомнит эту поездку в Германию и скажет, что это были «самые интересные полтора месяца его жизни!..».

Может быть, потому, что тогда ему было 37, а Харитону 41, и все происходившее напоминало приключения, о которых так мечтаешь в юности, но на которые не столь щедра судьба ученого. Или запомнилось то, как они в ночь с 8-го на 9-е мая, разбуженные беспорядочной стрельбой, решили, что это немецкий налет и, выскочив на улицу, от первого же солдата услышали радостное: «Победа, товарищ полковник! Победа!» И оказалось, что из штаба Жукова в Карлсхорсте, который был рядом с резиденцией их миссии в Нойхагене, пришло известие, что только-что подписан акт о безоговорочной капитуляции. Капитуляции фашизма...

А, может быть, запомнилась одна, прямо как в кинохронике, девушка-регулирующая, которая, на вопрос сопровождающе-

го их генерала о дороге, лихо козырнув, ответила: «Товарищ генерал, на Москву все дороги ведут!» Еще, может быть, запомнилось, часто поминаемое нашими рассказчиками высокое и заслуженное всей страной уважение к их полковничьим поганам, которое они ощущали, проезжая через оккупационные зоны, когда винтовки брались «на караул», даже без предъявления документов.

Ну, а, может быть, запомнился парад союзнических войск под Берлином, когда на трибуне стояли вместе Жуков, Монтгомери и Эйзенхауэр, или Парад Победы, вскоре по возвращении на родину, когда на кремлевских трибунах стояли и они, ученые-атомщики, разделяя общую радость дня и принимая на себя скрытую от большинства ответственность за дни будуще.

Кто знает, что вспомнилось спустя 39, столько вместивших в себя лет, уже академику и два-

ды Герою. Возможно все вместе, сплетенное в стихийную гармонию жизни и своего места в ней, в те длинные, но такие недолгие дни мая 45-го.

27 сентября 1992 г. другой академик, трижды Герой — Юлий Борисович Харитон — сообщил в связи с описанными событиями следующее: «Как-то, я помню, мы ехали куда-то на объект или в другое место вместе с Игорем Васильевичем [Курчатовым] и он сказал, что эти 100 тонн помогли примерно на год сократить срок запуска первого промышленного реактора. Лабораторный реактор, как известно, был сделан в 1946 году в ИАЭ. А вот первый промышленный реактор [в 1948-м]. Так как с ураном было очень туго в России, то он [трофейный уран] пришлось очень кстати, позволил сократить срок запуска и получения плутония, соответственно».

Сохранившая память об этом эпизоде фонограмма — не

единственное свидетельство курчатовской оценки роли трофейного урана в советском атомном проекте. Годом раньше, 12 июня 1991 г., на первой в своем роде исторической конференции [9, с.31], собравшей ветеранов обеих «ядерных столиц», тогда еще Советского Союза, Ю.Б.Харитон передал коллегам из «Арзамаса-16» и «Челябинска-70» некогда услышанные слова: «Позднее Игорь Васильевич сказал, что эти 100 т помогли на год раньше запустить наш первый реактор для получения плутония, — и медленно, в свойственной ему манере добавил, уже от себя. — Так что поездка оказалась не зряшной...» ■

Публикация подготовлена в рамках работ, проводимых при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проект №04-06-80288.

Литература

1. Дровеников И.С., Романов С.В. Миссия советских физиков в Германии (май—июнь 1945 г.) // Институт истории естествознания и техники им.С.И.Вавилова. Годичная научная конференция, 1995. М., 1996. С.133—144.
2. Дровеников И.С., Романов С.В. К истории поездки советских физиков в Германию (май—июнь 1945 г.) // Наука и общество: история советского атомного проекта (40—50 годы). Труды Международного симпозиума ИСАП-96. М., 1999. Т.2. С.179—188.
3. Дровеников И.С., Романов С.В. Трофейный уран, или история одной командировки // История советского атомного проекта: документы, воспоминания, исследования. М., 1998. Вып.1. С.215—227.
4. Атомный проект СССР: Документы и материалы. В трех томах / Под общ. ред. Л.Д.Рябева. М., 2002. Т.1. Ч.2.
5. Курчатов И.В. Черновые записки по докладу т.Сталину // РНЦ «Курчатовский институт». История атомного проекта. М., 1998. Вып.13. С.157—183.
6. Holloway D. Stalin and the bomb: the Soviet Union and Atomic Energy, 1939—1956. New Haven; L., 1994.
7. Создание первой советской ядерной бомбы / Отв. ред. В.Н.Михайлов. М., 1995.
8. Круглов А.К. К истории атомной науки и промышленности // Бюллетень Центра общественной информации по атомной энергии. М., 1993. №12. С.32—68.
9. Харитон Ю.Б. Как мы подошли к первой атомной бомбе // Хочешь мира — будь сильным!: Сб. материалов конференции по истории разработок первых образцов атомного оружия. РФЯЦ—ВНИИЭФ, Арзамас-16, 1995. С.22—41.
10. Тюшевская В.Н. Исаак Константинович Кикоин — страницы жизни. М., 1996.
11. Воинов Е.М., Плоткина А.Г. Берлин, 1945 г. Очерк // Исаак Константинович Кикоин. Воспоминания современников / Отв. ред. Н.Н.Пономарев-Степной. М., 1998. С.99—107.
12. Архив РАН. Ф.2. Оп.ба. Д.25. Л.72—74.
13. Головин И.Н. Курчатов — ученый, государственный деятель, человек // Материалы юбилейной сессии Ученого совета РНЦ «Курчатовский институт». 12 января 1993 г. М., 1993. С.1—30.
14. К истории мирного использования атомной энергии в СССР. 1944—1951. (Документы и материалы) / Минатом России. ГНЦ—Физико-энергетический институт. Отв. ред. В.А.Сидоренко. Обнинск, 1994. С.ХV—ХVIII.
15. Неменов Л.М. Немного о прошлом // Воспоминания об Игоре Васильевиче Курчатове / Отв. ред. А.П.Александров. М., 1988. С.85—97.

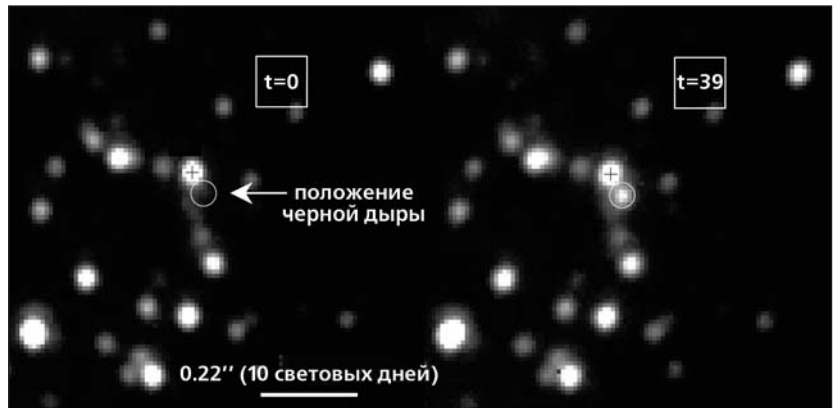
Новости науки

Астрофизика. Техника

Послание из бездны: черная дыра в центре Галактики

При наблюдении ядра нашей Галактики в ближнем инфракрасном диапазоне, международной группе астрономов под руководством Р.Генцеля (R.Genzel; Институт внеземной физики Общества им.М.Планка, ФРГ) впервые удалось заметить мощные вспышки, происходившие в самой центральной части аккреционного диска, окружающего сверхмассивную черную дыру¹. Судя по колебаниям яркости с периодом около 17 мин, вспышки возникают вблизи горизонта событий, представляющего ту «поверхность невозвращения», из-под которой даже свет не может вырваться наружу. Эти данные указывают, что гигантская черная дыра в центре Галактики быстро вращается. Никогда прежде астрономы не получали столь детальную информацию из области, расположенной так близко к поверхности черной дыры.

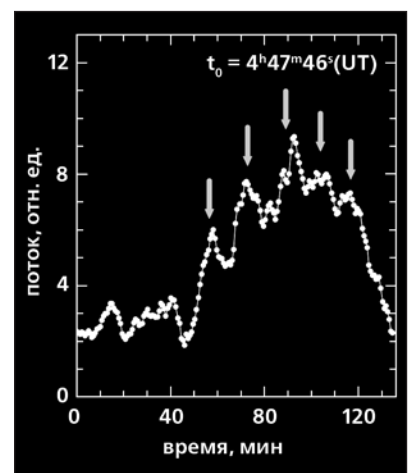
Успех этой работы, выполненной силами Европейской южной обсерватории (ЕЮО), Общества им.М.Планка и французского Национального центра научных исследований, целиком связан с созданием новой астрономической техники. Для исследования процессов в центре Галактики требуется преодолеть два препятствия: огромное расстояние в 25 тыс. св. лет, затрудняющее изучение мелких деталей, и гигантское поглощение излучения межзвездным веществом на пути от центра Галактики до Земли. Именно поглоще-



Два изображения центральной области галактического ядра размером $1'' \times 1''$, полученные 9 мая 2003 г. 8.2-метровым телескопом VLT Yerpun с комплексом NACO в ближнем ИК-диапазоне (фильтр H). Момент съемки (t) указан в минутах от $6^h 59^m 24^s$ по Всемирному времени (UT). Север сверху, восток слева. Кружком отмечено положение черной дыры; на правом кадре в нем видна вспышка. Крестик показывает положение звезды S2, которая обращается вокруг черной дыры с периодом 15 лет.

ESO Press Photo 29a/03

ние света межзвездной пылью, ослабляющее поток фотонов в миллиарды раз, делает ядро Галактики совершенно недоступным для наблюдения с обычным телескопом. К счастью, более длинноволновое излучение поглощается в межзвездном веществе значительно слабее: в ближнем ИК-диапазоне поток энергии ослабляется всего в 10–15 раз. Этим воспользовались астрономы ЕЮО, применив для наблюдения центральной области галактического ядра кудекамеру ближнего ИК-диапазона (COude Near-Infrared CAmera — CONICA). Прибор создан германскими инженерами и установлен в стационарном фокусе кудекамеры 8.2-метрового телескопа VLT Yerpun (Обсерватория Параналь, Чили); его чувствительность при наблюдении в фильтрах К (длина



Кривая блеска вспышки в ядре Галактики, зафиксированной 16 июня 2003 г. в фильтре К. Стрелками отмечены колебания яркости, имеющие 17-минутную периодичность.

ESO Press Photo 29b/03

¹ ESO Press Release 26/03. 29 October 2003.

волны 2.2 мкм) и H (1.65 мкм) оказалась достаточной для изучения окрестностей черной дыры.

Для преодоления большого расстояния было использовано самое свежее астрономическое изобретение — адаптивная оптика в виде прибора NAOS (Nasmyth Adaptive Optics System), который создан французскими инженерами и установлен в фокусе Несмита упомянутого телескопа. Этот прибор мгновенно анализирует искажения, вносимые оптическими неоднородностями земной атмосферы в изображение космического объекта, и так изменяет форму дополнительного «мягкого» зеркала телескопа, чтобы нейтрализовать искажения. Приборы NAOS и CONICA, работая совместно, представляют единый комплекс NACO, дающий в фильтре H изображение с угловым разрешением около 0.04". Это в 10 раз лучше, чем способен дать 8.2-метровый телескоп без такой системы, и в 4 раза лучше, чем дает в этом диапазоне Космический телескоп «Хаббл», вообще работающий за пределами атмосферы. Комплекс NACO позволяет 8.2-метровому телескопу получать столь же четкие изображения, как если бы он работал не на поверхности Земли, а в космосе. При наблюдении центра Галактики он может теперь отделять изображение окрестностей черной дыры от других близких к нему источников излучения.

Впервые мощные вспышки вблизи черной дыры были замечены 9 мая 2003 г. (см. фото). Этому предшествовали многолетние наблюдения, в течение которых объект не проявлял заметной активности. Несмотря на массу в несколько миллионов масс Солнца, черная дыра в центре нашей Галактики ведет себя весьма спокойно, но астрономы были уверены, что дождутся, когда захваченное межзвездное вещество в процессе падения на черную дыру проявит себя. И дождались... Во второй раз мощные вспышки были зафиксированы дважды в течение суток 16 июня 2003 г., причем на фоне вспышки, продолжавшейся более часа, удалось заметить перемен-

ность излучения с периодом в 17 мин. Хотя физический механизм вспышек не до конца понятен (возможно, они напоминают солнечные вспышки, имеющие электромагнитную природу), но их периодичность явно указывает, что захваченный газ обрабатывается вокруг черной дыры весьма близко к ее горизонту событий. Детальный анализ наблюдений позволил заключить, что сама черная дыра быстро вращается, имея момент импульса, лишь в половину уступающий максимально возможному в рамках общей теории относительности. Таким образом, впервые удалось измерить не только массу черной дыры, но и ее вращение. «Наступила эра наблюдательной физики черных дыр», — заключил руководитель работы Генцель, посвятивший многие годы детальному изучению ядра Галактики.

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

Астрофизика

Гамма-всплеск: джет внутри джета

Взрывов в нашей Вселенной происходит великое множество, но, несмотря на кажущееся разнообразие, между некоторыми их типами имеется определенное сходство, которое заставляет задуматься о стоящей за этим сходством общности происхождения.

Несколько десятков лет назад военные спутники, следившие за ядерными испытаниями на Земле и в космосе, обнаружили гамма-всплески — кратковременные (длительностью в десятки секунд) импульсы гамма-излучения. Другой вид импульсов жесткого излучения, правда в более длинноволновом диапазоне, был открыт всего несколько лет назад. Эти рентгеновские вспышки (X-ray flashes) происходят примерно в два-три раза реже, чем гамма-всплески, но на существующем оборудовании их гораздо сложнее обнаружить, поэтому до сих

пор общее число известных рентгеновских вспышек исчисляется десятками, а не тысячами, как гамма-всплесков.

Во многих отношениях рентгеновские вспышки подобны гамма-всплескам¹, что заставило некоторых исследователей предположить, будто они порождены одним и тем же явлением — взрывом массивной звезды. Э.Бергер (E. Berger; Калифорнийский технологический институт, США) и его коллеги считают, что им удалось пойти дальше и свести воедино сразу три вида космических взрывов — гамма-всплески, рентгеновские вспышки и сверхновые типа Ic. Основное отличие между ними определяется тем, какой именно путь выбирает энергия, покидающая взорвавшуюся звезду.

До сих пор считалось, что во время гамма-всплеска вещество с гигантской скоростью выбрасывается в окружающее пространство в виде двух противоположно направленных струй — джетов, на несколько сотен секунд становясь мощным источником гамма-излучения. Уточнить картину позволили радионаблюдения гамма-всплеска GRB 030329, который был зафиксирован спутником «HETE» («High Energy Transient Explorer») 29 марта 2003 г. Всплеск, произошедший на расстоянии 2.6 млрд св. лет от нас, оказался ближайшим из известных гамма-всплесков, но по энергетике не дотягивал до типичного явления этого класса. Причина недобора энергии прояснилась быстро. Близость гамма-всплеска позволила Бергеру и другим членам группы установить, что джет GRB 030329 имеет двухслойную структуру. Отслеживая все компоненты вспышки, они обнаружили, что гамма-излучение несет лишь небольшую часть энергии всплеска. Источником гамма-лучей оказалась быстрая и узкая струя вещества, окруженная медленным и куда более массивным потоком, генерировавшим мощное радиоизлучение. Суммарная энергия быст-

¹ См. также: Рентгеновские вспышки и гамма-всплески // Природа. 2002. №9. С.80.

рого джета и его медленной оболочки была именно такой, какую должен иметь типичный гамма-всплеск, т.е. около 10^{51} эрг.

Объяснение разницы между гамма-всплесками напрашивается само собой: в типичном гамма-всплеске вся энергия уходит через быстрый джет. В рентгеновской вспышке энергия взрыва распределяется иначе — в быстрый джет попадает ее небольшая часть, а наиболее энергетичным компонентом оказывается более широкий и медленный выброс. Наконец, в сверхновых типа Ic быстрый джет практически отсутствует. Причины различного распределения энергии по джетам пока совершенно неясны.

Nature. 2003. V426. №6963. P.154—157 (Великобритания).

Планетология

Уникальный Титан

За последние десятилетия накопились данные о том, что Титан, крупнейший из спутников Сатурна, размером превосходящий даже вполне самостоятельную планету Меркурий, имеет плотную атмосферу из азота. Но как образуется эта столь редкая в Солнечной системе газовая оболочка, неизвестно.

Недавно вернулся в строй после модернизации крупнейший радиотелескоп обсерватории Аресибо на о.Пуэрто-Рико. Его 300-метровую тарелкообразную антенну и новые технические возможности в полной мере использовали работавшие там американские астрономы. К Титану с помощью нового мощного аресибского радиолокатора был направлен микроволновый сигнал с длиной волны 13 см. Спустя 2 ч его слабое отражение было успешно принято тоже недавно обновленным оборудованием радиотелескопа обсерватории Грин-Бенк в штате Западная Вирджиния. Полученные новые сведения подтвердили уникальность Титана.

Плотность вещества, из которого состоит Титан (средняя между водой и каменной породой) говорит о том, что его твердая по-

верхность покрыта льдом, однако лед (если он действительно там существует), вероятно, в значительной мере перекрыт другими породами. Плотная атмосфера Титана содержит фотохимическую «дымку», образованную метаном и другими углеводородными газами, которые дождем сочатся к поверхности и там оседают. Формирующийся таким образом поверхностный слой может достигать мощности в несколько сот метров.

Еще лет десять назад радиолокационное зондирование Титана показало, что поверхность у него льдистая, но «грязная». Примерно тогда же была опровергнута гипотеза, согласно которой эта «луна» Сатурна покрыта сплошным глубоким океаном из метана и этана. Изображения в инфракрасной части спектра свидетельствовали о весьма неоднородной поверхности Титана, что теперь полностью подтвердилось: характер отраженного радиосигнала хорошо совпал с инфракрасным. Крупная область в его головной по направлению движения части, яркая в инфракрасной полосе спектра, совпадает с областью, где диффузия радиолокационного эха наиболее сильна. Однако следует признать, что понятия «темноты» и «яркости» для определения состава Титана требуют разъяснений. Те же американские астрономы всего за час до его зондирования сообщали, что яркая в оптике сторона другого спутника Сатурна — Япета — оказывается темной в радиодиапазоне, т.е. во многом сходна с поверхностью Титана. Строение и состав этих «лун» (а может, и других спутников Сатурна) существенно отличаются от чисто ледяных поверхностей холодных спутников Юпитера, в 15 раз более ярких в радиолокационном отношении, чем Титан. Ученые предполагают: аммиак (NH_3), поглощающий микроволновое излучение и вероятный источник пополнения атмосферы Титана, заперт во льдах этого небесного тела (а также — Япета), что и делает их темными при радиолокации, но яркими в оптике.

Количественный анализ инфракрасного излучения от тем-

ных областей Титана показывает, что их отражающая способность не достигает и 5%, а следовательно, они обогащены органическими веществами, возможно — смолами, или же представляют собой отдельные моря жидких углеводородов. Эти предположения подтвердились новыми радиолокационными данными. Наблюдаемые в спектре отражений то возникающие, то исчезающие острые всплески, видимо, исходят от разрозненных гладких и темных поверхностей диаметром от 50 до 150 км каждая. Это могут быть ударные кратеры. Их число, экстраполируемое в сравнении с другими спутниками Сатурна, близко к 80 (при диаметрах около 150 км). Более мелкие кратеры могут насчитываться тысячами, и все они, не исключено, заполнены жидкими материалами, образуя моря и озера. Свежая радиолокационная информация позволяет утверждать, что поверхность Титана на 75% покрыта именно такими бассейнами.

На сегодня все еще неясно, как именно можно интерпретировать результаты инфракрасных наблюдений метановой атмосферы и поверхности Титана в смысле их отражающих и поглощающих свойств. Эти эффекты явно неоднородны, на них сильно воздействует смена местных сезонов. Еще один вызов бросает исследователям инфракрасного спектра факт постоянного колебания плотности метановых облаков, располагающихся под слоем дымки. Радиолуч пронизывает атмосферу без помех, причем его отражение способно рассказать не только о верхнем слое поверхности, но, вероятно, и о нескольких метрах под нею: учет поляризации эха позволяет отличать поверхностные характеристики от глубинных. Именно благодаря этому американские астрономы во главе с Д.Б.Кемпбеллом (D.B.Campbell) установили низкий уровень поляризации отраженного сигнала, т.е. большая часть волн шла от самой поверхности Титана. Наоборот, эхо от четырех галилеевых льдистых спутников Юпитера было

сильно поляризовано: там подповерхностное рассеяние играет важную роль.

Для продвижения в познании Титана нужно улучшить отношение между сигналом и шумом. Но для земных инструментов пределы возможного уже почти достигнуты, теперь надежды возлагаются на приборы космического аппарата «Кассини», который сблизится с Титаном в октябре 2004 г. и затем более 40 раз совершит его орбит. В операции «Кассини—Гюйгенс» будут применены оптические, инфракрасные и радиолокационные методы дистанционных наблюдений — первый случай их одновременного использования. В январе 2005 г. с главного аппарата на парашюте должен быть спущен посадочный отсек «Гюйгенс», который пройдет сквозь атмосферную туманную дымку и опустится в одной из темных областей этого небесного тела.

Science. 2003. V.302. №5644. P.403, 431 (США).

Физика атмосферы

Подвижная тропопауза

Как известно, границей между нижним слоем атмосферы — тропосферой и верхней ее частью — стратосферой служит тропопауза, в которой происходят важнейшие изменения тепловых, динамических и химических характеристик воздушной оболочки Земли. Наблюдения показывают, что начиная с 1970 г. высота расположения этого критического слоя значительно увеличилась. Международная группа специалистов из Национальной лаборатории им. Лоуренса в Ливерморе и Национального центра атмосферных исследований в Боулдере (США), Института физики атмосферы в Оберпфалфенхофене (Германия) и Бирмингемского университета (Великобритания), возглавляемая Б.Д.Сантером (B.D.Santer), рассмотрела и порознь, и в сочетании как антропогенные причины данного явления (выброс парниковых газов, аэрозолей и озона), так и естественные, приотекавшие в XX в.

от изменений в солнечной активности и вулканической деятельности. В отличие от прежних аналогичных исследований, на этот раз в качестве «меры климата» использована не температура поверхности Земли, а состояние тропопаузы.

Вследствие того, что воздушная оболочка планеты почти полностью прозрачна для солнечного излучения, наиболее высокой температурой обычно отличается земная поверхность, а другой температурный максимум связан с озоносферой, которая, поглощая ультрафиолетовое излучение Солнца, приводит к разогреву воздуха на высоте около 50 км примерно до 0°C.

Воздушные массы в тропосфере весьма подвижны: за какие-нибудь несколько суток они в результате глубокой конвекции могут существенно изменить свое горизонтальное местонахождение и высоту. При этом с увеличением высоты над уровнем моря температура понижается. В стратосфере же температура с высотой изменяется не столь значительно. Обычно тропопауза вблизи полюсов располагается на высоте около 9 км, а в направлении к экватору постепенно поднимается примерно до 18 км над земной поверхностью. Но конвекция постоянно нарушает стройность такой модели, поэтому в конкретные сутки и на определенной географической долготе уровень тропопаузы оказывается далеко не гладким — временами в тропосферу глубоко вклиниваются стратосферные «языки».

По обе стороны тропопаузы существуют значительные различия не только в количестве содержащихся следовых веществ, но и в том, какой из химических процессов там преобладает. По этой причине исследователи особое внимание обращают на степень проницаемости тропопаузы, благодаря которой происходит обмен между стратосферой и тропосферой. Обмен влияет на процесс химического восстановления стратосферного озона, на загрязнение этого слоя и в конце концов сказывается на глобальном потеплении.

Временами тропосферные массы поднимаются в стратосферу в районе экватора, пересекая тропопаузу, что случается главным образом над Индонезией. Однако за время, пока воздушная масса пересекает тропопаузу, ветры способны переместить ее довольно далеко в горизонтальном направлении. Только недавно исследователи начали строить трехмерную картину движений, осуществляющихся в этой области. Над субтропиками обмен массами идет в обе стороны; в районе более высоких географических широт метеосистемы образуют потоки и оторванные от основного массива скопления стратосферного воздуха, которые затем поглощаются тропосферой.

Высота тропопаузы зависит от метеоусловий в тропосфере и от инфракрасного излучения стратосферы, условно говоря, — от изменений температуры в тропосфере и нижней стратосфере. Как рост температуры в первой из них, так и снижение — во второй, с ожидаемым увеличением концентрации CO₂, должны приводить к повышению уровня тропопаузы. В обоих случаях изменение на 1°C вызывает подъем тропопаузы примерно на 160 м. Увеличивает высоту тропопаузы также убывание озона в стратосфере, приводящее к ее охлаждению. В противоположность этому сульфатные аэрозоли должны охлаждать тропосферу и тем самым приводить к опусканию тропопаузы. Существуют и другие естественные и антропогенные факторы, которые влияют на высоту ее расположения.

По заключению исследователей, средняя глобальная высота тропопаузы возросла за последние 20 лет приблизительно на 200 м. Построенная ими модель показывает, что подъем в течение рассматриваемого периода осуществлялся под воздействием как естественных, так и антропогенных причин, но главная ответственность возлагается на парниковые газы и озон антропогенного происхождения. Продолжающиеся изменения свойств тропопаузы могут привести к широкомас-

штабным последствиям, так как играют существенную роль в формировании химического состава воздушной оболочки Земли и ее климатической системы.
Science. 2003. V.301. №5632. P.469, 479 (США).

Геофизика

Новая гравиметрическая карта Земли

Объединенная американско-германская группа специалистов завершила обработку данных, которые были получены в совместном эксперименте по уточнению гравиметрических и климатических данных (Gravity Recovery And Climate Experiment — GRACE). Благодаря этой космической миссии построена наиболее детальная карта распределения поля тяготения Земли.

Карта основана на данных за 111 сут наблюдения, что позволяет строить модели гравитационного поля планеты, значительно превосходящие по точности существовавшие ранее.

Новая информация дала возможность существенно уточнить характер геоида — воображаемой поверхности нашей планеты, совпадающей с невозмущенной поверхностью Мирового океана, где значения силы тяжести повсеместно были бы одинаковы. В реальности высоты геоида в разных точках могут отличаться от идеального эллипсоида на величины, достигающие 200 м. Измерения гравитационных аномалий потребовали использования приборов, находящихся на борту двух разных спутников, которые следуют по одной орбите и постоянно регистрируют свое взаимное положение.

Руководитель проекта гравиметрист М.Уоткинс (M.Watkins; Лаборатория реактивного движения НАСА, Пасадена) отмечает, что всего за несколько месяцев наблюдений удалось повысить точность модели, описывающей строение поля тяготения всей Земли, в 10, а местами — почти в 100 раз. Обнаружились точки, где ошибки

прежних определений высоты поверхности планеты достигали 1 м. Теперь точность карты — 1 см.

Эксперимент полезен также для различных климатологических исследований, в частности способствует уточнению метеорологических прогнозов.

Astronomy and Geophysics. 2003. V.44. №5. P.54 (Великобритания); www.gfz.potsdam.de/grace

Физика

Утилизация ядерных отходов с помощью лазера?

Относительно недорогим и весьма эффективным методом утилизации ядерных отходов может стать лазерная трансмутация. Физики из Великобритании и Германии¹ с помощью 360-джоулевого суперлазера VULCAN, сконструированного в Лаборатории им.Резерфорда и Эплтона (Великобритания), превратили ¹²⁹I — изотоп йода, имеющий период полураспада 15.7 млн лет, — в ¹²⁸I, период полураспада которого 25 мин.

Исследователи, поместив перед образцом ¹²⁹I тонкую золотую мишень, облучали ее импульсами длительностью 0.7 пс. Под действием лазерного луча (интенсивность в фокусе $5 \cdot 10^{20}$ Вт/см²) мишень испарялась до состояния плазменного облака, причем электроны плазмы приобретали огромные скорости. (Для этого достаточно плотность мощности лазерного излучения на мишени порядка 10^{18} Вт/см², в этом случае за счет огромных значений электрических полей, возникающих в фокусе лазера, энергия электронов плазмы увеличивается по сравнению с массой покоя на три порядка.) Поток ускоренных электронов при торможении на ядрах золота образовывал вторичные γ -кванты, которые, в свою очередь, выбивали из образца ¹²⁹I нейтроны, превращая часть его ядер в ядра ¹²⁸I. Каждый лазерный импульс позволял получить около 3 млн ядер ¹²⁸I.

¹ [http://optics.org/articles/news/9/8/12/14 august 2003](http://optics.org/articles/news/9/8/12/14%20august%2003)

По мнению экспериментаторов, остается лишь развить этот метод до масштабов, необходимых для утилизации накопленных ядерных отходов. Насколько перспективна эта идея, пока не ясно. А вот использование лазерных технологий для получения дорогостоящих изотопов (в которых нуждается, например, медицина) представляется вполне реальным.
http://perst.issph.kiae.ru/inform/perst/3_17/index.htm

Биология развития

Возникновение четвероногих: новый взгляд

По классическим представлениям, процесс, приведший к формированию четвероногих животных, связан с переходом от рыб к земноводным и от обитания в водной среде — к наземным условиям. Эта теория сложилась после 1928 г., когда Г.Саве-Сёдерберг (G.Säve-Söderbergh; Копенгагенский университет) обнаружил в девонских отложениях на востоке Гренландии ископаемые остатки ихтиостеги (*Ichthyostega*), что с латинского можно перевести как «бронерыба».

В отложениях, возраст которых около 360 млн лет, содержалось множество остатков рыб, тело которых покрывала костная броня. Среди них одна привлекла особое внимание ученых: у нее был хвост, как у рыб, и в то же время — конечности с пальцами. Такая комбинация черт рыбы и земноводного навела на мысль, что своим происхождением четвероногие обязаны выходу на сушу сравнительно примитивных еще позвоночных. Считалось, что в девоне некоторые древние рыбы приспособились переживать пересыхание континентальных водоемов, а потом от них и произошли полностью наземные формы. Ихтиостега являла собой именно такое переходное звено в эволюции. Однако последние открытия, и в первую очередь палеонтолога Дж.А.Клак (J.A.Clack; Зоологический музей в Кембридже, Велико-

британия), полностью эту гипотезу опровергают. Впервые сомнения на этот счет зародились в начале 1990-х годов, когда в том же гренландском местонахождении были обнаружены остатки иных промежуточных форм.

Сначала Клак и ее коллега М.Котс (M.Coates) нашли и описали акантостегу (*Acanthostega*), что в переводе означает «колючебронированная». Она тоже была весьма примитивной четвероногой, но сохранила многие важные приспособления и для жизни в водной среде, в том числе жабры и ластоподобные конечности. Это может свидетельствовать о формировании пальцев как на передних, так и на задних конечностях еще у животных, обитавших в воде. Так что гипотезу о преобразовании плавников и возникновении пальцев в связи с выходом позвоночных на сушу Клак считает ошибочной.

Когда ученые сравнили акантостегу и ихтиостегу, то пришли к заключению, что в девонский период должны были существовать еще многие, не известные доселе, четвероногие. И действительно, их примитивные формы палеонтологи обнаружили в девонских отложениях Латвии, России, Шотландии, Северной Америки, Азии и Австралии. А позднедевонские виды были весьма разнообразны по анатомии и распространены чуть ли не по всему земному шару.

Итак, процесс становления наземного образа жизни должен выглядеть иначе и намного сложнее, чем предполагалось еще недавно. Это крайне важно для понимания общей эволюции животного мира. Science. 2003. V.301. №5634. P.766 (США).

Биология

Лягушки адаптировались к кислотному загрязнению среды

Во второй половине XX в. человечество осознало новую экологическую угрозу, возникшую в результате бурной индустриализации, — кислотные дожди. Атмосферная влага при взаимодей-

ствии с промышленными выбросами сильно подкисляется и, попав в виде осадков в природные экосистемы, может приводить к угнетению и даже полному исчезновению многих видов растений и животных. Особенно уязвимыми оказались земноводные, обитающие в небольших стоячих природных водоемах. Их отложенные в воду яйца и нежные рыбоподобные личинки просто не могут нормально развиваться во внезапно подкисленной среде.

Хотя за последние десятилетия борьба с кислотными осадками стала привычной и необходимой во всех индустриально развитых странах, проблема остается, и в природе появляются все новые места с неестественно повышенной кислотностью среды.

А что же обитающие в таких местах земноводные? Чтобы ответить на этот вопрос, шведские исследовательницы из Университета в Уппсале¹ провели масштабную работу с остромордой лягушкой (*Rana arvalis*) — одной из самых обычных в Европе.

Были выбраны четыре популяции, обитавшие на водоемах как с естественной водой, так и с заметно подкисленной в результате антропогенного воздействия. Собранные кладки лягушек помещали для дальнейшего развития в искусственную среду с разной кислотностью (рН 4,0, 4,25 и 7,5). Затем регистрировали скорость развития и выживаемость эмбрионов, а также появившиеся у них отклонения. Выяснилось, что эмбрионы лягушек, вынужденных жить в кислотном загрязненном месте, существенно более устойчивы к ненормально кислой среде. Иначе говоря, зафиксирована адаптация остромордых лягушек к неблагоприятной среде!

Однако шведские ученые, не ограничившись этим интересным выводом, провели еще два эксперимента, довольно сложных. В одном из них они скрестили лягушек из кислотного загрязненного места с обитателями пока еще «нормальных» биотопов, а затем

¹ Räsänen K, Laurila A, Merilä J. // Evolution. 2003. V.57. №2. P.352—371.

повторили свой прежний опыт уже с гибридными эмбрионами. Оказалось, что устойчивость к повышенной кислотности передается с материнскими генами, что подтверждает генетическую основу адаптации.

В другом эксперименте у части подопытных яиц удаляли гелеобразные оболочки, после чего различия в развитии эмбрионов из разных кладок исчезали. Таким образом удалось установить, что именно в этих оболочках могли произойти изменения, которые повысили выживаемость лягушек в кислотном загрязненном биотопе.

© Семенов Д.В.,

кандидат биологических наук
Москва

Нейробиология

Омоложение начинается с макаков

Нейробиологи из США и Китая во главе с О.Дж.Левенталь (A.G.Leventhal; Университет штата Юта в Солт-Лейк-Сити, США) экспериментировали над двумя группами макаков — резусов (*Macaca mulatta*) и крабоедов (*M.fascicularis*); возраст животных от 26 до 32 лет (соответствует 78—96 человеческим годам). В контрольной группе было шесть обезьян тех же видов, достигших 7—9-летнего возраста.

Известно, что с возрастом ухудшаются многие функции организма. Ослабление зрения у подопытных животных сказывалось на способности отличать одни предметы от других, а также различать направление нарисованных штрихов. Благодаря введению в нейроны пожилых обезьян малых доз γ -аминомасляной кислоты их зрение заметно улучшалось, и эти способности восстанавливались. Сходным образом действовали инъекции мускумола; эффект возникал через 2 мин после его введения, а исчезал через 5—10 мин. Интересно, что на организм молодых животных данные вещества воздействия не оказывали. Зато когда экспериментаторы блокировали поступление

в нейроны γ -аминомасляной кислоты, синтезирующейся в организме молодых обезьян, животные на глазах «старели» примерно на 20 лет.

Работу группы Левенталь развил коллектив нейрофармакологов во главе с Д.Каспари (D.Caspari; Южно-Иллинойский университет в Спрингфилде, США). Было обнаружено воздействие γ -аминомасляной кислоты на слух, а также установлено, что эффективность этого вещества усиливают такие успокаивающие средства, как бензодиазепины (одно из них — известный валиум). Тем не менее обе группы исследователей подчеркивают, что до создания лекарства для пожилых людей еще очень далеко.

Science. 2003. V.300. №5620. P.721, 812 (США).

Этология

Необычное лакомство американской иволги

Давно известно, что обыкновенная кукушка (*Cuculus canorus*), подкладывая свое яйцо в чужое гнездо, выбрасывает из него одно, а то и несколько хозяйских яиц. Таким образом птица увеличивает шансы на выживание собственного птенца. Окрепший кукушонок довершает начатое своей мамашей, выталкивая оставшиеся яйца и своих сводных братьев и сестер.

Почти аналогичным образом поступает обитающий в Новом Свете буроголовый трупиял — *Molothrus ater* (трупиялы, или американские иволги — одно из семейств певчих воробьиных). Правда, птенец этого вида ограничивается тем, что перехватывает львиную долю корма, приносимого в гнездо. Из таких гнезд нередко вылетают и птенцы хозяина, и птенец трупияла. Однако взрослые птицы-паразиты иногда поступают совершенно по-хамски: они не только могут удалять яйца из гнезд, куда сами не собираются подкладывать собственные, но еще и выбрасывают птенцов — иногда целый выводок. В этих гнездах не остается уже ни яиц,

ни птенцов трупияла, так что мотивы такого поведения представляются туманными.

Используя установленную у гнезд видеокамеру, американские биологи М.Стейк и П.Кавана (Университет штата Миссури) подробно изучили поведение этой американской иволги¹. Как оказалось, птицы не только доставали и выбрасывали птенцов, но помимо этого охотно поедали выделяемые ими фекальные капсулы. Иногда можно было видеть, как трупиял преследует выскочившего из гнезда птенца и отстает лишь тогда, когда тот выделит наконец долгожданную капсулу.

Поскольку фекальные капсулы обогащены витаминами, птицы некоторых видов предпочитают не выбрасывать из гнезда выделения своих отпрысков, а поесть их на месте. Слово бы для удобства родителей и в целях гигиены испражнения заключены в специальную оболочку. Не исключено, что трупиялы, не имея своих гнезд, вынуждены преследовать чужого птенца, чтобы таким экстравагантным образом обогатиться витаминами. Интересно, что наиболее часто трупиялы навевались в гнезда тогда, когда птенцы уже подросли и почти готовы к вылету — в этот период они чаще выделяют капсулы. Оказалось, однако, что трупиялы посетили только 5,3% находившихся под наблюдением гнезд, поэтому в пищевом рационе фекальные капсулы вряд ли имеют важное значение, похоже, это — своего рода «лакомство» паразита.

© Опаев А.С.
Москва

Океанология

Роль тропиков в окончании ледниковой эпохи

Группа американских палеоокеанологов во главе с К.Виссер (K.Visser; Геологическое управление США в Вудс-Холе) установила, что во время завершения послед-

¹ Stake M., Cavanagh P. // Wilson Bull. 2001. V.113. №4. P.456—459.

ней ледниковой эпохи таянию высокоширотных ледников предшествовало потепление в тропиках. Главным объектом изучения стала 55-метровая колонка грунта, поднятая при бурении в наиболее разогретой части Индо-Тихоокеанского тропического бассейна — Макасарском проливе, который разделяет индонезийские острова Калимантан и Сулавеси. По изотопному составу кислорода в отложениях скелетов фораминифер² выявлены слои, относящиеся к водам, температура которых росла в этой части океана, и к водам, поступившим сюда в результате таяния северного оледенения. С помощью новой методики измерения палеотемператур по соотношениям магния и кальция в скелетных остатках фораминифер доказано, что потепление Индо-Тихоокеанского бассейна началось за 2—3 тыс. лет до глобального таяния льдов. В конце эпохи оледенения эта акватория разогрелась на 3,5—4°C, а не на 1—2°C, как считалось прежде.

Компьютерная модель, построенная под руководством К.Роджерса (K.Rogers; Лаборатория динамической океанографии и климатологии в Париже) показала, что потепление в тропиках на 3°C должно было привести к повышению температур в покрытой льдом Северной Америке летом примерно на 6°C.

Science. 2003. V.299. №5604. P.183 (США).

Вулканология

Марианские острова в тревоге

Американское научно-исследовательское судно «Super Emerald» 6 мая 2003 г. приблизилось к о.Анатахан (16°с.ш., 146°в.д.), лежащему среди Марианских о-вов, неподалеку от о.Гуам. Высадившись на берег геофизики из Университета им.Вашингтона (Сент-Луис, штат Миссури) и Скриппсовского океанографического инсти-

² О палеоокеанологических исследованиях фораминифер см. также: Муссоны: вчера, сегодня, завтра // Природа. 2003. №3. С.80.

туда (Ла-Холья, штат Калифорния), действуя в рамках американо-японского эксперимента по изучению процессов субдукции (погружения одной плиты земной коры под другую), принялись устанавливать сейсмограф для записи подземных толчков. Островок безлюден: в 1990 и 1993 гг. всех жителей единственной деревни переселили из-за происходившей тогда серии подземных толчков, правда, довольно слабых.

Анатахан образовался в результате происходивших около 10 тыс. лет назад извержений двух соседних подводных вулканов; их выбросы подняли этот вытянутый всего на 9 км клочок суши на высоту 790 м над ур.м. Следы тех давних событий хорошо различимы и сегодня. Застывшие потоки лавы перекрыты сравнительно молодыми (по геологическим меркам) горами шлака, причем растительность не успела как следует освоить каменистую поверхность. В современную эпоху никаких извержений здесь не происходило, и вулкан по праву считался спящим.

В ночь на 10 мая над островом разразилась гроза. В свете молний ученые увидели столб дыма и пара над вершиной горы. С рассветом началось бурное извержение, продукты которого достигали высоты около 9 км над ур.м. Судну пришлось срочно отойти от острова. Американский метеоспутник, пролетавший над Анатаханом, сообщил, что столб дыма и пепла поднялся на 13-километровую высоту — всей авиации рекомендовалось избегать этот район. Двое ученых на самолете совершили посадку на островке в 6 км от района событий и сняли показания недавно установленного там сейсмометра. Огромной силы извержение продолжалось 36 ч, после чего вулкан несколько успокоился.

13 мая сейсмологи, рискнув низко пролететь над Анатаханом, отметили, что вулканические бомбы все еще вылетают из кратеров, а вся западная часть острова, включая место, где был только что установлен сейсмограф, покрыта

мощным слоем пепла. Через несколько дней столб изверженных продуктов стал более светлым — очевидно, в его составе было уже намного больше пара и меньше твердых частиц, зато бомбы достигали нескольких метров в диаметре. Внутри восточного широкого кратера образовался новый, намного более глубокий.

18 мая вулканологам удалось установить на восточном берегу острова новый сейсмометр с телеметрическим устройством. Он записал несколько локальных землетрясений средней силы и множество мелких толчков. Для лабораторного анализа ученые отобрали образцы свежих и давних вулканических пород.

Природа не преминула проявить себя и с иной стороны: 23 мая весь район оказался во власти тайфуна. Ветер сменил направление с восточного на южное, и тучи пепла двинулись в сторону плотно заселенных островов Гуам и Сайпан (на Сайпане слой пепла составил около 2 мм).

Пользуясь временным ослаблением событий, двое ученых 21 мая морем подошли к Анатахану и высадились на берегу. Они провели там 4 ч и установили, что весь остров покрыт пеплом, а от чахлой растительности ничего не осталось. В бассейнах для сбора дождевой воды плавали куски свежей пемзы. Атмосфера была насыщена диоксидом серы. Температура воды в лужах, ручейках и фумаролах достигала 100.3°C. Примерно каждые 5 мин на вулкане продолжали раздаваться взрывы. В воздух за сутки выбрасывалось до 3—4.5 тыс. т серы.

23 июня 2003 г. Анатахан несколько успокоился.

Bulletin of the Global Volcanism Network. 2003. V.28. №5. P.2 (США).

Палеонтология

Американские мастодонты-«дуэлянты»

Когда речь заходит о наиболее опасных из сравнительно «молодых» ископаемых животных, обитавших на Земле около 10 тыс. лет

назад, чаще всего приходят на ум огромные пещерные медведи, саблезубые тигры и другие хищники. Но оказывается, не менее опасным было поведение такого растительноядного, как американский мастодонт. Правда, в отличие от хищников, его агрессия была направлена на себе подобных, и в схватках участвовали только самцы. В брачный период бурная гормональная активность возбуждала этих обычно мирных великанов и заставляла их беспощадно сражаться до тех пор, пока соперник либо позорно бежал, либо буквально ложился костями перед победителем. Их круто изогнутые бивни были способны нанести противнику тяжелейшие раны. Битвы между мастодонтами, масса которых достигала 6—8 т, нередко оказывались смертельными.

Этих древних «дуэлянтов» американский палеонтолог Д.Фишер (D.Fisher; Университет штата Мичиган в Анн-Арборе) изучал по ископаемым остаткам мастодонтов, которые в сравнительно большом числе паслись на территории вокруг Великих озер, только освобождавшихся от ледникового покрова.

Рассмотрев десяток хорошо сохранившихся скелетов, Фишер на пяти из них обнаружил не вызывающие сомнений последствия схваток. В числе наиболее характерных — переломы ребер и хвостовых позвонков, что совпадает с обычными ранениями после драк и у современных слонов, тоже склонных к дуэлям. Вопрос «кто здесь главный» у обоих видов обычно решается столкновением лоб в лоб с применением бивней.

На внешнем обводе альвеол, в которые входят основания бивней, у ископаемых мастодонтов заметны следы связок, вероятно, служивших для частичного поглощения энергии удара. У одного из мастодонтов кончики бивней были столь сильно раздроблены, что попытка повторного их использования несомненно привела бы к полному их разрушению. На нескольких черепах сохранились

следы колотых ран, сходных с теми, что могли быть нанесены при ударе бивня.

Построенная Фишером компьютерная модель дуэли мастодонтов показала, что, резко встряхивая головой вверх, животное наносило удар изогнутыми бивнями в щечную область противника, на которой сохранялись следы мощного толчка. Подобное глубоко проникающее ранение вполне могло оказаться смертельным.

Бивни у слоновых ежегодно прирастают, подобно древесному стволу, кольцом ткани, подсчет которых позволяет определить возраст животного. Кольца нарастают с весны до конца осени, и в этот период нормальная смертность у мастодонтов должна быть низкой. Но боевые ранения, вероятно, наносились именно в такое время, и самцы чаще всего гибли от голода среди изобилия пищи. Так что сражения не на жизнь, а на смерть у растительноядных гигантов можно считать доказанным фактом. Таково мнение палеонтолога Дж.Сондерса (J.Saunders), высказанное им на собрании Общества палеонтологии позвоночных (Сент-Пол, ноябрь 2003 г.).

Science. 2003. V.302. №5648. P.1143 (США).

Палеоантропология

Еще один *Homo erectus*

В течение нескольких десятилетий считалось, что один из древнейших наших предков, *Homo erectus*, более 1.5 млн лет назад покинул Африку и начал расселяться по другим континентам. Однако находка в 2002 г. около Дманиси (Грузия) трех небольших человеческих черепов возрастом 1.75 млн лет заставила некоторых специалистов предположить, что еще до *H. erectus* Африку покинул некий вид пралюдей с маленьким размером головы.

И вот весной 2003 г. группа палеоантропологов во главе с М.Ли-ки (M.Leaky; Национальный музей Кении) обнаружила в Кении чело-

веческий череп, по размерам значительно уступающий ранее найденному в этой стране черепу молодого крупного *H. erectus*, жившему 1.59 млн лет назад. К тому же у черепа, обнаруженного Ли-ки, надбровные дуги не выдаются вперед так заметно, как обычно у *H. erectus*. Палеонтолог Ф.Спур (F.Spoor; Лондонский университетский колледж) полагает, что этот череп представляет собой случай крайне редкой изменчивости размеров среди *H. erectus*, и видит большое сходство между кенийской и грузинской находками: у обеих форма головы вытянутая (если смотреть сбоку), «слезовидная»; ушные косточки стоят под сходным углом; у обеих вдоль макушки протянулся костный гребень. Ранее такой гребень считался принадлежностью лишь азиатского *H. erectus*, так что кенийский череп может оказаться важным звеном, связующим грузинские находки с азиатскими.

И хотя специалисты пока не решаются уверенно отнести дманисские черепа к *H. erectus* (они выглядят примитивнее, чем кенийские, и к тому же напоминают *H. habilis*), возможно, придется все же вернуть этому виду гоминид первенство в переселении из Африки на другие континенты.

Science. 2003. V.300. №5621. P.893 (США).

Археология

К письменности — черепашьим шагом

Считается, что письменность впервые возникла около 5200 лет назад в Месопотамии, на территории нынешнего Ирака¹. Но вот недавно группа китайских и американских специалистов высказала предположение, что это произошло примерно 8 тыс. лет назад в Китае. Основывается гипотеза на изучении знаков, вырезанных на поверхности черепаховых панцирей, которые группа китайских археологов обнаружила в 1980-х годах на территории провинции

¹ См.: Где зародилась письменность? // Природа. 2002. №12. С.80.

Хэнань в неолитических захоронениях. Всего было вскрыто 349 могильников и древних жилищ. Панцири находились примерно в 20 захоронениях, причем в одном из них панцирь заменял собой человеческий череп. При раскопках жилищ были найдены печи для обжига гончарных изделий, подвалы, кладовые, остатки животных, украшения из бирюзы и даже флейта с семью отверстиями, изготовленная из журавлиной кости.

Датировка панцирей, лишь недавно проведенная радиоактивным методом тремя китайскими лабораториями независимо, дала приблизительно 7—6-е тысячелетие до н.э., причем большинство относится к 6600—6200 гг. На 14 панцирях знаки нанесены достаточно отчетливо, девять из них повторяются, а два вырезаны не только на панцирях, но и на человеческой кости. Сложность знаков различна, чаще всего они представляют собой простую комбинацию линий, но некоторые напоминают древнекитайские иероглифы (один, например, обозначает понятие «глаз», другие относятся к числительным). Исследователи считают, что эти знаки — предшественники китайской письменности.

Вообще панцири черепах использовались в Китае в различных церемониях со времен раннего неолита. Вполне возможно, что вырезанные на них знаки имели религиозный смысл. Известно, что в Китае в эпоху Инь (XVI—XI вв. до н.э.) иероглифы применялись для фиксации родового происхождения правителей, а также для ведения священного календаря. Это роднит их с системой знаков древних американских индейцев и отличает от письменности ранней Месопотамии, которая использовалась исключительно для торговых целей — подсчета купленных и проданных голов скота.

Далеко не все специалисты согласны с выводами китайско-американской группы. Возможно, ясность внесут новые раскопки.

Science. 2003. V.300. №5620. P.723 (США).

О человеке, профессии и эпохе

С.Р.Филонович,

доктор физико-математических наук

Государственный университет — Высшая школа экономики
Москва

Эту книгу берешь в руки с особым чувством. И дело не столько в том, что она прекрасно подготовлена и издана, сколько в ее герое. Он необычен по многим причинам. Скромный, очень интеллигентный человек, Виктор Яковлевич Френкель (1930—1997) посвятил себя исследованию жизни и творчества ученых. И вот теперь появилась книга о нем самом — историке науки. Советская и российская наука может гордиться именами таких историков физики, как В.П.Зубов, И.Б.Погребынский, Б.Г.Кузнецов, У.И.Франкфурт, но сборника о своем творчестве первым удостоился именно Френкель.

История развития физики в нашей стране еще ждет глубокого и непредвзятого анализа. Второстепенный характер этого раздела естествознания в дореволюционной России, особенно на фоне достижений математики, химии или астрономии, вполне очевиден. В первые десятилетия советской власти шло удивительное по скорости и масштабу развитие физики, которое можно сравнить, пожалуй, только с успехами французов в конце XVIII — начале XIX в. Впрочем, некоторое замедление в последние десятилетия XX в. похоже на потерю лидерства французской

физикой к концу XIX в. К сожалению, многое из того, что написано о русской и советской науке, недостоверно, окрашено идеологемами прошлого.

Историко-научное творчество Френкеля представляет собой пример исключительной добросовестности и лишено идеологической предвзятости. В чем причина такой исключительности? С одной стороны, вероятно, в происхождении — сын Якова Ильича Френкеля, выдающегося советского физика, известного независимостью своих суждений (не потому ли так и не ставшего академиком?), должен был унаследовать качества отца. С другой стороны — Физтех, основанный А.Ф.Иоффе и ставший творческой колыбелью огромного числа выдающихся физиков. Но нельзя все особенности личности ученого связывать только с влиянием извне. Интереснейшее сплетение качеств и черт характера Виктора Яковлевича показано его друзьями и коллегами.

В целом книга построена просто и логично. В первой части опубликованы последние работы Френкеля. Они отражают практически весь спектр его научных интересов. Описание встреч с А.П.Александровым и П.Л.Капицей — выдающимися учеными и организаторами науки. Исследовательский очерк

Виктор Яковлевич
Френкель

Последние работы.
Воспоминания
коллег и друзей



ВИКТОР ЯКОВЛЕВИЧ ФРЕНКЕЛЬ. Последние работы. Воспоминания коллег и друзей / Ред.-сост.: В.Г.Григорьянц, Б.Б.Дьяков, О.В.Чернева.

СПб.: Физико-технический институт им.А.Ф.Иоффе, 2002. 356 с.

о тяжелейшем периоде жизни П.И.Лукирского. Наконец, размышления о природе творчества историка науки. Каждая из работ достойна внимания, но это лишь капля в море труда ученого. В полной мере об объеме проделанной Френкелем работы можно судить по тщательно составленному списку его книг и статей, помещенному в Приложении. Число публикаций особенно поражает, когда знаешь, с какой тщательностью готовилась каждая из них. Виктор Яковлевич был мастером архивных изысканий даже в советские времена, когда работа в архивах была сопряжена с громадными трудностями. Без преувеличения можно сказать, что пример Френкеля опровергает расхожее суждение о несовместимости плодovitости и глубины в творчестве ученого.

Большую часть книги составляют воспоминания друзей и коллег. Надо признать, что, читая их, рецензент испытывал чувство сожаления: Виктор Яковлевич был и моим другом. Встречи с ним на семинарах и конференциях, домашние посиделки у меня в Москве и у него в Питере, обсуждение написанных и ненаписанных работ — все это могло бы стать предметом статьи в сборнике, тем более что некоторые темы, например внимание Френкеля к творчеству О.Д.Хвольсона, не нашли отражения в опубликованных воспоминаниях. Но в изданной книге изменить уже ничего нельзя. Можно только констатировать, что в совокупности авторам очерков удалось создать правдивый и многогранный образ российского интеллигента, увлеченного своей работой, рассматривавшего ее как служение сложному и не всегда благодарному делу сохранения нашего прошлого.

Бессмысленно перечислять здесь все хорошее, что написано о Френкеле на страницах книги. Попробуем суммировать сказанное, чтобы понять, почему его можно считать практически образцовым историком науки.

Прежде всего надо отметить, что Виктор Яковлевич был образованным физиком, кандидатская диссертация которого посвящена науке, а не ее истории («Тепловые расчеты электронных ламп»). Знание самого предмета — обязательное условие работы историка науки. Так получилось, что круг интересов ученого был связан с физикой XX в., ход развития которой он знал в деталях. Надо подчеркнуть, что внешние события и внутренняя логика науки для Френкеля были связаны неразрывно, и в этом заключалась особенность его творчества.

Еще одна характерная черта работ Виктора Яковлевича — оригинальное соединение элементов социальной истории и науки. Заметим, что к социальным аспектам развития естествознания он начал обращаться раньше многих западных историков, до того, как социальная история науки вошла в моду. Этому, конечно, способствовало воспитание: глубокое знание литературы, искусства, музыки — одним словом, все то, что в русском языке связано с понятием «интеллигентность». Это отчетливо видно из опубликованной в книге статьи «Трудные годы Петра Ивановича Лукирского». Перед Френкелем, тщательно проследившим по архивным источникам историю ареста Лукирского, встал вопрос: нужно ли называть имя человека, донос которого стал формальным поводом для ареста его героя? Как строгий историк Виктор Яковлевич мог бы сказать, что воссоздание исчерпывающей картины событий — его долг. Но вместо этого он написал:

«При подготовке к печати следственных дел арестованных в “тридцатые проклятые” годы иногда становится известным имя человека, донос которого послужил поводом (а не обязательно причиной) ареста. Возникает нравственный вопрос: следует ли называть имя автора этого доноса? Сотрудники архива, передавая родственникам



Виктор Яковлевич Френкель (1930—1997).

или исследователям дело об арестованном, предупреждают: нет, нельзя — раскрытие имен больно заденет родственников доносчика. А ведь этого человека могли принудить написать донос здесь же, в кабинете следователя, даже не используя “недозволенных методов ведения допроса”, т.е. попросту — не избив. Этой цели можно достичь шантажом, угрозой ареста, преследования семьи арестованного <...>. Где следует провести грань дозволенного, того, за что мы, живя и работая в комфортных условиях, накажем презрением, а за что, с учетом обстоятельности, “помилим”?

Если бы авторы показаний-доносов могли думать, что написанное, сказанное ими и удостоверенное их не подделанными подписями когда-нибудь будет прочитано их детьми, а то еще станет известным большому кругу людей, может быть, тогда они попытались бы, собрав последние силы, отбросив подsunутые им перо и бумагу. Но кто из обвиняемых мог в критические часы и дни конвейера допросов думать, что их протоколы, страницы доносов, очных ставок будут сброшюрованы в папках следственных

дел, на которых напишут удивительные в данном контексте и умом не постижимые слова: «Хранить вечно?»» (с.69—70).

Нетрудно догадаться, как для себя ответил на вопрос Френкель: имени доносчика в статье нет. В этом весь Виктор Яковлевич — его способность к эмпатии, сопереживанию была исключительной. Лучшие человеческие качества во многом сделали его великолепным историком.

В меньшей степени Френкелю была близка история классической физики, о чем он иногда жалел. Однажды в беседе со мной он заметил, что не считает себя историком физики в строгом смысле этого слова именно потому, что недостаточно хорошо знает историю физики XVII—XIX вв. Замечание было сделано в характерном для него стиле: спокойно, без аффектации и самоуничужения. И хотя все, кто знал Виктора Яковлевича, вряд ли согласятся с подобным мнением, оно очень точно характеризует отношение ученого к своей работе: принадлежность к определенному научному сообществу еще не дает права считать себя специалистом по всем вопросам данной области.

Психологи определяют личность человека как совокупность черт и качеств, показывающих прежде всего его отношение к самому себе. Виктор Яков-

левич привлекал к себе людей: самоирония и честнейшая само-рефлексия были основой его самовосприятия. В воспоминаниях, опубликованных в книге, упоминается осознание Френкелем некоторых своих «слабостей», отчасти врожденных, отчасти благоприобретенных. Во время одной из встреч, которая состоялась у меня дома в Москве вскоре после наших с ним первых (и независимых) поездок в США (это был то ли конец 1989, то ли начало 1990 г.), мы обменивались полученными впечатлениями. Я упомянул о вновь испытанном ощущении свободы, возможности поступать как хочется, а не как требуется. Выслушав меня, Виктор Яковлевич смущенно улыбнулся и сказал, что в этом и проявляется некоторая разница между нами в возрасте: «Я так и не смог преодолеть опасения, что за мной могут следить <...>». Тогда, помнится, я удивился его искренней реплике. Теперь же, читая последние его работы, я подумал, что это печальное ощущение, наверное, помогало ему лучше понять своих героев. Смогут ли историки будущего ощутить особенность эпохи?

Самокритичность была важнейшей составляющей той доброжелательности, которую, как отмечают почти все авторы сборника, демонстрировал Френкель по отношению к начинающим исследователям.

Правда, иногда это делало его беззащитным перед наглостью и хамством. Вспоминается эпизод 1984 г. Столетовские чтения во Владимире, вполне содержательный доклад о научной школе А.Ф.Иоффе, сделанный В.Н.Куркутовой на заседании, где председательствовал Виктор Яковлевич. И вдруг — неожиданное, хамское, антисемитское выступление одного из участников (имя которого в знак уважения к позиции Френкеля я не буду называть) с утверждением, что никакой научной школы Иоффе вовсе не было. Виктор Яковлевич попытался пресечь выходку, но что мог сделать интеллигентный человек против обнаглевшего хама... К сожалению, неприятных эпизодов в жизни ученого было предостаточно, что, скорее всего, и предопределило его безвременную кончину.

Книга о Френкеле интересна не только тем, что показывает яркую человеческую личность. В ней своеобразно воссоздается сложная, противоречивая эпоха, в которую пришлось жить герою книги. Отдельные детали его биографии, описанные в воспоминаниях, и особенно цитаты из писем Виктора Яковлевича, воспроизводимые в книге, сами по себе могут стать источником исследований для будущих ученых, которые захотят проникнуть в сложную историю событий отечественной науки. ■

Ботаника

М.С.Игнатов, Е.А.Игнатова.
ФЛОРА МХОВ СРЕДНЕЙ ЧАСТИ
ЕВРОПЕЙСКОЙ РОССИИ. Т.1.
Sphagnaceae — Hedwigiaceae. М.:
Т-во науч. изд. КМК, 2003. 608 с.

Несмотря на то, что изучение мхов (равно как и сосудистых растений), обитающих в центре европейской части

России, ведется уже более 200 лет, до сих пор не было выпущено единого определителя для этой довольно обширной группы высших растений. В существующих же руководствах, посвященных региональным бриофлорам, описания некоторых таксонов столь различны, что порой трудно решить, какому из признаков стоит отдать предпочтение. Кроме того,

в бриологии, как и в другой науке, постоянно что-то меняется и корректируется, причем это касается даже «классических» флор. Таким образом, необходимость составления современного определителя, учитывающего все изменения, стала очевидной.

Пока вышел только первый том, в котором описаны 364 вида и пять разновидностей мхов,

произрастающих в европейской части России (за исключением районов Севера и Карелии, а также Кавказского региона, но включая Урал). Описаны строение, распространение и экология каждого вида мха. Кроме того, книга снабжена оригинальными рисунками и электронно-микроскопическими фотографиями. В систематике видов учтены данные последних морфологических и молекулярно-генетических исследований.

География

Б.П.Важенин. МАГАДАН: К ИСТОРИЧЕСКИМ ИСТОКАМ НАЗВАНИЯ. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2003. 106 с.

Магадан — печально знаменитый город, только что отпраздновавший 50-летний юбилей, однако уже сейчас восстановить происхождение его названия не просто. Существует не менее 20 гипотез, из которых самая распространенная — образование топонима «Магадан» от эвенского слова «монгодан» (морские наносы, плавник, жилище из плавника).

По мнению автора, слово «магадан» связано с широко распространенным словом «майдан», которое, по данным Э.М.Мурзаева и других исследователей, известно не менее чем в 20 языках тюркской, монгольской, славянской, иранской, семитской, романской, финской, дагестанской, картвельской групп. Оно приобрело много фонетических вариантов, означающих место сбора кого-либо или чего-либо. В атласах и картах разных регионов мира выявлено более 350 топонимов на его основе.

Вероятное исходное эвенское название полуострова и речки *Мэгдын*, адаптированное в *Магдан* и *Магадан* приохотскими камчадалами-мети-

сами, к началу XX в., очевидно, стало одновременно означать мыс, полуостров, место сбора и полуостров, пригодный для сбора людей. Возможный путь распространения и изменения слова представляется автору следующим образом: Палестина (*Медиддо*, *Магедон*) — Персия (*мейдон*, *мейдан*) — монголо-тюркская степь (*майдан*) — запад Азии и восток Европы (*майдан*, *мейдан*), Сибирь (*мэгдын*, *магдан*).

Для проверки своей гипотезы автор — географ по образованию — пользовался географическими, историческими и только отчасти лингвистическими методами. Теперь слово за языковедами.

Геология

В.Е.Хаин. ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОЙ ГЕОЛОГИИ. М.: Научный мир, 2003. 348 с.

За последние десятилетия в решении проблемы происхождения Солнечной системы и нашей Земли как ее составного элемента были достигнуты весьма существенные успехи. Тем не менее некоторые достаточно важные вопросы вызывают различные толкования.

В книге рассмотрены основные вопросы теоретической геологии, пока окончательно не решенные. Это происхождение континентальной коры и жизни на Земле, природа первичной коры, причины великих вымираний, внутренние и внешние источники энергии геологических процессов (взаимосвязь глубинных и поверхностных), общая направленность эволюции Земли, механизмы движений и деформаций земной коры и литосферы, характер геологических процессов, роль космических факторов.

Первое издание книги вышло в 1995 г. Второе издание

дополнено новыми данными, полученными за 1995—2002 гг. Добавлена отдельная глава, посвященная проблемам рифтогенеза.

История науки

М.Г.Шафранова. ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ: Информационно-биографический справочник. М.: Физматлит, 2003. 288 с.

Объединенный институт ядерных исследований (ОИЯИ) в Дубне — международная межправительственная организация, всемирно известный центр фундаментальной физической науки. Он был создан в 1956 г. рядом стран Восточной Европы и Азии для равноправного взаимовыгодного научного сотрудничества.

Основные направления исследований в Институте — физика элементарных частиц, физика атомного ядра и физика конденсированного состояния вещества с использованием ядерно-физических методов. Здесь работали выдающиеся ученые, имена которых вошли в историю науки. Институту и, в первую очередь, ученым ОИЯИ посвящена эта книга. Здесь читатель найдет краткие сведения об истории создания Института, о его лабораториях, достижениях и открытиях.

Важной частью издания, отличающей его от других, стала четвертая глава — словарь, который содержит 680 кратких биографических справок об ученых Института. Они составлены на основе анкет, заполненных самими учеными в 1995—1996 гг., значительная их часть во втором издании обновлена. Сведения о тех, кого уже нет среди живых, подготовлены по архивным данным, различным документам и публикациям, воспоминаниям коллег.

Неудача и успех

О запуске первого советского лунохода

В.Е.Кузнецов,

заслуженный конструктор Российской Федерации
Москва

В 60-е годы прошлого столетия Советский Союз интенсивно изучал окололунное пространство. Было решено отказаться от высадки людей на поверхность Луны и осуществить программу исследований с помощью автоматических станций и с использованием луноходов. Сегодня всем известны «Луноход-1» и «Луноход-2», выполнившие большой объем исследований и передавшие информацию на Землю. Здесь мне бы хотелось рассказать о событиях, известных далеко не всем.

Луноход представлял собой самоходную тележку, оснащенную приборами для научных исследований и телеметрической аппаратурой для управления, получения и передачи информации. Резкие смены температуры у поверхности Луны в дневное и ночное время обусловили необходимость поддержания внутри лунохода температур, приемлемых для работоспособности всех систем аппарата. Иными словами, луноходу нужна была «печка», которую официально называли блоком обогрева.

Разработку этого вопроса поручили нашему предприятию. В результате всестороннего анализа было решено применить на луноходе изотопный источник

тепла. В природе существует ряд химических элементов, изотопы которых способны постоянно выделять тепло. Одним из них является полоний-210, имеющий период полураспада примерно 120 сут.

В предыдущие годы на базе этого изотопа в СССР были созданы маломощные изотопные электрогенераторы с прямым преобразованием тепловой энергии в электрическую. Эти устройства установили на нескольких спутниках типа «Восток».

Технология получения изотопа была разработана Институтом им.академика А.А.Бочвара и, в частности, отделом, который в то время возглавляла З.В.Ершова. Так что опыт создания изотопного источника тепла у предприятия уже имелся.

Необходимо было создать некий агрегат, отвечающий требованиям проектировщиков лунохода по уровню тепловыделения и массогабаритным параметрам. В принципе, это была емкость с установленной в ней кассетой, содержащей ампулы с изотопом. Требовалось определить нужное количество изотопа, заключить его в герметичные ампулы и обеспечить необходимый тепловой поток.

Общее научно-техническое руководство проектом поручили И.М.Горскому, а ответственным ведущим конструктором был на-

значен Л.Е.Португал. Проектированием блока занимался конструкторский отдел Ф.Ф.Колготина. Нашему отделу было поручено проектирование испытательных стендов и нестандартного оборудования. В результате совместной работы на первом этапе была создана технологическая цепочка по выделению изотопа из исходного продукта, созданы опытные образцы блока обогрева, ряд стендов и комплекс нестандартного оборудования.

От нашего отдела активное участие в разработке принимали В.Н.Шполянский, А.Г.Волгин, Д.Я.Ионов, Б.М.Ромбом, В.И.Демидов, И.Н.Милехин и др.

Второй этап охватывал всю наземную отработку изделия. Здесь и создание технологической цепочки для производства изотопного топлива в Арзамасе-16, и большой объем испытаний ампул с изотопом по всем параметрам, и испытания изделия с электроимитатором изотопного топлива на вакуумных стендах под Сергиевым Посадом и, наконец, завершающие испытания заряженного изотопом изделия в Арзамасе-16. Эта большая и сложная работа заняла более трех лет.

И вот блок заряжен ампулами, упакован в защитный контейнер и отправлен на место старта. Там уже находится и сам луноход. Через несколько дней

был намечен старт. Наша бригада уже на полигоне. Последними перед самым стартом отправились наш директор — главный конструктор А.С.Пашков и я.

Едем поездом. Наш конечный пункт — станция Тюра-Там (г.Ленинск), в районе космодрома Байконур. Дорога долгая, нудная. С Пашковым я почти не знаком, так что больше молчим. Но вот проехали Волгу. Проехали Арысь. Вот и Аральск.

Меня огорчило, что море ушло на много километров от города. Вспомнился 1941 год. Мы ехали в эвакуацию. В Аральске нас завалили рыбой — и соленой, и копченой, и свежей, и вяленой — бери не хочу. Из окна вагона было видно море и стоящие на рейде корабли. Сейчас ничего этого нет и в помине.

Наконец и наша станция. Приехали. Нас встречают.

Разместились в гостинице на знаменитой «десятке». Со мной в номере старый знакомый — В.М.Калманович. Силами его группы должны были выполняться все предстартовые операции с блоками.

На следующий день нас собрали в центральной конторе для выработки плана действий в период предстартовых операций и в момент старта.

Наша задача состояла в следующем. Когда ракета уже стоит в вертикальном положении и заправлена топливом, необходимо поднять установленный в защитном контейнере блок к верхней части ракеты, где под обтекателем уже находился луноход. Далее следовало изъять блок из контейнера, и учитывая, что температура поверхности блока достаточно высокая и от него идет поток радиоизлучения, установить его на луноходе.

Отправились на стартовую площадку. В машине нас было 9—10 человек. Зима. На улице мороз, температура ниже -20°C . Плохо работали тормоза. Шоссе скользкое и мела поземка, а до старта около 100 км пути. Чтобы успеть вовремя, надо было спешить.

Вот мы и на месте. Ракету подогнали на железнодорожной платформе к стартовой площадке. Поставили в вертикальное положение. Началась заправка топливом. Завтра пуск. Определались с обстановкой и объемом работы, распределили обязанности. Стемнело.

Ехать обратно 100 км с плохими тормозами тяжело. Мест в гостинице на всех не хватило. Заночевали в ангаре. Расположились на цементном полу. Холодно. Под себя положили чехлы от обтекателей. Другими такими же чехлами накрылись. Спали, не раздеваясь, в меховых куртках, штанах и унтах. Утром состояние нервозное. Почти для всех нас это первый запуск и все внове.

Ракета уже была заправлена. Шли последние приготовления. Через микрофон раздаются команды: «Предприятие такое-то, выполнить операцию №<...> и т.д.».

Стояли на пусковом столе. Щипало лицо, но не от мороза. Это через предохранительные клапаны стравливалась азотка из баков.

Контейнер с блоком обогрева стоял тут же, на столе. Наконец команда: «ОКБ “Заря”, выполнить операцию №<...>».

Чтобы доставить контейнер к луноходу, сперва его нужно было поднять ручной талью до второго уровня стартовой башни, а оттуда лифтом до самого верха. Но мороз. Таль где-то заело. Команда повторяется еще раз, потом еще.

Пришлось контейнер в 150 кг вручную тащить на второй уровень. Наконец лифт и луноход. Все сработано четко. Блок установлен. Сообщили о выполнении операции. Подготовка ракеты завершена. Всем предложили уйти в укрытие.

Мы сели в «Рафик» и выехали на основное шоссе. Оттуда видно происходящее. Ждали пуска. Все возбуждены. И вот перед нами картина, которую все неоднократно видели по телевидению: отходят мачты, огонь, об-

лака дыма, и ракета медленно отходит от стола.

Секунда, две, три, еще и еще. Ракета повернула, и мы увидели только огненные жерла двигателей. Но что это? Пламя двигателей заколебалось, появился дым, и отчетливо был виден взрыв ракеты. Крупные и мелкие осколки летели в разные стороны и падали на землю. Над землей образовалась огромная буря туча. Это — азотка, вернее, уже оксиды азота. Тучу постепенно разносило по степи. На шоссе появились группы людей, пытающихся уйти от облака.

Горский сказал: «Если вдруг ампулы с изотопом разгерметизировались от удара при падении, то не миновать большой беды — радиоактивного заражения местности и всего живого».

Пашков принял рискованное, но, на мой взгляд, единственно правильное решение — найти луноход и, при необходимости, попробовать как-то локализовать распространение азотолой.

Место падения обломков ракеты в степи как на ладони. Подъехали. С момента падения прошло очень немного времени, но по всему полю уже бродили какие-то люди и что-то искали. Разошлись по-военному — цепью, по направлению к обломкам. Сперва наткнулись на искателей. Это солдаты.

— Что ищете?

— Да, говорят, в спутнике заложен золотой вымпел. Вот бы найти.

— Ребята, ракета несла на себе очень опасный груз.

Объяснили какой и попросили помочь найти. Вскоре раздались радостные крики: «Нашли!». Пашкову повезло, он оказался ближе всего к цели. Подошли к луноходу. Внешне он цел, но зажат между обломками. Хозьев лунохода нет.

Чтобы определить целостность ампул, нужны дозиметристы. Своих у нас не было. Пашков попросил двоих остаться у лунохода, а мы на машине поехали искать дозиков.

Стемнело. Температура ниже 25°C. Нашли воинскую часть. Дозиметристов нет, куда-то уехали. Надо ждать. Наконец появились. В полной темноте мы подъехали к месту падения. Наши ребят нет. Оказывается, замерзли и ушли на огонек, погреться.

Замеры были сделаны. Разгерметизации нет. На месте поставлена охрана. Замерзшие, измученные, мы вернулись в воинскую часть, в надежде поужинать и согреться. С утра никто ничего не ел. У военных ужин уже давно закончен, солдаты спали. Нам дали по тарелке какой-то похлебки и по куску хлеба. Благодарные за гостеприимство, мы решили в ночь ехать на «десятку».

Скользкая дорога, мороз, плохо работали тормоза. Но

тепло манило. Вот и «десятка», гостиница. В номере выпили неприкосновенный запас и легли спать.

Утром сбор. Разбор ситуации. Часть команды останется для завершения дел, директор и его замы улетят местным рейсом, начальники отделов отправятся поездом до Ташкента, а уже оттуда — самолетом в Москву. Но все это будет завтра, а сегодня вечером намечалась встреча всех за общим столом. Пашков — против, естественно против и замы — Горский и Козаченко. Остальные — за. Пашков сказал: «Запуск неудачный, чего отмечать?»

Мы ответили: «В экстремальных условиях блок остался невредим. Это успех!»

И все же решили, что встреча необходима.

В запасе экспедиции всегда есть спирт. (На Байконуре практически сухой закон. Достать спиртное было невозможно.) Так что банкет, естественно, состоялся. Стол ломился от яств. Речи, шутки и розыгрыши. Конечно, было обидно, что луноход не удалось отправить к цели с первого раза. Но ведь наше изделие прошло испытание в самых тяжелых условиях: при взрыве ракеты-носителя. Это означало, что проделанная работа не пропала даром, что предложенные технические решения могут найти применение и в других устройствах.

В Ташкент отправились ночью. Днем самолет, и мы в Москве.

Следующий запуск оказался удачным, и луноход полностью выполнил поставленные перед ним задачи. ■

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

Художественный редактор
Т.К.ТАКТАШОВА

Заведующая редакцией
И.Ф.АЛЕКСАНДРОВА

Младший редактор
Г.С.ДОРОХОВА

Перевод:
П.А.ХОМЯКОВ

Набор:
Е.Е.ЖУКОВА

Корректоры:
В.А.ЕРМОЛАЕВА
Е.А.ПИМЕНОВА

Графика, верстка:
Д.А.БРАГИН

Свидетельство о регистрации
№1202 от 13.12.90

Учредитель:
Российская академия наук,
президиум
Адрес издателя: 117997,
Москва, Профсоюзная, 90

Адрес редакции: 119991,
Москва, ГСП-1, Мароховский пер., 26
Тел.: 238-24-56, 238-25-77
Факс: (095) 238-26-33
E-mail: priroda@naukaran.ru

Подписано в печать 13.05.2004
Формат 60×88 1/8
Бумага типографская №1,
офсетная печать, усл. печ. л. 10,32,
усл. кр.-отт. 67,8 тыс., уч.-изд. л. 12,2
Заказ 8375
Набрано и сверстано в редакции

Отпечатано в ППП типографии «Наука»
Академиздатцентра «Наука» РАН,
121099, Москва, Шубинский пер., 6