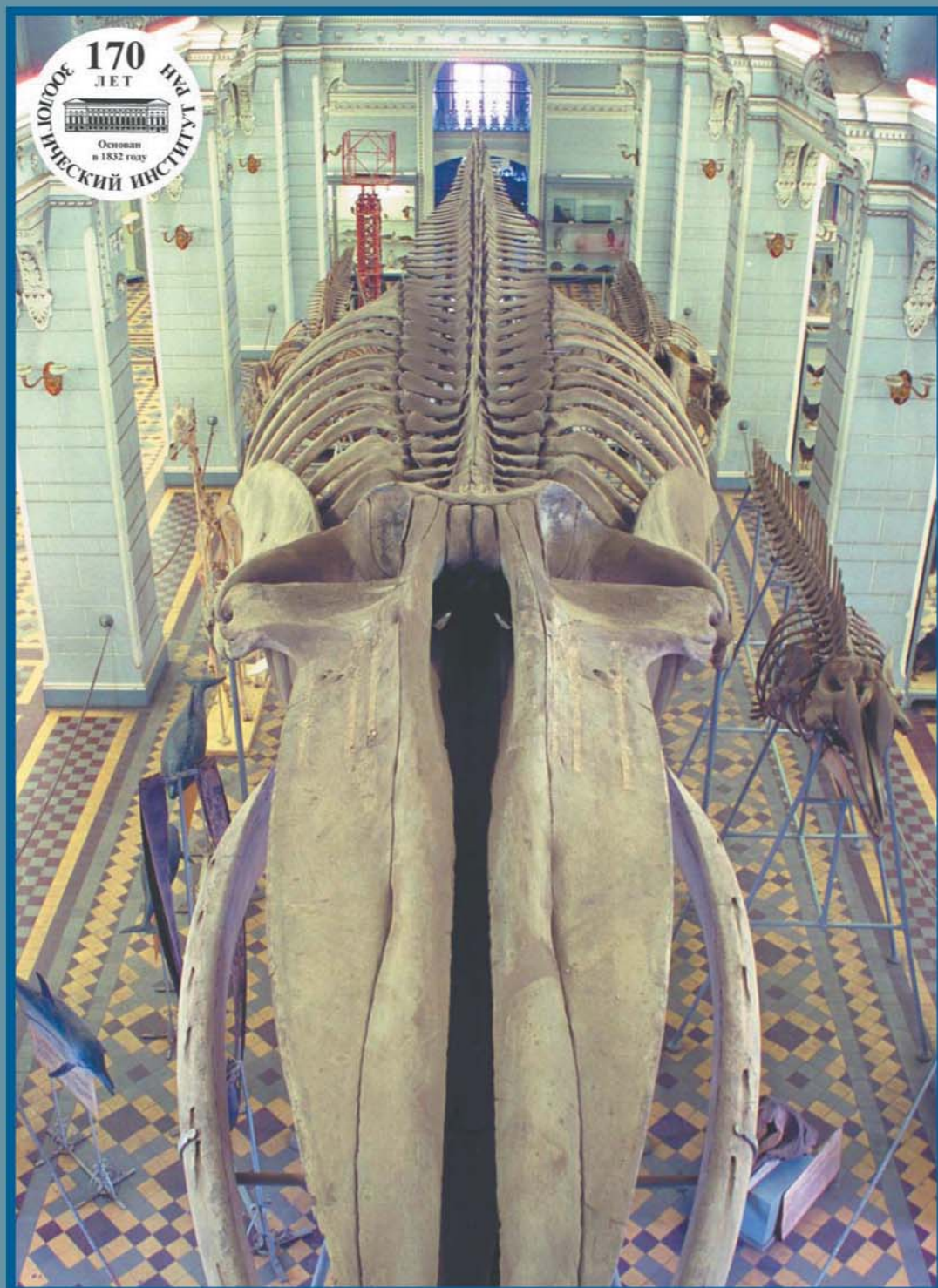


ПРИРОДА

8 02



В НОМЕРЕ:**3 Федин В.П., Герасько О.А.****Кукурбитурил: играем в молекулы**

Из молекул этого соединения, имеющего форму бочки без дна и крышки, можно создавать сложные и разнообразные конструкции, а в будущем — новые материалы.

8**Калейдоскоп**

Эксперименты с нейтрино (9). В Армении и Испании будет свой синхротронный излучатель (9). Игнобелевские премии 2001 г. (67). Лугны краснеют (68).

**10 ALMA MATER ОТЕЧЕСТВЕННОЙ
ЗООЛОГИИ**

170 ЛЕТ ЗООЛОГИЧЕСКОМУ ИНСТИТУТУ РАН

Танасийчук В.Н.**От Кунсткамеры... (12)****Ананьева Н.Б., Подлипаев С.А.,****Пугачев О.Н.****...до банка генетических ресурсов (17)****Крылов П.И.****Продукционная гидробиология (18)****Балашов Ю.С.****Школа Е.Н.Павловского (21)****Бергер В.Я.****Беломорская биологическая станция (26)****Коротяев Б.А., Сиренко Б.И.,****Степаньянц С.Д.****Систематика — язык биологии (29)****Кузнецова В.Г.****Кариосистематика (35)****Кержнер И.М., Лобанов А.Л.****Публикации (37)****Степаньянц С.Д.****Они жили на острове ЗИН (41)**

Урбанизация и клещи. Алексеев А.Н., Дубинина Е.В. (23). «Непрописанное» население городов. Виноградова Е.Б. (24). Живая и неживая природа. Крылов М.В., Либенсон М.Н. (25).

49 Головин Ю.И., Моргунев Р.Б.**Магниторезонансное разупрочнение кристаллов**

Можно ли разрушить небоскреб сигналом мобильного телефона? Это кажется невероятным, но экс-

перименты говорят о сильнейшем (резонансном!) влиянии слабых постоянных и СВЧ магнитных полей на механические свойства твердых тел.

58 Яхонтова Л.К., Брызгалов И.А., Гак Е.И.**Бронза из бронзового века****63 Угольников О.С.****Поляриметрия сумеречного неба**

Роль многократного рассеяния в формировании свечения дневного неба сравнительно невелика. Однако в сумерки она существенно возрастает, а ее оценка составляет весьма сложную задачу.

Научные сообщения**69 Басов И.А.****Формирование Циркум-Антарктического течения**

(189-й рейс «ДЖОИДЕС Резолюшн»)

71 Силкин Б.И.**Тайна Гейзенберга — тайна Бора****Достойные... но недостойные****74 Блох А.М.****«Нобелиана» В.И.Векслера и Е.К.Завойского****Новости науки****80**

Вселенная расширяется с переменной скоростью. Вибе Д.З. (80). Молодое Солнце: тусклое или яркое? (81). Астрофизики объединяют усилия (81). Квантовый предел плотности магнитной записи (82). Насекомых на Земле не более пяти миллионов видов (82). В Африке два вида слонов, а не один! (83). Проблема синезеленых. Еловенко В.Н. (83). Интродукция полевой мыши в Магаданскую область (84). Хищник и его «наивная» жертва (84). Как возродить коралловые рифы (85). Водоснабжение в глобальном масштабе (86). Цепь подводных вулканов (86). Вулкан угрожает папуасам (87). Эцци: знакомство продолжается (87). Родичей китов находят на суше (88). Древняя трехъярусная могила в Сирии (88).

Коротко (57)

Рецензии**89 Зубрева М.Ю.****Одиссея Зиновия Каневского****Новые книги****93****В конце номера****95 Кузьмин А.В.****Рысь: «львиный страж» северного неба**

CONTENTS:

3 **Fedin V.P., Gerasko O.A.** **Cucurbituril: Playing with Molecules**

Molecules of this compound, shaped like a bottomless and topless barrel, can be used to create complex and diverse compounds, and in future, new materials.

8 **Kaleidoscope**

Experiments on Neutrinos (9). Armenia and Spain Will Have Their Own Synchrotron Radiation Source (9). The 2001 Nobel Prizes (67). Liers Blush (68).

10 **THE ALMA MATER OF RUSSIAN ZOOLOGY**

THE 170TH ANNIVERSARY OF THE ZOOLOGICAL INSTITUTE, RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES

Tanasiichuk V.N.

From Kunstkamera... (12)

Ananyeva N.B., Podlipaev S.A., and Pugachev O.N.

...To a Bank of Genetic Resources (17)

Krylov P.I.

Productive Hydrobiology (18)

Balashov Yu.S.

E.N. Pavlovsky's School (21)

Berger V.Ya.

The White Sea Biological Station (26)

Korotyaev B.A., Sirenko B.I., and Stepanyants S.D.

Systematics: The Language of Biology (29)

Kuznetsova V.G.

Karyosystematics (35)

Kerzhner I.M. and Lobanov A.L.

Publications (37)

Stepanyants S.D.

They Lived On ZIN Island (41)

Urbanization and Mites **Alekseev A.N. and Dubinina E.V.** (23). Unregistered Urban Population **Vinogradova E.B.** (24). Living and Dead Nature **Krylov M.V. and Libenson M.N.** (25).

49 **Golovin Yu.I. and Morgunov R.B.** **Magneto resonant Softening of Solids**

Can a skyscraper be destroyed by cellular phone microwaves? This seems to be impossible, but experi-

ments show a very strong (resonant!) effect exerted by weak static and microwave magnetic fields on the mechanical properties of solids.

58 **Yakhontova L.K., Bryzgalov I.A., and Gak E.I.** **Bronze from the Bronze Age**

63 **Ugolnikov O.S.** **Twilight Sky Polarimetry**

The role of multiple scattering in producing dayglow is relatively small, but significantly increases in the case of twilight glow. Its estimation, however, is a very difficult task.

Scientific Communications

69 **Basov I.A.** **Formation of the Antarctic Circumpolar Current** (189th Cruise of the JOIDES Resolution)

71 **Silkin B.I.** **Heisenberg's Secret, Bohr's Secret**

Honorable... but Unhonored

74 **Blokh A.M.** **Nobel Nonprizes to V.I. Veksler and E.K. Zavoisky**

Science News

80 The Universe Is Expanding at a Variable Rate. **Vibe D.Z.** (80). The Young Sun: Dim or Bright? (81). Astrophysicists Joining Their Efforts (81). The Quantum Limit to Magnetic Density Recording (82). There Are no More than Five Million Insect Species on the Earth (82). There Are Two Elephant Species in Africa Rather than One! (83). The Problem of Blue-Green Algae. **Elovenko V.N.** (83). The Introduction of Field Mice into the Magadan Region (84). A Predator and Its Naïve Victim (84). How to Revive Coral Reefs (85). Water Supply on a Global Space (86). A Submarine Volcanic Chain (86). Papuans Threatened by a Volcano (87). Ötzi: Keeping up the Acquaintance (87). Relatives of Whales Found on Land (88). An Ancient Three-Tiered Grave in Syria (88).
In Brief (57)

Book Reviews

89 **Zubreva M.Yu.** **The Odyssey of Zinoviy Kanevsky**

New Books

93

End of Issue

95 **Kuzmin A.V.** **The Lynx: A Leonine Guard of the Northern Sky**



Кукурбитурил: играем в молекулы

В.П.Федин, О.А.Герасько

Все материальные предметы, которые нас окружают, состоят из молекул, соединенных между собой межмолекулярными связями разного типа и образующих более сложные структуры. Эти структуры возникают не случайно и не произвольно, а по вполне четким и ясным правилам: кирпичики, строительные блоки, создающие сложную конструкцию, обязательно соответствуют друг другу геометрически и функционально. Там, где в одном кирпичике углубление, в соседнем обязательно должна быть выпуклость, подходящая по размеру и форме, чтобы обеспечивать их эффективное соединение. И чем больше в каждом строительном блоке таких пригодных для сцепления мест, тем прочнее и устойчивее вся конструкция. Изучением процессов образования из отдельных молекул более сложных структур занимается специальная наука — супрамолекулярная химия, которая в настоящее время определяет основные направления развития в современной химии.

Супрамолекулярная химия

Термин «супрамолекулярная химия» введен в 1978 г. выдающимся французским химиком, лауреатом Нобелевской премии

© В.П.Федин, О.А.Герасько



Владимир Петрович Федин, доктор химических наук, заместитель директора Института неорганической химии Сибирского отделения РАН.

Ольга Анатольевна Герасько, кандидат химических наук, старший научный сотрудник того же института.

Научные интересы авторов связаны с супрамолекулярной химией, в том числе с синтезом, исследованиями структуры и свойств супрамолекулярных соединений.

1987 г. Ж.-М.Леном и определен им впоследствии как «химия за пределами молекулы, описывающая сложные образования, которые являются результатом ассоциации двух (или более) химических частиц, связанных вместе межмолекулярными силами» [1]. Последующее бурное развитие молодой науки в большой мере было обусловлено ее междисциплинарным характером. Супрамолекулярная химия охватывает разнообразные яв-

ления в органической и координационной химии, физической химии, биологии, физики, микроэлектроники и т.д. Благодаря их взаимному обогащению эта наука обладает широким спектром возможностей и привлекает все больше ученых из самых разных стран. В последние годы часто проводятся международные семинары, лекции, школы и конгрессы, посвящаемые данной области. Постоянно растет число публикаций, обзоров, мо-

нографий. Огромный интерес вызвала изданная в 1995 г. книга Лена «Супрамолекулярная химия. Концепции и перспективы», переведенная в 1998 г. на русский язык. В ней подытожены основные направления исследований, предложен обобщающий взгляд на новую науку и обсуждены возможные перспективы ее развития [2].

Объекты классической химии — молекулы, объекты супрамолекулярной химии — супермолекулы и их ансамбли. Можно сказать, что «супермолекулы представляют собой по отношению к молекулам то же, что молекулы по отношению к атомам, причем роль ковалентных связей в супермолекулах играют межмолекулярные взаимодействия» [1, 3]. Существуют серьезные различия между молекулярной химией и химией больших (нанометровых размеров) соединений. Нельзя автоматически перенести, например, методы синтеза, разработанные для относительно малых молекул и позволяющие с высокой степенью надежности получать заранее заданные соединения, на наноразмерные молекулы. Супрамолекулярные ансамбли представляют собой сложные конструкции определенной архитектоники. Они строятся самопроизвольно из комплементарных, т.е. обладающих геометрическим и химическим соответствием, фрагментов, подобно спонтанной сборке сложнейших пространственных структур в живой клетке. Подбор условий для такой сборки за счет перегруппировок молекул в бесконечно разнообразные комбинации и структуры приводит к материалам с новыми интересными свойствами.

Цель наших исследований — создание материалов с использованием молекулярных строительных блоков больших размеров. Такие блоки необходимы потому, что в супрамолекулярных ансамблях отдельные молекулы удерживаются межмолекулярными взаимодействиями, но каждое из них в целом значи-

тельно слабее, чем ковалентные связи в самой молекуле. Если использовать крупные, не меняющие свою геометрию фрагменты, то за счет большей контактной поверхности можно обеспечить множественные взаимодействия нескольких центров и увеличить тем самым суммарное связывание отдельных блоков.

В качестве подобных молекулярных блоков используются органические макроциклические соединения и относительно большие координационные кластеры металлов, где два атома металла (или более) связаны между собой. Эти соединения легкодоступны, растворимы и устойчивы в водных растворах минеральных кислот, а соответствие их геометрических размеров и координационных возможностей позволяет достичь высокой эффективности связывания при образовании супрамолекулярных ансамблей. Остановимся подробнее на описании молекулярных строительных блоков и создании из них супермолекул.

Молекулярные строительные блоки: кукурбитурил и кластеры

Кукурбитурил — тривиальное название органического макроциклического соединения состава $C_{36}H_{36}N_{24}O_{12}$, данное ему в 1981 г. В.Фриманом в связи с внешним сходством формы молекулы с тыжкой (род *Cucurbita*) [4]. Действительно, строение этой интересной молекулы напоминает тыкву или бочку: в областях ее дна и крышки располагаются по шесть атомов кислорода сильно поляризованных карбонильных групп. Соединение было впервые получено еще в 1905 г. немецким химиком Р. Берендом [5]. Однако методы того времени не позволили правильно определить состав и структуру кукурбитурила, и лишь сравнительно недавно это удалось сделать с помощью рентгеноструктурного анализа

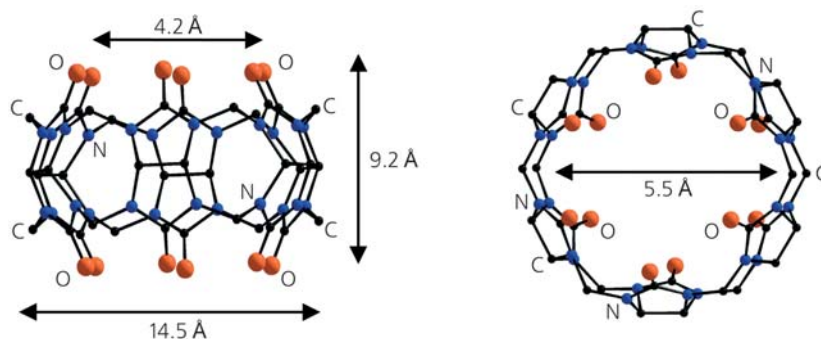
[4]. Высота «бочки» оказалась равной 6 Å, максимальный внутренний диаметр — 5.5 Å, атомы же кислорода карбонильных групп образуют два одинаковых портала (т.е. вход и выход) с ван-дер-ваальсовым диаметром 4.2 Å. Размеры ее внутренней полости позволяют включать «гостей» — небольшие органические молекулы или ионы.

Кукурбитурил растворим в кислотах и щелочах, легкодоступен, устойчив и способен к координации различных частиц, что делает его удобным для синтеза разнообразных супрамолекулярных соединений [6–11]. Так, даже при очень низкой концентрации он чрезвычайно легко связывает кальций — один из наиболее важных и многофункциональных элементов в живых организмах [12]. Атомы кислорода обоих порталов одной молекулы координируют катионы кальция, а те в свою очередь «схватывают» с каждой стороны еще по «бочке». В результате макроциклические молекулы кукурбитурила выстраиваются друг над другом и, чередуясь с катионами кальция, образуют бесконечные полимерные цепи — молекулярные «трубы». Интересно отметить, что метильная группа координированной к кальцию молекулы метанола располагается внутри полости кукурбитурила, что свидетельствует о ее гидрофобности. Такие высокоупорядоченные органические-неорганические гибридные материалы с большими каналами, размеры и форму которых можно контролировать, представляют несомненный интерес для тонкой очистки, разделения и выделения веществ, супрамолекулярного катализа, а также оптоэлектроники.

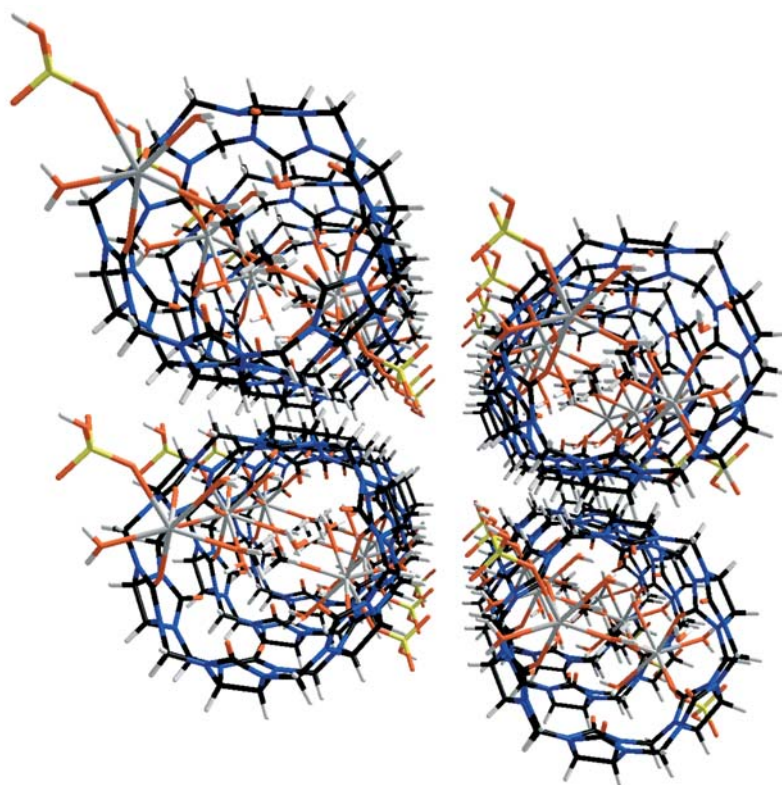
Итак, имея один строительный блок — кукурбитурил, образно говоря, «бочку без дна и крышки», — попробуем создать недостающие детали, способные закрывать ее с одной или двух сторон. «Крышки» должны хорошо подходить по размеру и образовывать межмолекулярные контакты с самой

«бочкой», и чем таких взаимодействий больше, тем лучше «крышки» будут удерживаться. Удачными в таком качестве оказались трехъядерные кластеры молибдена или вольфрама состава $[M_3Q_4(H_2O)_9]^{4+}$ ($M = Mo, W$; $Q = S, Se$). Строение этих комплексов хорошо известно: атомы металла образуют треугольник, а из четырех имеющихся мостиковых атомов халькогена — серы или селена — один соединен с тремя атомами металла по одну сторону треугольника M_3 , а три располагаются по другую. Атомы металла дополнительно координированы молекулами воды, шесть из которых лежат примерно в одной плоскости и способны образовывать водородные связи с шестью атомами кислорода в портале. Кислотные свойства трехъядерных аквакомплексов облегчают образование водородных связей.

Для создания прочных супрамолекулярных соединений необходимо как совпадение размеров «крышки» и «бочки», так и образование между ними развитой системы водородных связей. Экспериментальные исследования подтвердили, что кластеры $[M_3Q_4(H_2O)_9]^{4+}$ и кукурбитурил прекрасно отвечают обоим этим условиям. В результате удалось получить «бочки» двух типов: с одной «крышкой» и с двумя. Размеры таких супермолекул составляют 15 и 25 Å соответственно. «Крышка» плотно закрывает «бочку» кукурбитурила с одной или с обеих сторон, а шесть молекул воды кластера соединяются с атомами кислорода портала максимально возможным числом водородных связей — 12 (!), благодаря чему строительные блоки прочно удерживаются вместе. Супрамолекулярные комплексы, полученные в виде красивых кристаллов из смеси разбавленных растворов исходных соединений — кукурбитурила и кластеров, — уже более не растворяются ни в воде, ни в кислотах [12–19].

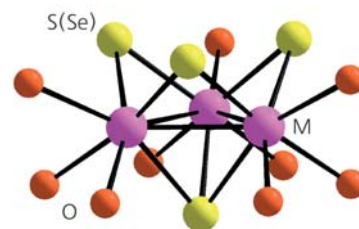


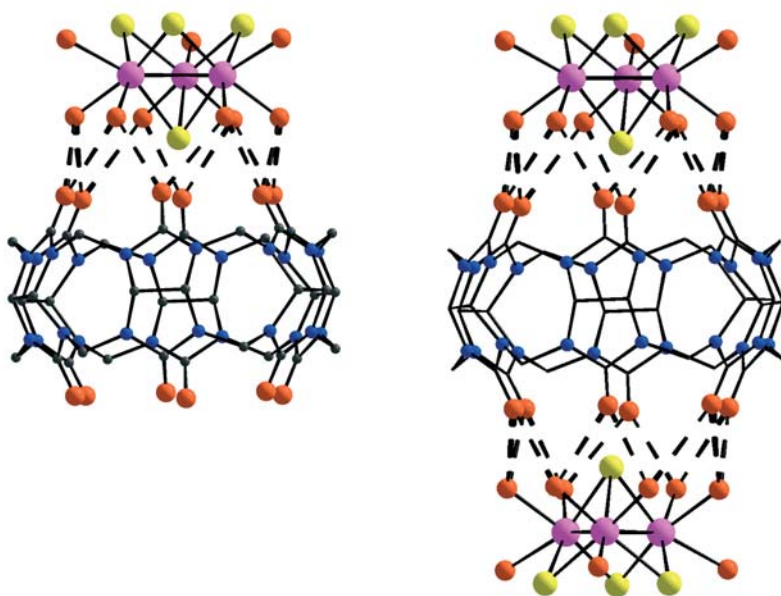
«Бочка» кукурбитурила — вид сбоку (слева) и сверху.



Молекулярные «трубы», образованные супермолекулами кукурбитурила с катионами кальция.

Трехъядерные координационные кластеры $[M_3Q_4(H_2O)_9]^{4+}$ ($M = Mo, W$; $Q = S, Se$).





Супермолекулы-«бочки»: с одной «крышкой» (слева) и с двумя. Водородные связи показаны пунктирными линиями.

Что можно построить из супермолекул?

Сделаем следующий шаг: попробуем использовать в качестве строительных блоков уже сами супермолекулы и посмотрим, как они организуются дальше, как взаимодействуют друг с другом, как образуют твердое тело.

Обычно в кристалле супермолекулы-«бочки», независимо от того, с одной они «крышкой» или с двумя, выстраиваются в бесконечные полимерные цепочки. Здесь свою роль играют не только водородные связи, но и межмолекулярные ван-дер-ваальсовы взаимодействия между атомами серы (или селена) соседних трехъядерных координационных кластеров [16].

Образование коротких контактов сера—сера или селен—селен в супрамолекулярных соединениях чрезвычайно интересно тем, что они могут служить молекулярной моделью для слоистых дихалькогенидов переходных металлов, значение которых в промышленности трудно переоценить. Например, дисульфид молибдена — это

прекрасный смазочный материал, сохраняющий свои свойства при очень низких температурах и в глубоком вакууме (даже в космосе!). В структуре подобных дихалькогенидов слои из атомов металла чередуются с двумя слоями из атомов халькогена (серы или селена), причем последние взаимодействуют друг с другом в соседних слоях тем же самым образом, что и в полученных нами супрамолекулярных соединениях.

Характернейшая особенность слоистых дихалькогенидов металлов — способность включать между слоями халькогена «гостей»: атомы металлов или малые молекулы. Такое внедрение приводит к раздвиганию слоев и позволяет целенаправленно менять свойства материалов. Атомы серы (или селена) трехъядерных кластеров могут, например, координировать атомы ртути [16–18]. Важно, что при этом размеры и геометрия треугольного кластерного фрагмента практически не меняются, а значит, он также способен взаимодействовать с кукурбитурилом и образовывать супрамоле-

кулярные соединения. В них атом ртути координируется через атомы селена к «крышкам» соседних супермолекул кукурбитурила, связывая их в бесконечные цепочки. За счет включения ртути расстояние между атомами селена увеличивается так же, как в слоистых дихалькогенидах металлов при интеркалировании «гостей» между слоями. Эти результаты наглядно показывают, что химия твердого тела гораздо теснее связана с химией молекулярных кластеров, чем можно было ожидать. Даже вторичные эффекты, например нековалентные взаимодействия между атомами халькогена, служат важным фактором в образовании структуры как для создания неорганических материалов (дихалькогенидов переходных металлов), так и для упаковки изучаемых нами супермолекул.

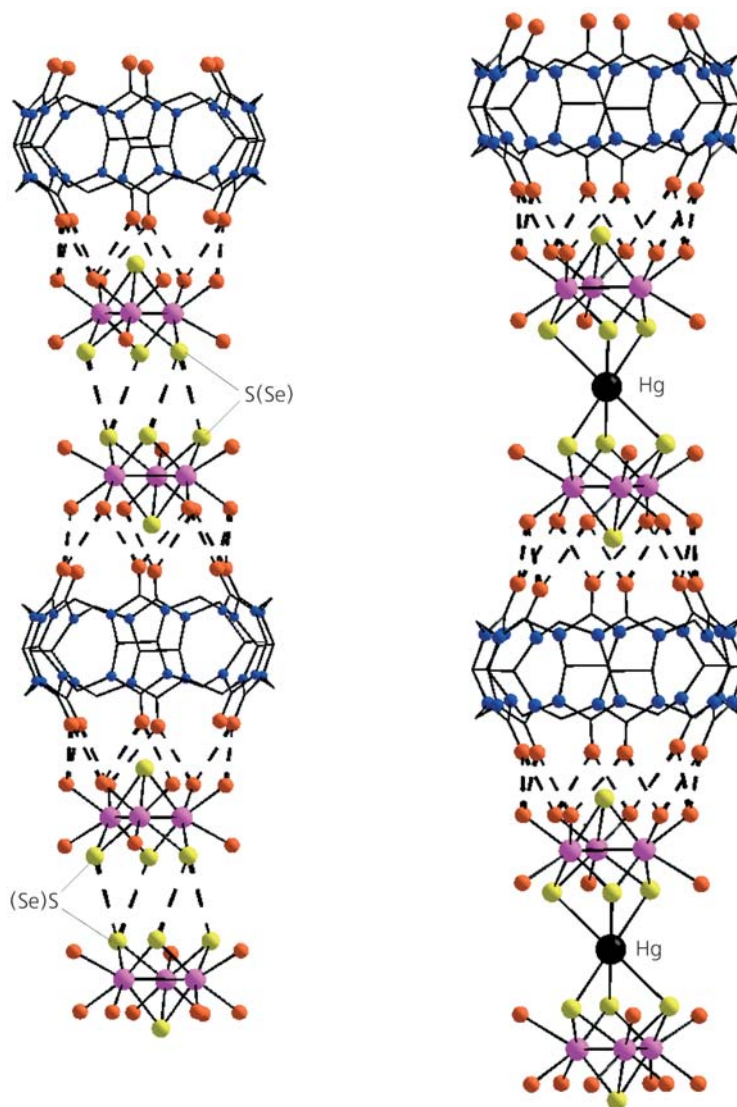
«Гости» в «бочке»

А теперь рассмотрим упомянутую ранее способность кукурбитурила включать в свою полость небольшие молекулы. Известно, что подобные явления играют исключительно важную роль в самых разнообразных процессах: дыхании и регенерации кислорода растениями, ферментативном катализе, анестезии, формировании залежей природного газа и т.д. Наличие у кукурбитурила одной или двух «крышек» создает более благоприятные условия для внедрения и удержания «гостя» в полости супермолекулы. Так, если добавить в реакционную смесь пиридин, он окажется внутри «бочки» с двумя «крышками» [14, 19], несмотря на то, что ван-дер-ваальсов радиус этой органической молекулы (5.9 Å) несколько больше внутреннего диаметра входного отверстия кукурбитурила (4.2 Å). Образование такого супрамолекулярного соединения настолько выгодно, что в условиях реакции атомы кислорода порталов, по-видимому, отклоняются от своих позиций

и впускают «гостя» в полость. Отметим, в новом соединении немного искажены молекулы и «гостя», и самого кукурбитурила, но во всем остальном строение этого супрамолекулярного комплекса сходно с теми цепочками, которые получают без пиридина. В полость кукурбитурила можно включать также другие небольшие молекулы, такие как тетрагидрофуран, бензол, диоксан.

Итак, закрывая «бочку» «крышками», мы вполне надежно размещаем в ней «гостей». Ясно, что они способны покинуть «бочку» только при открытых «крышках». Можно ли подобрать экспериментальные условия, которые позволили бы контролировать образование и разрыв связей между исходными строительными блоками и, следовательно, открывать и закрывать «крышки», впускать и выпускать «гостя» из полости? Да, и, как оказалось, очень легко. Увеличивая, например, концентрацию соляной кислоты, мы заменяем атомами хлора молекулы воды, координированные к металлу треугольного кластера и ответственные за образование водородных связей. Их система рушится, «крышки» снимаются, и «гость» покидает полость. Если условия реакции снова изменить, так чтобы молекулы воды заняли места атомов хлора, опять получатся супрамолекулярные соединения, в которых «крышки» эффективно закрывают «бочку» кукурбитурила.

Изучение обратимого включения «гостей» в полость молекулы «хозяина» представляет интерес не только с научной точки зрения. Оно вносит существенный вклад и в развитие исследований по возникшей в последнее время проблеме транспорта веществ, в том числе лекарств, и позволяет осуществлять направленное конструирование молекулярных «контейнеров». За счет взаимодействия «гость—хозяин», например, можно было бы включать в полости органических макроциклических со-

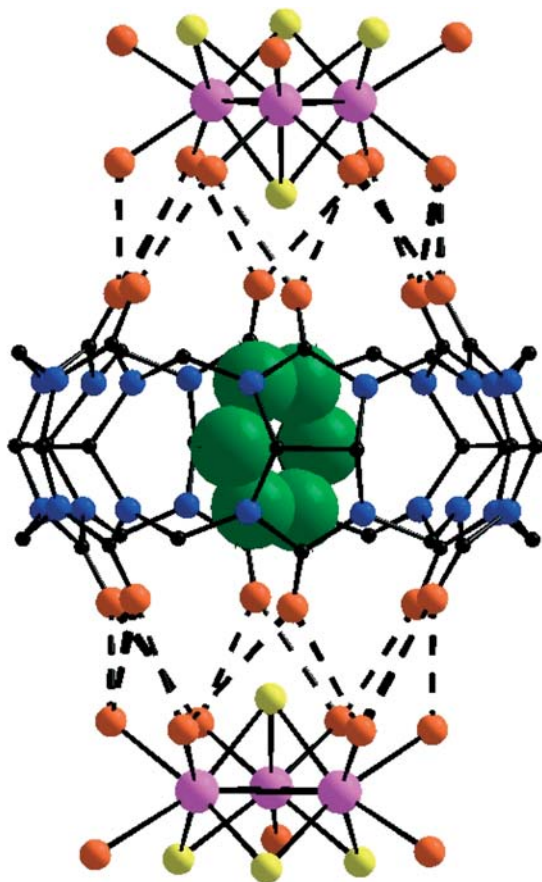


Полимерные цепочки из супермолекул, соединенных между собой атомами халькогена (S или Se) или за счет координации ртути к атомам халькогена. Пунктирными линиями показаны водородные связи и контакты между атомами халькогенов.

единений сильнодействующие лекарственные препараты, избирательно доставлять их в необходимое место в организме человека и в нужный момент открывать «крышки».

Простота в получении, стабильность в растворах минеральных кислот, термическая устойчивость (кукурбитурил не разлагается при нагревании до 400°C!), высокая тенденция к координации различных частиц делают кукурбитурил более

приемлемым для создания супрамолекулярных соединений, чем другие широко используемые макроциклы, такие как циклодекстрины, каликсарены. К настоящему времени разработаны методы синтеза кукурбитурилов более крупных размеров, «бочек» большего диаметра, с семью, восемью и более атомами кислорода в каждом портале. Такие молекулы способны образовывать больше водородных связей, за счет чего супрамоле-



Ансамбль «хозяин-гость». «Хозяин» — это супермолекула, закрытая с двух сторон «крышками», а «гость» — включенная в полость молекула пиридина (зеленые шары).

кулярные соединения становятся прочнее. Большие молекулярные «контейнеры» смогут вмещать в себя и более крупных «гостей». Например, трехъядерные кластеры, которые мы использовали в качестве «крышек», здесь будут выступать уже в качестве включенных в полость макроциклического лиганда «гостей». Это открывает уникальные возможности для создания новых гибридных органических-неорганических материалов. ■

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проекты 99-03-32788, 01-03-32789.

Литература

1. Lehn J.-M. // *Angew. Chem.* 1988. V.100. P.91—93.
2. Лен Ж.-М. Супрамолекулярная химия. Концепции и перспективы. Новосибирск, 1998.
3. Lehn J.-M. // *Science.* 1985. V.227. P.849—856.
4. Freeman W.A., Mock W.L., Shib N.-Y. // *J. Am. Chem. Soc.* 1981. V.103. P.7367—7370.
5. Bebrend R., Meyer E., Rusche F. // *Liebigs Ann. Chem.* 1905. V.339. P.1.
6. Mock W.L. // *Comprehensive Supramolecular Chemistry.* / Ed. F.Vcgtle. V.2 Oxford, 1996. P.477—493.
7. Cintas P. // *J. Incl. Phenom. Molec. Rec. Chem.* 1994. V.17. P.205—220.
8. Jeon Y.-M., Kim J., Whang D., Kim K. // *J. Am. Chem. Soc.* 1996. V.118. P.9790—9791.
9. Whang D., Heo J., Park J.H., Kim K. // *Angew. Chem. Int. Ed.* 1998. V.37. P.78—80.
10. Heo J., Kim J., Whang D., Kim K. // *Inorg. Chem. Acta.* 2000. V.297. P.307—312.
11. Heo J., Kim S.-Y., Whang D., Kim K. // *Angew. Chem. Int. Ed.* 1999. V.38. P.641—643.
12. Самсоненко Д.Г., Шаронова А.А., Соколов М.Н. и др. // *Координац. химия.* 2001. Т.27. С.12.
13. Samsonenko D.G., Sokolov M.N. Virovets A.K. // *Eur. J. Inorg. Chem.* 2001. P.167—172.
14. Fedin V.P., Virovets A.V., Sokolov M.N. et al. // *Inorg. Chem.* 2000. V.39. P.2227—2230.
15. Самсоненко Д.Г., Вировец А.В., Шаронова А.А., и др. // *Изв. РАН. Сер. хим.* 2001. Т.3. С.475—477.
16. Sokolov M.N., Virovets A.V., Dybtsev D.N. et al. // *Angew. Chem.* 2000. V.112. P.1725—1727.
17. Соколов М.Н., Дыбцев Д.Н., Вировец А.В. и др. // *Изв. РАН. Сер. хим.* 2000. Т.11. С.1905—1909.
18. Дыбцев Д.Н., Гераско О.А., Вировец А.В. и др. // *Журн. неорган. химии.* 2001. Т.46. №6. С.908—914.
19. Dybtsev D.N., Gerasko O.A., Virovets A.V. et al // *Inorg. Chem. Comm.* 2000. V.3. P.345—349.

Физика

Эксперименты с нейтрино

Несколько лет назад в Японии, на о.Хонсю, был осуществлен запуск гигантского подземного детектора элементарных частиц — SuperKamiokande¹. Этот увеличенный в 20 раз по массе и усовершенствованный вариант детектора Kamiokande представляет собой шахту глубиной около 1 км, на дне которой находится резервуар 39×41 м², вмещающий 50 тыс. т воды особо высокой чистоты. Каждый из 11 146 фотоумножителей регистрирует черенковское свечение, возникающее при взаимодействии нейтрино с атомами воды. Хотя такие события чрезвычайно редки, все же в 1998 г. они впервые позволили ученым убедиться, что нейтрино обладают определенной массой.

В июле 2001 г. резервуар был временно осушен, чтобы заменить отработавшие свое регистрирующие элементы. В ноябре, когда он снова уже на три четверти заполнился водой, более половины детекторных ламп, внезапно и одновременно вздрогнув, замерли. Й.Тоцука, директор Токийского института изучения космических лучей, руководящий международными исследованиями на установке SuperKamiokande, признался, что не понимает причины странной аварии. Однако вскоре тайна была раскрыта: одна из детекторных ламп на дне резервуара лопнула, и возникшая ударная волна вызвала цепную реакцию взрывов в остальных. Это же событие, видимо, привело и к появлению трещины в стенке резер-

вуара. А начало всему могли положить рабочие, заменившие естественным образом перегоревшие детекторы: они столпились на толстой пенопластовой платформе, и повысившееся давление воды раздавило первую лампочку. Не исключено также, что одна из новых ламп была дефектной.

Ученые и инженеры спешат восстановить установку, чтобы продолжить едва начатый эксперимент, в котором должен участвовать также ускоритель частиц высоких энергий, находящийся в Цукубе, на расстоянии 250 км. Испускаемый им пучок нейтрино в направлении Kamiokande будет фиксироваться отремонтированной к тому времени установкой. Такой эксперимент с длинной базой поможет физикам и астрофизикам откалибровать инструмент: теперь они будут точно знать количество выпущенных нейтрино, а не подсчитывать поступающие от Солнца.

Согласно плану, к 2007 г. в университетском городке Токаи вступит в строй мощный протонный ускоритель частиц высокой энергии, на сооружение которого отпущено 2.7 млрд долл. Такой ускоритель в состоянии «выстреливать» в сторону Kamiokande в 20 раз большее количество частиц. Это позволит намного детальнее проследить процессы осцилляций нейтрино и точнее определять их свойства.

Science. 2001. V.294. №5546. P.1433; №5547. P.1630 (США).

Физика

В Армении и Испании будет свой синхротронный излучатель

В Армении, в Ереванском физическом институте, разрабатывается план строительства источника синхротронного излучения третьего поколения

CANDLE. При его проектировании ставится задача достигнуть следующих параметров: энергия электронов — 3 ГэВ; эмиттанс электронного пучка 4.4 нм·рад; спектральный поток фотонного пучка 10¹⁴—10¹⁶ фотонов/с; яркость 10¹⁷—10²⁰ фотон/(мм²·мрад²·с).

CANDLE будет состоять из накопительного кольца периметром 216 м, обеспечивающего энергию бустер-синхротрона и линейного ускорителя, инжектирующего электроны с энергией 100 МэВ. Проектные технические параметры бустер-синхротрона: частота 2 Гц; максимальный ток в импульсе 20 мА; ток в главном кольце синхротронного излучателя — на уровне 350 мА в пределах одной минуты.

Цель строительства синхротронного излучателя — получить фотонные пучки с энергетическим спектром 1—50 кэВ для проведения современных экспериментальных исследований в медицине, биологии, материаловедении, химии, электронике и микромеханике.

Власти Испании и Каталонии приняли решение о финансировании в объеме 120 млн евро (105 млн долл. США) строительства в Барселоне национального источника синхротронного излучения. Проектные работы по созданию синхротрона, рассчитанного на энергию 2 ГэВ, начнутся в январе 2003 г., а его вступление в строй планируется на конец 2008 г.

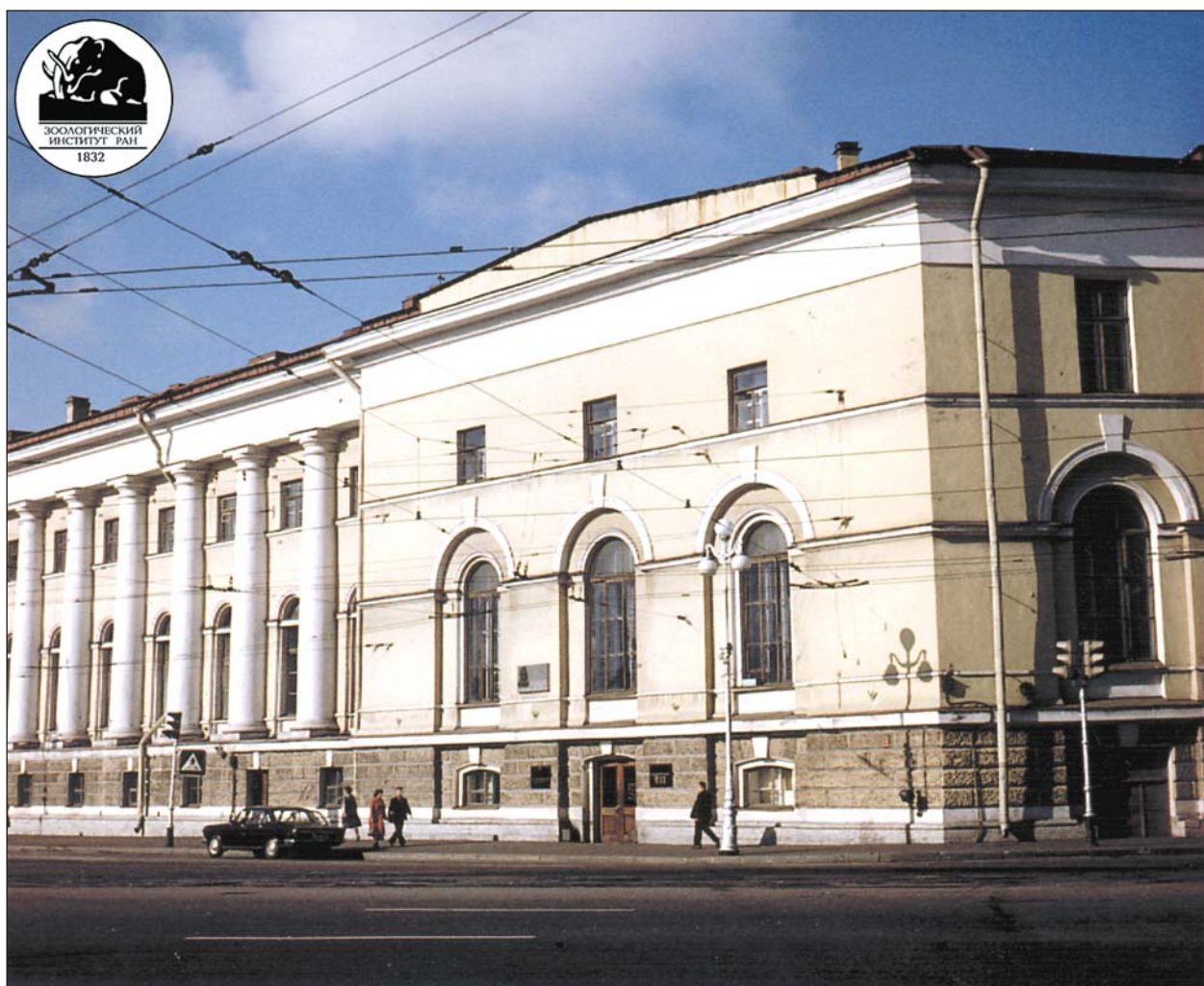
Синхротрон предназначен для проведения структурных исследований испанскими физиками, биологами и материаловедами. Координатор проекта Х.Бордас (J.Bordas) надеется, что синхротрон будет служить и более широкому научному сообществу исследователей Юго-Восточной Европы.

Nature. 2002. V.416. №6877. P.117 (Великобритания); <http://perst.issph.kiae.ru/inform/perst/2-06/index.htm>

¹ Барабанов И.Р., Домогацкий Г.В. Super-Kamiokande: детектор нового поколения для физики и астрофизики // Природа. 1997. №1. С.81—86; См. также: Котылов А.В. Проблема солнечных нейтрино от прошлого к будущему // Там же. 1998. №5. С.31—40; №6. С.27—36; Бялко А.В. Парадокс солнечных нейтрино разрешен // Там же. 2001. №9. С.79.

Alma mater отечественной зоологии

170 лет Зоологическому институту РАН



Естественнонаучные музеи (ботанические, зоологические, палеонтологические и др.) не только хранилища коллекций, но и исследовательские и просветительские центры. В одних странах они входят в состав университетов, в других — относятся к учреждениям культуры высшего ранга и, как правило, находятся в исторической части столиц. Например, Национальный музей естественной истории США в Вашингтоне расположен между Музеем национальной истории и Национальной картинной галереей, почти как Зоологический музей Московского университета, который находится неподалеку от Кремля. Дрезденский зоологический музей, один из лучших в Германии, долгие годы занимал здание бывшего саксонского парламента на «балконе Европы» — набережной Эльбы. Принадлежащие Университету

Осло Зоологический, Ботанический и Палеонтологический музеи (они же – институты) сосредоточены на обширнейшей территории университетского Ботанического сада, в центре города. Рядом с садом – картинная галерея. В Париже, Праге, Стокгольме зоологические музеи и музеи естественной истории относятся к культурным ведомствам. Зоологический музей в Санкт-Петербурге входит, как известно, в состав Зоологического института РАН. Институт хорошо известен в городе, и не только потому, что он располагается в 20 минутах ходьбы от Мариинского дворца и еще ближе к Эрмитажу.

Здание на углу Биржевой площади и Университетской набережной – одно из самых популярных в городе. Это место на Стрелке Васильевского острова отмечено во всех туристских путеводителях. Каждый петербуржец хотя бы однажды побывал в нашем музее: родители приводят сюда детей, да и сами не скушают, осматривая экспозиции. Школьники приходят на экскурсии, студенты биофаков университетов и других учебных заведений – на занятия по зоологии. Зоологический музей не обделен вниманием ни местных жителей, ни гостей города; более того, сегодня попасть к нам стало довольно сложно.

С чем же связан столь повышенный интерес к музею? Разумеется, с любовью людей к природе и, в частности, к животному миру, разнообразие которого достаточно полно отражено в экспозиции, насчитывающей около 30 тыс. экспонатов. Среди них стоит выделить огромный скелет синего кита, череп вымершей стеллеровой коровы, скелет мамонта Адамса и единственное в мире чучело мамонта (Березовский мамонт), две мумии мамонтиат (семивосьмимесячного самца и трех-четырёхмесячной самочки). Без ложной скромности замечу, что наша коллекция мамонтов – уникальна, а коллекция сумчатых и яйцекладущих столь велика, что может сравниться лишь с собраниями австралийских музеев. Во всяком случае, чучело вымершего тасманийского сумчатого волка – редкость в музеях мира (всего их 60).

Характерная черта музея – диорамы и биогруппы, большинство из которых выполнено на высоком художественном уровне и доставляет немалое эстетическое удовольствие. Особенно привлекают внимание «Гигантские скаты-манты», «Птичий базар», «Детский сад императорских пингвинов», а также недавно созданные «Львиный прайд» и «Жирафы».

В музее выставлена лишь малая и наиболее выигрышная часть коллекции, а почти 60 млн единиц хранения находятся в фондах института. Экспозиции музея, равно как коллекционные фонды института, собиравшиеся веками, имеют не меньшую ценность, чем сокровища Лувра или Эрмитажа.

Датой основания Зоологического музея считают 4 июля 1832 г., когда первый его директор Ф.Ф.Брандт доложил Петербургской академии наук об открытии первых трех залов экспозиции. Спустя почти столетие, в 1930 г., музей был преобразован в Зоологический институт АН СССР (ЗИН). Итак, в июле 2002 г. нам исполнилось 170 лет, а всякий юбилей предполагает подведение итогов. Безусловно, основная деятельность института связана с изучением разнообразия животных, поскольку оно служит основой развития многих направлений в зоологии, в первую очередь – систематики, эволюционной теории и экологии. Этим занимались в ЗИНе величайшие зоологи – основатели научных школ.

В предлагаемой подборке читатель найдет отдельные статьи, посвященные важным направлениям работы института – от традиционных до самых современных. Это не означает, что представленные статьи охватывают всю научную тематику института. Исследованиями в самых разных областях зоологической науки занимаются 400 с лишним научных сотрудников. В 14 лабораториях (позвоночных, герпетологии и орнитологии, ихтиологии, морских исследований, систематики насекомых, паразитологии, паразитических червей, протозологии, пресноводной и экспериментальной гидробиологии, солоноватоводной гидробиологии, эволюционной морфологии, экспериментальной энтомологии и теоретических основ биометода, биосистематических основ интродукции полезных организмов, а также в музее, который тоже имеет статус институтской лаборатории) и на двух биологических станциях (Калининградской и Беломорской) проводятся фаунистические, таксономические, экологические и биогеографические исследования. Помимо этого изучается история фаун, сравниваются фаунистические комплексы разных географических областей, континентальных водоемов и океанов. В этих работах используются классические и современные методы.

К сожалению, рассказать обо всех перечисленных направлениях невозможно, поэтому мы вынуждены ограничиться лишь некоторыми. Надеемся, что они заинтересуют читателя. Если же кто-то захочет узнать об институте больше, милости просим в гости в Санкт-Петербург, на Университетскую набережную, д.1.

© Академик А.Ф.Алимов,
директор Зоологического института РАН
Санкт-Петербург

От Кунсткамеры...

В.Н.Танасийчук,

доктор биологических наук

Лаборатория систематики насекомых

Коллекции Зоологического музея, а позже — Зоологического института РАН начали формироваться еще во времена Петра I. Великий русский император в 1714 г. начал создавать первый музей — Кунсткамеру и во время заграничного путешествия приобрел для нее обширную естественно-историческую коллекцию, которая включала и зоологические экспонаты. После смерти Петра Великого зоологические коллекции продолжали пополняться. В первом каталоге Кунсткамеры (1742) отмечаются 212 «четвероногих», 1034 птиц, 887 земноводных, 479 рыб, 170 «бескровных чешуйчатых» (беспозвоночных), более 600 моллюсков и 500 насекомых.

Коллекция постепенно разрасталась за счет регулярных сборов отдельными учеными и во время экспедиций, а также благодаря покупкам частных коллекций и дарений коллекционеров. Наконец, в начале XIX в. хранилища Кунсткамеры настолько переполнились, что возникла необходимость выделения из ее состава специализированных музеев, в том числе и Зоологического. Заведовать им предложили Карлу Бэру (1792—1876). Он обнаружил, что зоологические сборы нахо-

дятся в весьма плачевном состоянии, а организация музея требует титанических усилий и нелегкой борьбы с российской бюрократией. На это Бэр не решился. Тогда знаменитый Александр Гумбольдт рекомендовал Академии Иоганна Фридриха (Федора Федоровича) Брандта (1802—1879). Молодой и энергичный зоолог смог открыть первые три зала музея меньше чем через год после приезда в Петербург. Научные интересы Брандта были очень широки, он успешно занимался исследованиями систематики и морфологии рыб, птиц и млекопитающих. Музей располагался за главным зданием Академии. Штат был невелик — директор-академик и два хранителя («консерватора»). На все расходы по музею были отпущены только 2 тыс. руб. в год, тем не менее его коллекции быстро росли.

Почти 10 лет (1839—1849) 23-летний препаратор И.Г.Вознесенский на средства Российско-Американской компании в тяжелых условиях работал в Русской Америке. Он привез для музеев Академии более 15 тыс. ценнейших экспонатов, в том числе более 6 тыс. — для Зоологического. Параллельно организовывались экспедиции А.Д.Нордмана на Кавказ (1835), К.М.Бэра на Новую Землю (1837) и в Русскую Лапландию (1840),

А.Ф.Миддендорфа в Восточную Сибирь (1842—1845), Л.И.Шренка на Дальний Восток (1853—1856), Н.А.Северцова в Среднюю Азию (1857—1858) и многие другие. Только после третьего путешествия Н.М.Пржевальского в Центральную Азию (1881) музею были переданы 408 шкур и чучел млекопитающих, 3425 — птиц, 976 — пресмыкающихся и земноводных, 423 экземпляра рыб.

В музей шли пожертвования от сотен разных учреждений и людей. Среди них — от доктора В.И.Даля (в будущем автора знаменитого Словаря), отца Иакинфа (миссионера в Пекине, знаменитого востоковеда Н.Я.Бичурина), рыбопромышленника Сапожникова из Астрахани (он прислал белугу длиной в четыре аршина, 14 вершков и весом в 17 пудов). Управляющий Командорскими о-вами Н.А.Гребницкий присылал то коллекцию беспозвоночных животных, то девять черепов морской коровы, но самая значительная его посылка, три полных скелета морской коровы, погибла вместе с пароходом «Москва» у входа в Красное море. Среди дарителей — люди именитые: главнокомандующий на Кавказе барон Розен, граф Строганов, княгиня Суворова, генерал-губернатор Восточной Сибири Н.Н.Муравьев (впослед-



Березовский мамонт *Mammuthus primigenius*. Найден в 1900 г. в Якутии, на берегу Березовки (притока р.Колымы). Смонтирован в позе, в которой, видимо, погиб, провалившись в яму, 45 тыс. лет назад.

Ленский мамонт (мамонт Адамса). Скелет, на котором сохранились остатки мягких тканей кожи и глаз. Найден в 1799 г. в дельте р.Лены охотником О.Шумаковым. Первый в мире полный скелет мамонта, попавший в руки ученых. Рядом — реконструкция внешнего вида мамонта (работа В.Е.Гарутта).

Здесь и далее фото автора



ствии Муравьев-Амурский) и никому не известные, вроде священника Ардашева, проповедника при исправительной тюрьме Морского ведомства, или «вольного штурмана» Шестунова. Воистину царскими были дары императорской семье: это колоссальные бивни мамонта, чучела тигров, трофеи охот и многое другое. Вся Россия пополняла свой Зоологический музей.

Ф.Ф.Брандта сменил на посту директора академик А.А.Штраух (1832—1893), автор монографических исследований по пресмыкающимся. К 50-летию юбилею (1882) экспозиция музея занимала 32 небольших зала, в которых размещалось около 40 тыс. экспонатов. Сами же коллекции были намного обширнее — в 1889 г. хранилось 340,5 тыс. экземпляров различных животных.

Для публики музей открывался по понедельникам, с 11 до 15 часов; вход был бесплатным, в год его посещали 50—60 тыс. человек. В 1893 г. по «высочайшему соизволению» ему было передано здание на стрелке Васильевского острова, в котором ранее находился Таможенный пакгауз (и даже временная мечеть, устроенная по случаю приезда турецкого посольства), а затем Дом выставок.

Начало реорганизации музея связано с именем нового директора академика Ф.Д.Плеске (1858—1932), специальностью которого было изучение птиц и двукрылых насекомых. По счастливой случайности его брат был в то время товарищем (заместителем) министра финансов, и это помогло получить весьма солидные суммы на реорганизацию музея. Именно Плеске добился сооружения ме-

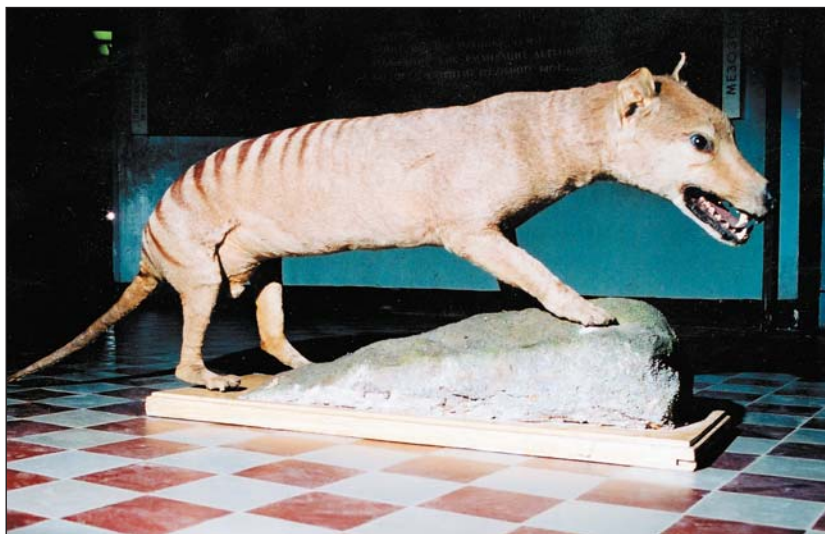
таллических герметических витрин с зеркальными стеклами, которые служат и поныне.

При следующем директоре, эмбриологе В.В.Заленском (1847—1918) музей был четко разделен на две части: научный отдел с фундаментальными коллекциями, который пришлось расположить в полуподвале, и выставочный — на втором этаже. Он открывался для посетителей уже пять дней в неделю. В 1896 г. в штате было только шесть зоологов, считая директора, и четыре технических работника. Но с коллекциями работали многие сторонние, как теперь говорят, специалисты, а экспозиция пополнялась не только работами штатных таксидермистов, но и великолепными биогруппами, созданными капитаном гвардии А.М.Быковым.

Среди поступлений, обогативших музей в начале XX в.,



Гнездовая колония императорских пингвинов *Aptenodytes forsteri*. Птицы доставлены Первой антарктической экспедицией АН СССР в 1956—1957 гг., сотрудниками Зоологического института А.П.Андряшевым, П.В.Ушаковым и К.А.Бродским.



Сумчатый волк — обитатель о.Тасмания, бездумно истребленный людьми.

следует отметить два особо выдающихся: скелет и чучело мамонта, найденного на р.Березовке, и коллекцию бабочек, главным образом российских (110 220 экземпляров), собранную великим князем Николаем Михайловичем. Коллекции пополнялись материалами экспе-

диций Русского Географического общества в Центральную Азию (братьев Г.Е. и М.Е.Грум-Гржимайло, М.В.Певцова, В.И.Роборовского, П.К.Козлова) и сотрудников самого музея. Но хранить их в полуподвалах, затопляемых наводнениями, было невозможно. Поэтому к 1912 г. на

здании был надстроен третий этаж, где и сейчас размещаются коллекции и кабинеты сотрудников. К 1917 г. штат уже составляет 36 человек, из них 13 были учеными, специалистами по различным группам животных; видным зоологом был и директор академик Н.В.Насонов (1855—1939). С 1921 г. музей возглавил А.А.Бялыницкий-Бируля (1864—1938) — разносторонний ученый, участник полярной экспедиции Э.В.Толля. В конце 1929 г. Бялыницкий-Бируля был арестован по знаменитому «Академическому делу», выслан в Архангельск и впоследствии уже не смог вернуться в Ленинград. Возможно, в его судьбе сыграло роль и то обстоятельство, что он дружил с другим участником экспедиции Толля — будущим адмиралом А.В.Колчаком.

В 1925 г. музею был передан выходящий на Неву корпус занимаемого им здания, ранее принадлежавший Горному ведомству. Это позволило более свободно разместить лаборатории и коллекции. После 1930 г., когда музей вошел в состав созданного Зоологического института (ЗИН), директором стал гидробиолог С.А.Зернов (1871—1945).

Уже с 1920 г. разворачивается широкая научная и экспедиционная деятельность. Главная цель ее — максимально полное исследование фауны СССР. Параллельно велись работы как по теории филогении и таксономии животных, так и по многим практически важным направлениям зоологии. Экспедиции работали на Дальнем Востоке (Г.У.Линдберг), Барабинских озерах (Б.Е.Быховский), на Волге (В.И.Жадин), в Средней Азии (Е.Н.Павловский, Б.С.Виноградов, В.В.Попов, А.Н.Рейхардт) и многих других регионах СССР. К 1937 г. в штате ЗИНа работало 57 научных сотрудников, в том числе 22 доктора наук. В годы репрессий был арестован ряд сотрудников института, некоторые из них расстреляны или по-

гибли в лагерях. В 1938 г. репрессированы сотрудники, имеющие немецкие корни, — А.А.Штакельберг, Б.К.Штегман, П.Ю.Шмидт, А.Н.Рейхардт, Г.У.Линдберг (кстати, не немец, а финн). В 1940 г. эти ученые были освобождены.

Великая Отечественная война стала тяжелейшим испытанием для сотрудников института. Они дежурили на крыше, тушили падающие на здание зажигательные бомбы, переносили в подвальные помещения фондовые коллекции. В августе 1941 г. удалось эвакуировать лишь немногих сотрудников. Когда началась блокада, некоторые из оставшихся перешли на казарменное положение и жили в лабораториях. Температура в помещениях немногим отличалась от наружной, в здание попадали снаряды — но ученые продолжали работать. Зимой и весной 1942 г. благодаря усилиям заместителя директора института Н.Т.Ухина многим сотрудникам удалось эвакуироваться, но 39 человек уже умерли от голода. В Ленинграде осталась лишь небольшая группа добровольцев, охранявших и сохранивших коллекции и библиотеку: Л.А.Портенко, А.Н.Кириченко, П.В.Терентьев, И.А.Четыркина, Л.Н.Лебединская.

Директором института в 1942 г. был назначен известный зоолог и паразитолог Е.Н.Павловский (1884—1965). Тем временем эвакуированные в Сталинабад (Душанбе) сотрудники института, едва оправившись от дистрофии, начали активные исследования животного мира Таджикистана. Вернулись они осенью 1944 г., в 1945 г. музей вновь открылся. Но на фронте погибли семь зоологов и технических работников института.

Благодаря дипломатичности Е.Н.Павловского годы лысенковщины почти не отразились на работе института. Более того, с 1948 г. в ЗИНе нашли приют один из крупнейших эволю-



Вымершие карликовые попугайчики — единственный вид попугаев, распространенный в Северной Америке. Последние экземпляры замечены в 1920 г.



Гигантский варан с о.Комодо — единственный экземпляр в музеях России.

ционистов, опальный И.И.Шмальгаузен и выдающийся цитолог Д.Н.Насонов. Для них были созданы отдельные лаборатории, в 1957 г. на базе одной из них возник Институт цитологии АН СССР. С начала 50-х годов изучение животного мира СССР продолжалось с нараста-

ющей интенсивностью. Сбор материалов велся в Карпатах и на Кавказе, на Байкале и Шпицбергене, на Памире и Дальнем Востоке, в Монголии, в Китае и прилегающих к нему морях. С 1955 г. сотрудники института участвовали в комплексных экспедициях



Бабочки семейства парусников — отечественные и тропические.

в Южный океан, а на мелководье Антарктиды впервые в мире морские биологи ЗИНа работали по Программе сезонных количественных биоценологических исследований, с применением легководолазного снаряжения.

В 1962 г. директором стал известный паразитолог Б.Е.Быховский (1908—1974). Научная и экспедиционная деятельность института постоянно расширялась. Ежегодно в различных регионах страны, а порой и за рубежом работало несколько крупных комплексных экспедиций — сухопутных и морских.

Помимо этого не менее 15—20 поездок в год совершали отдельные сотрудники. Общая работа в полевых условиях, переживаемые вместе экспедиционные трудности способствовали созданию особой товарищеской атмосферы.

С 1974 г. директором института — гидробиолог О.А.Скарлато (1920—1994). С его именем связаны успехи многочисленных морских экспедиций, в которых участвовали десятки сотрудников ЗИНа. После его смерти, с 1995 г. институт возглавляет известный специалист по продукционной гидробиологии

А.Ф.Алимов — директор, который впервые был избран сотрудниками.

Результатом исследований стали сотни томов серийных изданий (определителей, монографий), множество статей, на которые ссылаются зоологи всего мира. Они — основа для любых исследований, связанных с изучением и использованием животных — медицинской и ветеринарной паразитологии, защиты растений, добычи рыбы и морепродуктов и решения многих других практических задач. Без этих работ невозможны и какие-либо мероприятия по сохранению биоразнообразия — одной из актуальных проблем современной науки.

Есть и еще одна немаловажная сторона деятельности ЗИНа — подготовка научных кадров. Большинство зоологов в России либо окончили аспирантуру и докторантуру в Зоологическом институте, либо защитили диссертации, либо просто работали с ЗИНовскими коллекциями. И как ни странно, до сих пор находятся чудачки, мечтающие трудиться в этом институте, несмотря на то, что заработная плата даже у доктора наук здесь мизерна (впрочем, в этом ЗИН мало отличается от других институтов).

В последнее десятилетие прошлого века трудности, переживаемые страной, довели до минимума экспедиционную деятельность: с распадом Советского Союза многие регионы стали недоступны; судьба коллекций, хранившихся в некоторых республиках, из-за развала научных учреждений плачевна. Тем не менее коллекции, собранные в Зоологическом институте, дают достаточно полное представление о фауне всех республик, входивших в состав СССР, и это позволяет отечественным и зарубежным исследователям изучать ее с максимальной достоверностью. Недаром ЗИН РАН по-прежнему известен во всем мире как ведущее зоологическое учреждение России.

...до банка генетических ресурсов

Н.Б.Ананьева,
доктор биологических наук
Лаборатория герпетологии и орнитологии
 С.А.Подлипаев,
доктор биологических наук
Лаборатория протозоологии
 О.Н.Пугачев,
доктор биологических наук
Лаборатория паразитических червей

Музейные образцы — основа проводимых исследований как в период развития описательных биологических дисциплин, так и в нынешний век молекулярной биологии.

Существуют два основных типа музейных коллекций организмов: традиционный, давно занявший свое место в описании биоразнообразия, и значительно менее распространенный — депозитарии замороженных жизнеспособных репродуктивных и соматических клеток. Криоконсервация — почти идеальный тип депонирования материала, поскольку позволяет сохранять потенциально жизнеспособные организмы или их клетки и открывает широкие возможности для исследований. Однако технология глубокого замораживания и хранения в жидком азоте — довольно сложная, дорогостоящая и энергоемкая процедура.

В результате лишь ограниченное число видов живых организмов в настоящее время находится в криобанках, и трудно надеяться, что в будущем положение изменится к лучшему.

Между тем криобанки не только депо биологического материала, но и ценнейший источник ДНК криоконсервированных объектов, по которой можно судить о состоянии генома организмов, сравнивая ее с референтной ДНК.

Создание коллекции генетического материала, пригодного для исследования различными методами как сейчас, так и в будущем, чрезвычайно важно для разработки и реализации стратегии сохранения биоразнообразия.

В нашем институте, в центре коллективного пользования «Таксон», уже начато создание банка генетических ресурсов животных (простейших, насекомых, рыб, амфибий, рептилий, млекопитающих), которые сохраняются в виде очищенной высокомолекулярной ДНК. В ближайшем будущем, когда секвенирование ДНК станет автоматическим рутинным процессом, коллекция генетических ресурсов позволит не только реконструировать генетический облик организма и установить его место в системе животного царства, но и будет бесценным источником информации о редких, исчезающих и находящихся под угрозой видах живот-

ных. В природоохранных исследованиях, в том числе при изучении генетического разнообразия видов, такой подход имеет принципиальное значение для разведения животных из группы риска в неволе и их реинтродукции.

Начатые и планируемые в ЗИНе работы по выделению ДНК проводятся в составе развернутых исследований по созданию банка генетических ресурсов охраняемых видов животных. Весьма перспективны совместные проекты по формированию коллекций ДНК нашего института с Институтом биофизики РАН, в котором разработаны научные основы для сохранения жизнеспособных клеток, в частности, амфибий и рыб, а также для применения этих разработок в природоохранных проектах. В дополнение к классическим музейным методам и криоконсервации банк ДНК позволит собрать полную информацию об имеющейся биоразнообразии, где каждая составная часть коллекционной триады — музей, криобанк и банк ДНК — будет нести свои специфические функции и сможет адекватно обслуживать потребности биологической науки и технологии в новом тысячелетии.

Продукционная гидробиология

П.И.Крылов,

кандидат биологических наук

Лаборатория пресноводной и экспериментальной гидробиологии

Неискушенный читатель может подумать, что продукционная гидробиология — это некое узко прикладное направление науки, ориентированное на повышение урожайности водных организмов, целиком стоящее на службе рыбного хозяйства, марикультуры и т.п. Какая-то крупица правды в этом есть — сегодня никакие оценки, скажем, кормовой базы рыб (а следовательно, и их возможного вылова) в любом водоеме — от пруда до Мирового океана — без продукционных расчетов невозможны. Однако цели и задачи исследований, которые с 30-х годов XX в. успешно проводятся в нашей стране в рамках школы продукционной гидробиологии, несравненно шире. Фактически продукционная гидробиология — синоним научного направления, известного также как продукционно-энергетический, или балансово-энергетический, подход, а в настоящее время постепенно выходящего за рамки и этих определений.

Истоки

Функционально-энергетический принцип изучения экосистем, лежащий в основе продук-

ционной гидробиологии, имеет более чем полувековую историю. На западе его рождение связывают с выходом в 1942 г. работы Р.Л.Линдемана «Трофодинамическое направление в экологическом исследовании». Однако сотрудники Лимнологической станции в Косине Л.Л.Россолимо, Г.Г.Винберг и В.С.Ивлев сформулировали основные положения энергетического принципа изучения баланса органических веществ на 10 лет раньше. В 1932 г., определяя фотосинтез и дыхание водной массы, Винберг впервые в мире использовал метод светлых и темных склянок, ставший классическим при оценке первичной продукции планктона и популярный до сих пор. Тогда же выяснилось, что для реализации «балансовых идей» в экосистемах необходимы не только детальные сведения о видовом составе, сезонной динамике численности и биомассы массовых видов организмов, но и количественные данные о скоростях их роста, размножения, питания, трат энергии на обмен.

Развитие энергетического подхода в гидробиологии не было триумфальным ни на Западе, ни особенно в нашей стране. Классическая работа Линдемана с трудом увидела свет: официальные рецензенты дали отрицательный отзыв. Сопротивле-

ние новым идеям у нас было еще сильнее, а на августовской сессии ВАСХНИЛ 1948 г. взгляды Винберга, Ивлева и других гидробиологов продукционно-балансового направления были публично осуждены.

Признание

Мощным стимулом к развитию продукционной гидробиологии стала Международная биологическая программа (МБП, 1964—1974), ориентированная на сравнительную оценку продуктивности экосистем разных типов. Уже в 1964 г. гидробиологи Белорусского университета во главе с Винбергом впервые рассчитали биотический баланс энергии для всех трофических уровней экосистемы оз.Дривяты. В 1967 г. Винберг переехал в Ленинград, где возглавил лабораторию пресноводной и экспериментальной гидробиологии Зоологического института. С этого момента в лаборатории основным направлением стало изучение структурно-функциональной организации экосистем континентальных водоемов. Тогда же началось формирование научной школы продукционной гидробиологии в Зоологическом институте. Лаборатория вошла в число участников МБП, взяв на себя изучение про-

дуктивности северных озер. В качестве модельных водоемов выбрали два карельских озера, лежащих у Полярного круга, и два озера на побережье Баренцева моря. Результаты этих исследований (1969—1972) определили направление работ отечественных гидробиологов на многие годы вперед.

Теоретически принцип составления биотического баланса, в основе которого лежит закон сохранения энергии, очень прост. Необходимо выразить в одних и тех же единицах энергии скорость питания (или ассимиляции пищи), т.е. потока «входящей» энергии (A), скорость трат энергии на обмен (R) и продукции (P). Тогда для каждой популяции и трофического уровня $A = P + R$. Продукции каждого уровня (от фитопланктона до рыб) должно хватать для удовлетворения пищевых потребностей следующего. Учитывая разнообразие водных организмов (и методов их изучения), обилие и изменчивость факторов внешней среды, влияющих на указанные процессы, ясно, что от теоретической простоты до практического воплощения этого принципа — огромная дистанция.

Успех в сведении первых балансов энергии для всей экосистемы стал своего рода триумфом «гидробиологического интегрализма». Помимо прочего он доказал, что наука существует: сколько ни отличались традиционные гидробиологические методы изучения разных групп, приведение их к общему знаменателю дает непротиворечивые результаты. Заслуги отечественной продукционной школы получили признание летом 1971 г. на XVIII Лимнологическом конгрессе в Ленинграде. На традиционном почетном чтении им.Бальди выступил Винберг. Уже были известны величины первичной продукции большого числа водоемов (от Арктики до субтропиков), разработаны и успешно применялись методы оценки вторичной



Отбор проб.

продукции. В экспериментальных условиях для многих групп гидробионтов определялись необходимые при расчете продукции параметры.

Во второй половине 70-х годов обобщались накопленные данные. Появились уравнения, показывающие связь скоростей обмена (потребления кислорода), питания и роста с массой тела животных разных групп, зависимости скорости обмена и развития от температуры воды. Для разных групп водных организмов получены показатели скорости оборота биомассы, величины удельной продукции и др. Стало ясно, что соотношения между отдельными составляющими потока энергии через экосистему хотя и колеблются, их изменения значительно меньше, чем изменения самих составляющих. Сравнение данных по большому числу водоемов показало, что различия в соотношениях элементов баланса сильнее выражены между типами водоемов — озерами, водохранилищами, прудами.

На пути «продукционного редуccionизма»

Итак, построение сезонного или годового баланса энергии само по себе утратило актуальность. Все необходимые для расчета параметры и коэффициенты (скорость обмена, роста организмов и др.) уже не определялись экспериментально в конкретном водоеме, а рассчитывались по уравнениям и средним величинам. Считать такие балансы стало неинтересно. Это не было большой неожиданностью. Еще десятилетием раньше, заключая лекцию на чтениях им.Бальди, Винберг говорил: «Определение биологического энергетического баланса не может и не должно рассматриваться как конечная цель изучения. Даже если бы были преодолены все трудности и перед нами была бы точная картина потока энергии, мы бы остались неудовлетворенными. Встал бы вопрос, почему данное озеро или водохранилище характеризует-

ся этими, а не другими цифрами. На этот вопрос энергетический принцип исследования не может дать ответа. Он должен быть дополнен другими представлениями и методами».

Дополнен или заменен? Кажется, в водной экологии вот-вот сменятся парадигмы: продукционная гидробиология как фундаментальное направление отойдет на второй план. Однако этого не случилось. Просто на смену «продукционному интегратизму» пришел «продукционный редукционизм», причем «редукция» шла в нескольких направлениях.

Очевидно, для корректной оценки потоков энергии необходимо детальное знание трофических (пищевых) связей всех гидробионтов в сообществе. Допустим, расчетная первичная продукция фитопланктона вполне достаточна для обеспечения пищевых потребностей следующего звена — зоопланктона. Однако может оказаться, что основная часть этой продукции в водоеме приходится на долю цианобактерий (синезеленых водорослей), которые мало или совсем не потребляются ни планктонными ракообразными, ни коловратками. Закономерен вопрос: чем же они реально питаются в данном водоеме? Или другой пример. При построении классического баланса все потребители делятся на трофические уровни (фитофаги, хищники первого порядка, второго и т.д.). Но среди планктонных животных облигатное хищничество встречается редко — многие виды используют в пищу как своих мелких собратьев, так и водоросли. А облигатные хищники питаются и животными-фитофагами, и другими хищниками, и видами со смешанной животной-растительной диетой.

Эти и многие другие вопросы стимулировали активное изучение трофики гидробионтов. Все шире применяются радиоактивные изотопы (^{14}C , ^{32}P), разрабатываются методы экспериментов и наблюдений за пи-

танием водных животных. При расчетах потоков энергии и вещества на смену классической «трофической цепи» пришли более подробные — «трофические сети» со множеством компонентов, соединенных сложной системой пищевых связей. На основе изучения трофических связей складывались представления о влиянии хищников на предыдущие трофические уровни сообществ, о их роли в регуляции скорости и направления сукцессий, а также в эволюции животных.

Другой аспект «продукционного редукционизма» был связан со временем, за которое сводился баланс. Ведь годовая первичная продукция, с избытком покрывающая пищевые потребности зоопланктона, могла в основном образовываться в начале сезона, во время весеннего пика фитопланктона, когда зоопланктона еще мало (его массовое развитие приходится на летние месяцы). Куда уходят весенние «излишки» продукции? Как «прокормить» животных летом? Попытки создать декадные, недельные и даже суточные балансы заставили исследователей переосмыслить многие процессы, происходящие в водоемах. Ясно, что проследить потоки энергии и вещества в многокомпонентной системе, да еще за большое число последовательных временных интервалов, с помощью калькулятора невозможно. Для решения таких задач появился целый класс математических моделей водных экосистем. Но продукционные характеристики многих групп водных беспозвоночных по-прежнему оставались слабо изученными. Работы в этом направлении позволили сотрудникам лаборатории определить онтогенетические соотношения между основными типами роста (экспоненциальным, параболическим и S-образным), связь продукционных характеристик с адаптивными стратегиями видов, проявляющихся в типах их жизненных циклов.

Недостающее звено

Рыбы всегда были слабым звеном в экосистемных исследованиях, поскольку оценить численность, биомассу и пищевые связи каждого вида (а иногда и возраста) очень непросто. Кроме того, традиционно ихтиологи работали отдельно от гидробиологов. Еще со времен классических работ Я.Грбачека, Дж.Брукса и С.Додсона было понятно, что зачастую рыбам принадлежит ключевая роль в формировании структуры сообщества. В последние десятилетия во всем мире повысился интерес к этой теме: появилась концепция «регуляции сверху», на основе которой возникло прикладное «биоманипулирование» — метод улучшения качества воды путем искусственного изменения трофической структуры озер. Однако большинство (если не все) подобных методов оценивали популяции рыб по принципу есть—нет, в лучшем случае много—мало. Включать рыб в количественный анализ можно было там, где структура ихтиоценоза сильно упрощена. Результаты исследований, проведенных в 80-х годах сотрудниками лаборатории на трех экспериментальных озерах-питомниках (одно — в Восточной Сибири, два в Ленинградской обл.), несомненно, имели общэкологическое значение.

Структура, функции, информация

После смерти Винберга в 1987 г. научную школу продукционной гидробиологии в ЗИН возглавил А.Ф.Алимов. В развиваемой им (и под его руководством) теории функционирования водных экосистем большое внимание уделяется связи между функциями (динамикой взаимодействующих потоков энергии, вещества и информации) и структурой системы. Под структурой экосистем обычно подразумевается традицион-

ная триада: видовая, размерная и трофическая. Понятно, что они должны быть связаны между собой и с функциональными характеристиками системы. Однако характер этой связи далеко не очевиден. Обобщение тщательно выполненных и надежных балансов с использованием индекса Шеннона и отношения Шредингера показало, что по мере усложнения структуры сообществ гидробионтов возрастает доля рассеиваемой энергии в системе.

Эта закономерность находится в соответствии со вторым биосферным постулатом В.И.Вернадского: эволюция идет в направлении максимизации биогенной миграции атомов. Связь между трофической и размерной структурой также можно выразить количественно. Структура водного сообщества в значительной степени определяется совокупным действием множества факторов, в том числе абиотических — температуры, минерализации воды, pH и др. Из массива данных по видовой структуре зоопланктона озер разного типа (числа видов,

индекса Шеннона) видно, что правило Либиха—Шелфорда, традиционно рассматриваемое как показатель экологической валентности особей (реже популяций), приложимо и на этом уровне организации: структура сообщества тем проще, чем дальше отклонение от оптимального значения лимитирующего фактора.

Важную роль в экосистемах играют информационные связи: каждый перенос энергии и вещества вызывает встречный поток информации. Поток эти сложны и пока еще не изучены, хотя первые шаги уже сделаны, однако еще предстоит выполнить огромный объем работ.

Проблемы и надежды

В кратком очерке при всем желании невозможно дать полной картины развития крупной научной школы. Диапазон интересов ее «учеников» слишком широк — от изучения внеклеточной продукции фитопланк-

тона до экосистемных последствий вселения чужеродных организмов, от селективности питания простейших до особенностей аккумуляции органического вещества в озерах, реках и эстуариях. Сравнительное развитие отечественной и зарубежной гидробиологии, приятно отметить, что балансировый подход, почти исчезнувший из западных исследований вскоре после окончания Международной биологической программы, в России и республиках бывшего СССР развивается и сейчас. Главная причина свертывания балансово-энергетических исследований за рубежом не разочарование в его методологии, а, как правило, практическая невозможность объединить в рамках одного проекта усилия большого числа специалистов разного профиля. К сожалению, по той же причине количество подобных исследований и в нашей стране постепенно снижается. Хочется надеяться, что со временем разумный компромисс в этом отношении будет найден.

Школа Е.Н.Павловского

Член-корреспондент РАН Ю.С.Балашов,
Лаборатория паразитологии

Теоретическую основу научного направления, называемого паразитологической школой Павловского, составляет разработанное им учение о природной очаговости трансмиссивных болезней, а также кон-

цепция об организме хозяина как среде обитания паразитов и о паразитоценозе.

Лаборатория паразитологии ЗИНа, основанная Павловским в 1929 г., сохраняя преемственность его научной школы, остается одним из важнейших мировых научных центров в этой об-

ласти. Работа ведется по трем направлениям: экологическая паразитология, систематика, морфология паразитических насекомых и клещей.

Одним из главных объектов исследований школы всегда были иксодовые клещи, переносчики инфекций, — постоянные



Самец иксодового клеща. Вид распространен на юге европейской части России и служит переносчиком туляремиального микроба и вируса крымской геморрагической лихорадки.

обитатели лесных экосистем, образующие паразитарные системы различной сложности, многие из которых служат природными очагами клещевого энцефалита и болезни Лайма. Сохранность природных очагов болезней обеспечивается непрерывной циркуляцией патогенных микроорганизмов между кровососущими членистоногими и восприимчивыми видами позвоночных животных. На территории природного очага, при нападении инфицированных особей переносчиков, человек может стать жертвой опасного заболевания. При этом он остается случайным звеном и не принимает участия в дальнейшей циркуляции возбудителя. Природные очаги, связанные с иксодовыми

клещами, отличаются исключительной стойкостью. Например, в случае клещевого энцефалита они сохраняются десятки лет, переносят лесные пожары, наводнения, погодные аномалии и легко адаптируются к антропогенной трансформации лесов. Несмотря на многолетнее интенсивное изучение иксодовых клещей, еще не раскрыты место и роль этих кровососов в лесных экосистемах, их взаимоотношения с позвоночными-прокормителями и возбудителями трансмиссивных инфекций, механизмы функционирования сложных паразитарных систем, образующих природные очаги инфекции.

В результате более чем десятилетних непрерывных исследований нашей лаборатории

в южно-таежных лесах бассейна р. Волхов удалось в первом приближении представить сложную и меняющуюся во времени систему связей и взаимодействий эктопаразитов с их хозяевами и возбудителями инфекций в природном очаге болезни Лайма и клещевого энцефалита. На рыжих полевках, бурозубках и других видах мелких лесных млекопитающих паразитируют более 20 видов клещей, блох и вшей, а также многие виды гельминтов и микроорганизмов, находящихся в сложных взаимодействиях с организмом хозяина и между собой.

Изучение этих взаимоотношений позволит выяснить возможные механизмы передачи возбудителей, их циркуляции и сохранения в природных очагах инфекций. Так, нами было установлено, что к иксодовым клещам неприменимы традиционные представления об укусе кровососущих насекомых. Например, у комаров укус и кровососание — единый процесс, не превышающий нескольких минут. У таежного и других видов иксодоидных клещей укус лишь первый этап многодневной стадии питания. Присосавшись, клещ постепенно поглощает большое количество крови, переваривает значительную часть ее и быстро увеличивается в размерах. Баланс взаимодействий клещей, их прокормителей и возбудителей инфекций в период питания может варьировать от полной невосприимчивости хозяев до отсутствия у них активного противодействия питанию клещей. Клещ регулирует свои отношения с хозяином, изменяя объем и состав слюны, вводимой в ранку на разных сроках питания. Повторное нападение клещей вызывало у мелких млекопитающих развитие противоклещевого иммунитета, который не обеспечивал 100%-й защиты зверьков, но противодействовал сильной атаке клещей. Благодаря такой противоклещевой

резистентности на одной особи рыжей полевки или бурозубки одновременно питалось не более 2—5 неполовозрелых клещей, а значительная часть популяции вообще была свободна от паразитов. Нами было установлено также существование нескольких независимых механизмов регуляции и саморегуляции в сложной паразитарной системе из иксодовых клещей, мелких млекопитающих и микроорганизмов-возбудителей. Раскрытие механизмов этих взаимодействий позволило объяснить многие особенности функционирования природных очагов клещевых инфекций.

Систематика кровососущих клещей и насекомых — одна из фундаментальных составляющих природной очаговости болезней. Изучение систематики в лаборатории паразитологии, начатое еще Павловским, продолжается и сегодня. Среди членистоногих — это в первую очередь иксодидные и другие группы паразитических клещей, кровососущие двукрылые и блохи. Основную базу исследований составляет научная коллекция, насчитывающая порядка 240 тыс. единиц хранения и включающая следующие группы: клещи — Ixodeidae, Gamasoidea, Trombiculinae, Analgoidea, паразитические клещи

надсемейства Listophoroidea, Psoroptoidea, Sarcaptoidea, Cheyletoidea, Pterygosomatoidea; насекомые — блохи, комары, мошки, мокрецы, вши, пухоеды. В настоящее время разработаны оригинальные определительные таблицы для многих таксонов. Для трех симпатрических видов клещей рода *Ixodes* выявлены многоступенчатые механизмы репродуктивной изоляции и предложена гипотеза о путях их видообразования. На основании комплексного анализа данных по морфологии, жизненным циклам, кругу хозяев решаются общие вопросы систематики, происхождения и эволюции ряда крупных таксонов паразитических клещей. Раскрыты закономерности коэволюции паразитических насекомых и клещей с их хозяевами — млекопитающими и птицами. В наибольшей степени коэволюция свойственна постоянным эктопаразитам, хотя и у них отмечены переходы на новых хозяев и формирование вторичных эволюционных ветвей. Коэволюция отражает степень специфичности паразитов, которая в свою очередь может быть обусловлена как филогенетическими, так и экологическими факторами. Формируются компьютерные банки данных, и уже создана электронная справочная аналитическая сис-

тема для базы данных по систематике, распространению, связям с хозяевами и эпидемиологическому значению всех видов блох мировой фауны.

Исследования систематики и эволюции паразитических членистоногих требуют детальных знаний их строения. На основе сочетания методов электронной микроскопии и экспериментальных работ в лаборатории успешно развивается изучение органов чувств кровососущих и свободноживущих членистоногих. Проведено комплексное морфофункциональное исследование индивидуального развития и особенностей паразитизма краснотелковых клещей семейства Trombiculidae и ультраструктур других групп клещей.

Значимость всесторонних исследований членистоногих переносчиков определяется исключительной опасностью природно-очаговых инфекций, как показали недавние вспышки крымской геморрагической лихорадки на юге России и постоянная высокая заболеваемость клещевым энцефалитом и болезнью Лайма по всей лесной зоне. Профилактика подобных болезней в значительной степени опирается на фундаментальные знания экологии и систематики их переносчиков.

Паразитология. Медицина

Урбанизация и клещи

Не секрет, что большие города выбрасывают в воздух и воду продукты своей жизнедеятельности, которые оседают в почве. Кроме того, разветвленная сеть автомобильных дорог и постоянно растущее число автомобилей с каждым годом все больше загрязняют окружающую среду выхлопными газами. Причем не только города, но и лесные массивы, служащие

местом обитания клещей — переносчиков болезней.

Клещевой, или русский весенне-летний, энцефалит известен в нашей стране, наверное, каждому. О клещевых боррелиозах (а их три) знают гораздо меньше, хотя заболевают ими в 3—4 раза чаще. Но почти совсем не известны инфекционные заболевания, вызываемые эрлихиями. Когда в 1998 г. мы выделили этих возбудителей из клещей, в Перми была диагностирована болезнь, при которой поражаются лейкоциты, осуществляющие защитные функции

организма. При бабезиозе — очень редком и похожем на малярию заболевании — поражаются эритроциты. Таким образом, в одном и том же таежном клещевом очаге мы обнаружили семь различных возбудителей опасных заболеваний человека (и нередко в одном клеще — до трех возбудителей одновременно).

Но причём здесь дороги и загрязнение среды ионами тяжелых металлов и углеводородов? Как выяснилось в самое последнее время, в клещах — переносчиках болезни Лайма, клещевого



Клещи на голове птицы

энцефалита и трех различных заболеваний крови — в 30–35% случаев концентрация ионов тяжелых металлов достаточно высока. Нельзя сказать, как чувствуют себя такие клещи, а вот возбудители болезней человека «весьма довольны». Наши исследования показали, что бактерии и вирусы достоверно чаще и в большей концентрации встречаются в клещах, отличающихся высоким содержанием тяжелых металлов. Сами переносчики, будучи заражены, становятся более активными и потому более опасными для людей. Встреча с ними отягощена и тем, что клещи, накопившие свинец и кадмий, чаще заражены двумя или даже тремя возбудителями болезней сразу.

Распознавать смешанную инфекцию трудно, еще сложнее правильно ее лечить. Садово-огородные участки, дачи часто расположены на весьма неблагоприятных по природно-очаговому заболеванию территориях. Существование очагов поддерживается мелкими грызунами, зайцами, копытными, домашними животными и птицами, которые могут переносить присосавшихся к ним клещей на многие сотни

километров. По нашим последним данным, в клещах, снятых с птиц (зябликов, дроздов и др.), обнаружены почти все возбудители перечисленных болезней. На северо-западе России угроза нападения клещей особенно велика в конце апреля, мае, начале июня. Искоренить клещей практически невозможно, но необходимо знать об их опасности и избегать контакта с ними.

© А.Н.Алексеев,

доктор медицинских наук

Е.В.Дубинина,

кандидат биологических наук

ЗИН РАН

Энтомология

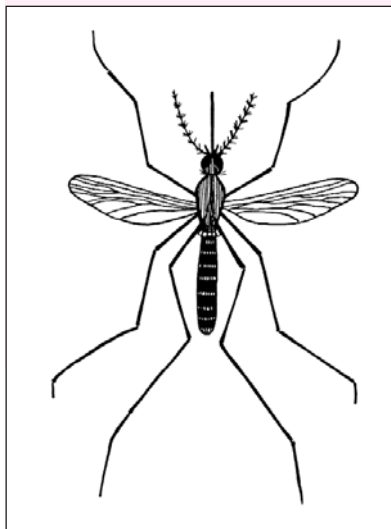
«Непрописанное» население городов

Комаров комплекса *Culex pipiens* отличает всесветное распространение, высокая численность и агрессивность по отношению к человеку, а также экологическая пластичность, позволяющая их личинкам развиваться в разнообразных водоемах, в том числе и весьма загрязненных. Кроме того, все они — переносчики возбудителей опасных заболеваний

человека и животных («слоновой болезни», арбовирусных инфекций, птичьей малярии и т.д.).

В России широко распространен северный комар *C.p.pipiens*, который представлен двумя формами, или экологическими типами: «диким» *pipiens* и городским (подвальным) *molestus*. Молецус обнаружен в Египте и описан в 1775 г., а с 20-х годов XX в. его стали находить в городах Европы и СССР (к 1992 г. он был зарегистрирован более чем в 300 городах СНГ), а теперь распространен еще шире. Если в субтропиках его личинки круглогодично развиваются в открытых водоемах, то в умеренном климате это возможно лишь в подтопленных подвалах домов и других подземных сооружениях.

Что же позволило молецусу стать городским жителем? Здесь сказались уникальное сочетание трех биологических особенностей: автогенность (развитие первой порции яиц без кровососания за счет личиночных резервов), стеногамность (способность спариваться без роения) и отсутствие репродуктивной диапаузы, которая позволяет развиваться непрерывно в относительно стабильных условиях подвалов (в природе этот комар зимовать не способен).



«Портрет» городского комара.

Изучением комаров *C. pipiens* давно занимаются отечественные специалисты, в том числе из Института медицинской паразитологии и тропической медицины им.Е.И.Марциновского, где были разработаны меры борьбы с этими опасными и надоедливыми насекомыми. Комплексное исследование природных популяций на обширной территории бывшего СССР впервые проведено в Зоологическом институте автором этих строк. В частности, изучена экологическая и географическая изменчивость признаков, необходимых для идентификации комаров, наследование этих признаков при скрещивании форм, а также механизмы, ответственные за обособление комаров в природе. По сути дела, впервые удалось исследовать популяционную экологию городских комаров (исследования проводились в Петербурге). Совместно с московскими коллегами при помощи молекулярно-генетических методов показано, что скрещиваемость между формами опеределяется эндосимбиотическими бактериями-вольбахиями, передаваемыми через цитоплазму яйца от матери ее потомству¹.

Надеемся, что новые сведения о комарах комплекса *Culex pipiens* послужат стимулом для дальнейших исследований и контроля за этими насекомыми.

© **Е.Б.Виноградова**,
доктор биологических наук
ЗИН РАН

Биология

Живая и неживая природа

Известно, что в древнейших (3.5—3.4 млрд лет назад) осадочных формациях были обнаружены строматолиты (результат жизнедеятельности прокариотного сообщества), а также планктон-

¹ Виноградова Е.Б. Комары комплекса *Culex pipiens* в России // Тр. ЗИНа РАН. 1997. Т.271; Виноградова Е.Б. *Culex pipiens pipiens* mosquitoes: distribution, ecology, physiology, genetics, applied importance and control. Sofia; Moscow, 2000.

ные шарообразные колонии одноклеточных водорослей — акритарх, обитавших тоже около 3.5 млрд лет назад. Это указывает на появление на Земле не одного организма, а целой экосистемы. Интересно, можно ли обосновать эту гипотезу без упомянутых палеонтологических находок?

Вселенная, которой свойственны неравновесность и необратимость, постоянно расширяется, а уровень ее организации неуклонно совершенствуется. В неравновесных системах универсальный способ передачи энергии от одной химической реакции к другой осуществляется путем сопряжения этих реакций через общий промежуточный продукт. «Разрешающее» условие для самоорганизации — существование каталитических эффектов. Химические реакции могут ускоряться или замедляться одним из ее продуктов. Стационарному состоянию неравновесной системы (в условиях, препятствующих достижению равновесного состояния) соответствует стремление к минимальному производству энтропии.

Если к оценке живого подходить с позиции физики неравновесных процессов, то жизнь укладывается в рамки естественного порядка и может быть определена как высшее проявление происходящих в природе процессов самоорганизации. Живая клетка — открытая неравновесная система, находящаяся в стационарном состоянии, при котором скорость притока вещества и энергии соответствует скорости оттока. Для живой материи характерно усложнение организации: синтез больших молекул, молекулярных комплексов, клеток и многоклеточных организмов — это мощные антиэнтропийные факторы. Следовательно, усложнение живых организмов в процессе эволюции определяется законами термодинамики неравновесных процессов.

Функционирование экосистем определяется кооперативными взаимоотношениями между

организмами. Отклонения от требований, предъявляемых системой, выбраковываются естественным отбором и борьбой за существование. Изменение условий инициирует самоорганизацию генома.

Таким образом, в эволюции живой и неживой материи прослеживается общая закономерность: сложным формам предшествуют менее сложные. Химические элементы образовались после появления протонов, нейтронов и электронов, сложные молекулы не могли сформироваться раньше химических элементов, эвкарриотам предшествовали прокариоты, многоклеточным формам жизни — одноклеточные, амфибиям — рыбы, рептилиям — амфибии и т.д. Следовательно, «разрешающими» условиями для появления более сложных форм материи, служит предшествующее им образование менее сложных. «Старое» способствует возникновению «нового», «новое» изменяет условия, в которых существование «старого» становится затрудненным, и оно либо гибнет, либо уходит с авансены. Эволюция осуществляется дискретно по эстафетному принципу. При этом сходные или одинаковые формы материи, в том числе и живой, возникают везде, где есть «разрешающие» условия, которые создаются самой материей и являются ее частью. Путь создания живого — единственный во Вселенной, как и путь построения протонов, нейтронов, атомов водорода, гелия и остальных атомов.

И наконец, по следний вывод из существования этой иерархии: формирование жизни — естественный этап развития материи, поэтому Землю нельзя считать единственным обитаемым космическим телом.

© **М.В.Крылов**,
доктор биологических наук
ЗИН РАН

М.Н.Либенсон,
доктор физико-математических наук

Государственный оптический институт им.С.И.Вавилова

Беломорская биологическая станция

В.Я.Бергер,

доктор биологических наук

Беломорская биологическая станция им.О.А.Скарлато

Своеобразие гидрологического режима Белого моря и разнообразие его обитателей давно привлекали многих исследователей. История изучения моря насчитывает более 200 лет. Сначала это были разные экспедиции, а затем появились стационары, главным образом биологические и (или) океанографические станции. Первая биостанция, возникшая еще во второй половине 19-го столетия на Соловецких о-вах, к сожалению, просуществовала недолго. В наше время таких биостанций три: две, принадлежащие Московскому и Санкт-Петербургскому университетам, обеспечивают студенческую практику; третья, о которой и пойдет речь, относится к числу научных учреждений.

Беломорская биологическая станция была организована Карело-Финским филиалом АН СССР в 1949 г. и несколько лет существовала скорее как экспедиция, у которой не было своей базы. Материалы, собранные с бортов научно-исследовательских судов, обрабатывались в Петрозаводске и Беломорске. В 1957 г. по решению президиума АН СССР станция получила действующую круглогодично экспедиционную базу в красивейшем месте, вблизи мыса Кар-

теш, в губе Чупа Кандалакшского залива Белого моря. Выбранное место имеет ряд преимуществ. Во-первых, отсутствие здесь промышленных предприятий позволило изучать природу, не затронутую деятельностью человека. Во-вторых, расположенные рядом со станцией участки моря с максимальными глубинами (около 350 м) позволяют вести наблюдения не только на мелководьях, но и на глубине. В-третьих, рядом со станцией находится глубокое (до 36 м) и чистое озеро, источник питьевой воды. И наконец, добираться сюда относительно легко, поскольку до ближайшей железнодорожной станции всего 35 км.

19 июля 1957 г., уже через две недели после решения президиума Академии наук, были взяты первые пробы воды и планктона с разных глубин в губе Чупа, на расстоянии 1 км от места расположения биостанции. С тех пор этот день считается днем ее второго рождения.

Основу научной работы на станции с момента ее возникновения и до сих пор составляют многолетние наблюдения, выполняемые регулярно по одной программе и одними методами. Каждую декаду с борта судна или через лед, которым море покрыто около полугода, в одной и той же точке с одних и тех же стандартных горизонтов бе-

рут пробы воды для определения солености и температуры. Одновременно собирают количественные пробы зоопланктона, т.е. тех мельчайших животных, которые парят в толще воды. За 40 с лишним лет накоплен и обработан уникальный материал, позволяющий не только судить о динамике процессов, протекающих в море, но и прогнозировать возможные изменения, а при необходимости отделить антропогенные воздействия от фоновых характеристик. Переоценить такие возможности трудно, особенно если учесть, что зоопланктон составляет основу питания сельди, важного объекта промысла.

В Белом море, как и во многих других морях Северного полушария, один из самых распространенных элементов бентоса, т.е. донных животных, — двустворчатые моллюски. Среди них наиболее многочисленны и хорошо известны мидии. Они ведут прикрепленный образ жизни, профильтровывая огромное количество воды (около 3 л/ч на одну мидию) и получая таким образом пищу и растворенный в воде кислород. Мидии образуют массовые скопления (банки и щетки) на твердых грунтах или искусственных субстратах (сваях, якорных цепях, корпусах судов и т.п.). Моллюсков может быть так много, что они селятся друг на друге,

покрывая субстрат многослойным ковром. Их биомасса достигает десятков (до 60) килограммов на 1 м².

Сотрудники станции обследовали почти все более или менее крупные мидиевые банки Белого моря, провели их типизацию и установили за ними многолетние наблюдения. Некоторые поселения мидий существуют достаточно долго на одном и том же месте, регулярно пополняя молодью убыль моллюсков. Другие мидиевые банки по неизвестным до сих пор причинам перестают обновляться молодью, стареют и, просуществовав несколько лет, исчезают. Их деградацию на последних этапах ускоряют морские звезды. Пока мидиевая банка представляет собой плотный ковер из тесно прикрепившихся друг к другу моллюсков, звезды не могут причинить серьезного ущерба. А вот отдельные мидии или даже несколько особей вполне «по зубам» этим хищникам. Полчища звезд быстро уничтожают остатки процветавшей некогда мидиевой банки. Лишь через несколько лет на это место смогут осесть новые моллюски, и цикл поселения возобновится.

Такие наблюдения интересны не только для понимания закономерностей организации и функционирования морских экосистем. Они пригодились и с совсем неожиданной стороны. В мае—июне 1990 г. в Двинском заливе прошло несколько сильных штормов. Ветер дул с северо-востока. На пологие песчаные пляжи Летнего берега, между пос.Сюзьма и Красногорским маяком, волнами выбросило около 5 млн морских звезд. Причина этой экологической катастрофы долго оставалась неясной. И только через два года, когда утихла шумиха вокруг описываемых событий, сотрудники биостанции смогли разобраться в произошедшем. В этом районе, на глубине нескольких метров вдоль берега, располагалась стареющая миди-

евая банка, на которой пировали полчища морских звезд. Их численность на дне, по самым скромным подсчетам, в 100 раз превышала количество выброшенных на берег.

Обычно звезды крепко удерживаются на дне и перемещаются по нему с помощью множества мелких присосок, расположенных рядами на нижней стороне каждого луча. Экспериментально показано, что для отрыва от субстрата маленькой (2—3 см) звездочки надо приложить усилие не менее 0.5 кг. Но это при нормальных условиях, в частности при высокой солености. Все иглокожие очень чувствительны к опреснению морской воды. Что если изменить условия и понизить соленость? Оказалось, что при ее уменьшении в два раза звезды полностью теряли способность удерживаться на грунте. Для их отрыва требовалось усилие всего около 10 г. Таким образом, объяснение было найдено.

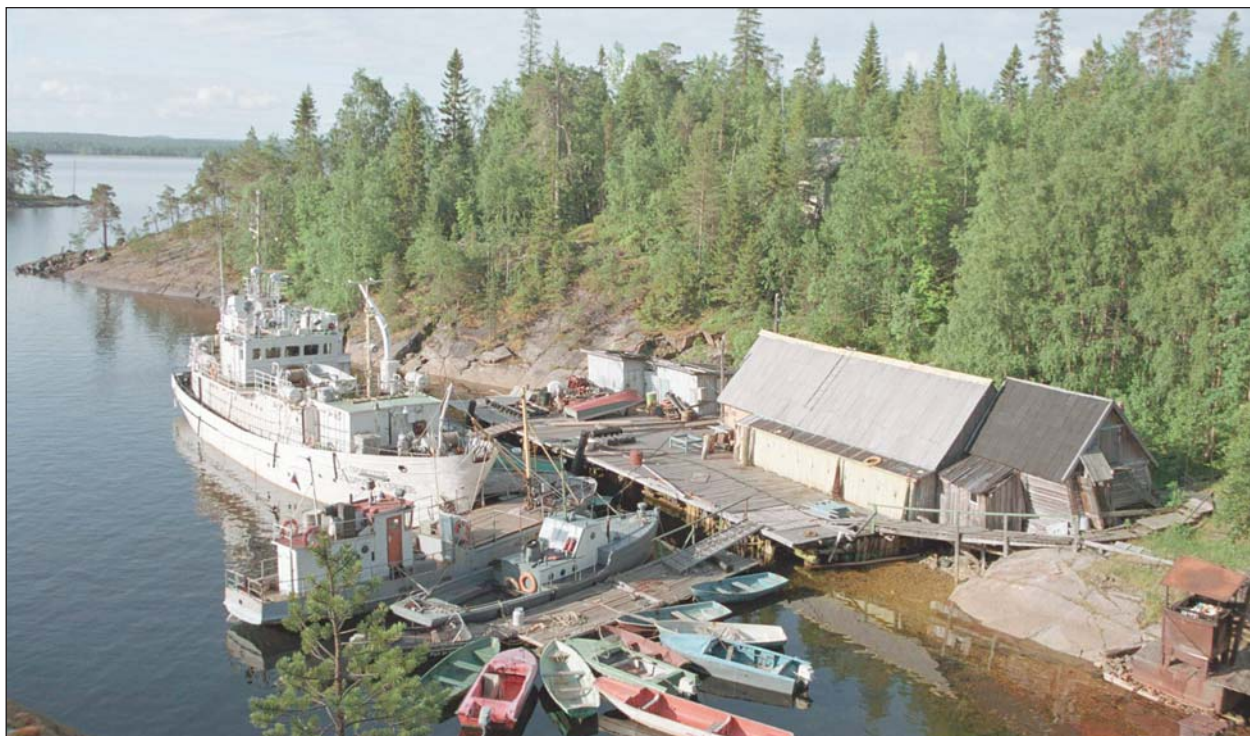
Наблюдения, сделанные весной 1990 г., в период выброса звезд, показали, что из-за штормовых ветров с северо-востока соленость воды в районе Летнего берега была ниже характерной для Белого моря в 2—2.5 раза. Обычно полноводная Северная Двина уходит вдоль противоположного (Зимнего) берега Двинского залива в горло Белого моря и далее в Воронку и Баренцево море. В прижатой ветром к Летнему берегу реке резко снизилась соленость воды. В результате звезды перестали удерживаться на субстрате и часть из них выкинуло волнами на берег. Про мыслящие существа можно было бы сказать: «Жадность подвела».

Но оставим эту историю и вернемся к мидиям. Этот моллюск по вкусу не только морским звездам. Он — излюбленная пища жителей многих приморских стран, где его разводят наравне с устрицами и другими морскими животными. А в нашей стране сделать это нельзя? Оказалось, можно. Изучив жиз-

ненный цикл беломорских мидий, их поведение и другие особенности, сотрудники биостанции разработали простой, но весьма эффективный метод культивирования. Покрытая ресничками личинка мидии, проплавав около месяца в толще воды, превращается в привычного вида моллюска, только маленького. Она находит подходящий субстрат и прикрепляется к нему. Замечено, что молодь мидии предпочитает селиться на нитчатых водорослях. Попробовали предложить этим крохам в качестве субстрата ветривки, жгуты из старых сетей и т.п. Эксперимент удался. В местах с хорошим водообменом прикрепившиеся к таким субстратам мидии росли в несколько раз быстрее, чем моллюски, живущие на камнях в зоне прилива. За три-четыре года они достигали товарного размера — 50 мм. С первого опытно-промышленного хозяйства площадью около 1 га удалось собрать ~300 т мидий.

Результатами заинтересовалась рыбная промышленность. В Кандалакшском заливе организовали хозяйства общей площадью около 30 га. Марикультура мидий стала бурно развиваться, но, как часто бывает, хорошее начинание имело печальный конец. Грянула перестройка, и культивирование мидий, проводившееся по команде Министерства рыбной промышленности, оказалось никому не нужным. Плантации пришли в упадок. А жаль. Не хватает нам расторопных русских купцов, которым до всего было дело. Уверен, что и мидий бы они развели. Выгодное это дело — ведь ни пасти, ни кормить этих моллюсков не надо. А что продукт необычный для россиян, так и это не страшно. Еще как популярны мидии во многих ресторанах Москвы, Петербурга и других городов. Только подают там не беломорских моллюсков, а импортных.

Конечно, не только мидии в сфере интересов биостанции.



Картешанская бухта — место швартовки научно-исследовательского флота Беломорской биологической станции им. О.А.Скарлато.

Фото Б.А.Анохина

Полтора-два столетия назад основу беломорских промыслов составляла сельдь. Ее вылов достигал 32—34 тыс. т/год. Эту небольшую, но очень вкусную рыбу поморы поставляли даже к столу Екатерины Великой. Сейчас на Белом море вылавливают не более нескольких сот тонн сельди в год. В чем причина столь низких уловов? Только ли обычный в таких случаях перелов? Он, конечно, имел место, но при низком уровне вылова за многие годы стадо беломорской сельди давно должно было бы восстановиться, а этого не происходит. Значит, промысел — не единственная беда.

В 1961 г. по всему Белому морю вымерла морская трава — зоостера, заросли которой располагались на глубине 1—2 м ниже уровня отлива. В 40-х годах прошлого столетия аналогичная картина наблюдалась в ряде мест Атлантического побережья. Причина гибели зоостеры до

конца не выяснена. Наиболее вероятно, что это было результатом массового грибкового поражения. Есть и другие версии. Так или иначе, но заросли этих растений, на которых сельдь откладывала икру и которые служили убежищем для личинок и местом откорма мальков, исчезли. Сельдь была вынуждена откладывать икру на литоральные водоросли. При отливе икра гибнет иногда почти на 100%. А нет пополнения, нет и рыбы. Сотрудники биостанции нашли простой способ повысить эффективность воспроизводства сельди. Если в местах ее нерестовых подходов выставить мелкоячеистые капроновые сети, то сельдь охотно откладывает на них икру, которая благополучно развивается вплоть до выклева личинок. Такие искусственные нерестилища можно транспортировать в различные места с хорошими условиями нагула сельди, опускать их на

глубину или поднимать на поверхность, соответственно замедляя или ускоряя развитие эмбрионов. Тем самым можно приурочить выклев к оптимальной кормовой ситуации, когда в море будет достаточно планктонных организмов, необходимых для питания мальков. А сведения о времени их появления дают результаты планктонного мониторинга.

Таким образом, мы получили простую и эффективную систему управления воспроизводством сельди. Проверка показала, что простой и дешевый метод дает прекрасные результаты. Несколько лет рыбаки ставили подобные нерестилища в губе Чула, но потом прекратили. Кому нужны лишние хлопоты? Гораздо проще брать сельдь из моря, а засеивать ниву пусть кто-нибудь другой и... потом. Недаром воспитывали нас лозунгами, что «нельзя ждать милости от природы. Взять их — наша задача!».

Хотя деятельность биостанции не ограничивается этими работами, обо всем рассказать в одной небольшой статье невозможно. Заканчивая, скажу только, что на станции ежегодно работает около 200 биологов разного профиля. Одни заняты физиологическими, биохимическими, цитологическими и молекулярно-биологическими проблемами, других интересуют вопросы зоологии, ботаники, гидробиологии и экологии. Много здесь и иностранных

специалистов, и студентов вузов, занятых преддипломной практикой. К сожалению, приток людей на станцию связан не только с ростом интереса к Белому морю. Есть и более прозаическая причина. Средств добраться до биостанций на Дальнем Востоке нет. Мурманская биостанция практически не функционирует. Остается лишь Белое море. Но и здесь биологам работать все труднее. Списываются научные корабли, а новые не купить. Наш корабль пока

держится. На двух (из трех) беломорских биостанциях нет постоянной электроэнергии, что резко ухудшает не только бытовые условия, но и возможности работы. На нашей станции электричество есть, но и его могут в любой момент отключить за долги. Если отношение к науке не переменится, мы скоро лишимся последних стационаров, создать которые стоило огромного труда. Разрушить легко, а вот восстановить такие станции будет и трудно, и дорого.

Систематика — язык биологии

Б.А.Коротяев,

*кандидат биологических наук
Лаборатория систематики насекомых*

Б.И.Сиренко,

доктор биологических наук

С.Д.Степаньянц,

*кандидат биологических наук
Лаборатория морских исследований*

Фундаментальные знания о разнообразии живых существ и его сохранении зарождались и развивались со времен античности и связаны с такими великими именами, как Аристотель, Авиценна, а позже — К.Линней, Ж.Б.Ламарк, Ж.Кювье, Ч.Дарвин, Э.Геккель и др. Число исследователей, посвятивших себя этой области знаний в XIX—XX в., столь велико, что лишь упоминание их имен заняло бы объем отдельной статьи. Заме-

тим лишь, что среди них были и, казалось бы, далекие от биологии люди. Один из выдающихся деятелей русской культуры В.И.Даль в годы службы в Оренбургском крае собирал насекомых по просьбе зоолога М.Н.Римского-Корсакова. Многие статьи в знаменитом Словаре Даля, посвященные названиям растений и животных, отличаются точностью и всегда включают латинские названия. Мало, кто знает, что Даль — автор первых школьных учебников зоологии и ботаники на русском языке.

Одно из главных направлений в изучении биоразнообразия — систематика, которая описывает и объясняет сходства и различия между существующими или вымершими организмами, выясняет связи между ними и группами, в рамки которых они укладываются. Систематика своего рода отправная точка познания биологического разнообразия, поскольку может дать в руки исследователей других специальностей исходные данные, ведь именно она обращается к понятию

© Б.А.Коротяев, Б.И.Сиренко,
С.Д.Степаньянц



Райские птички — обитатели Новой Гвинеи: желтая и красная. Из-за своей красоты эти птицы истреблялись десятками и сотнями тысяч; их шкурками и перьями украшали дамские шляпки. К счастью, эта мода кончилась и райские птицы смогли восстановить свою численность.

Здесь и далее фото В.Н.Танасийчука

«вид» — единственной объективной единице измерения разнообразия живой природы. Несмотря на недопонимание роли систематики в большей или меньшей степени на разных ступенях развития науки, «систематики оказались дальновиднее своих хулителей и продолжали упорно рабо-

тать, настойчиво собирая фактический материал и разрабатывая теоретические основы своей науки, и прежде всего — проблему вида» (В.Г.Гептнер). И, хотя позже наметилась тенденция пересмотра подходов к пониманию границ вида (стали возникать теории политичности вида), для системати-

ков именно вид остается объективной оценкой биологического разнообразия.

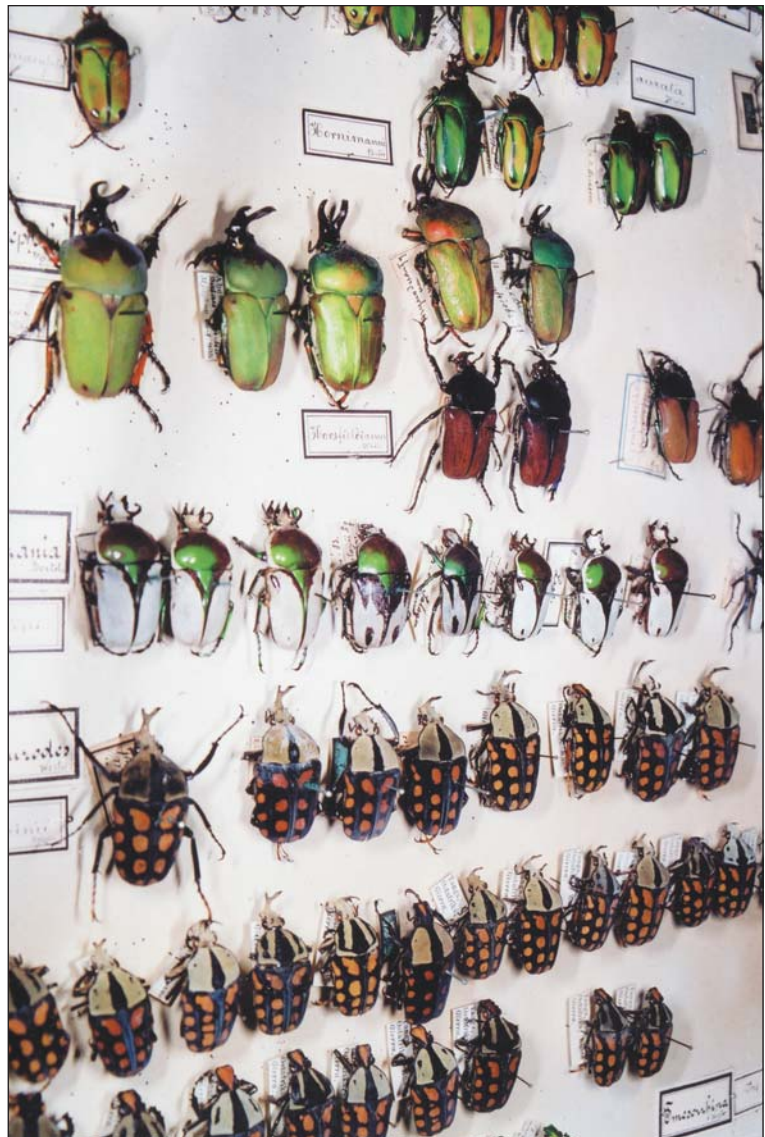
Будучи наукой синтетической, систематика использует данные морфологии, анатомии, физиологии, эмбриологии, а в последнее время также кариологии и биохимии. Чтобы ни узнали нового биолога любой специальности, рано или поздно, тем или иным способом, хотя, конечно, и не в одинаковой мере, все используется систематиками для уточнения классификации организмов. Систематика не только объединяет информацию о видах, которая публикуется в специальных сводках и определителях, но и выясняет происхождение и эволюцию видов, предлагает филогенетические схемы, предоставляет сведения об условиях существования живых организмов того или иного вида и их распространении. Без точного определения видов, без знания их родственных взаимоотношений невозможно развитие экологии, генетики или охраны живой природы, нереален прогресс множества жизненно важных для человека областей знаний. Как, например, изучать биологическую продуктивность морей и континентальных водоемов, не зная, какие виды растений и животных в них обитают? Как охарактеризовать состав флоры или фауны того или иного региона без надежных видовых списков этого региона? Заметим, Зоологический институт РАН — один из лидеров по созданию фаунистических списков тех или иных регионов планеты. Вот одна из самых свежих такого рода публикаций — «Список свободноживущих беспозвоночных в евразийских морях и прилегающих глубоководных частях Арктики», включающий около 4800 видов, известных в акватории протяженностью в несколько тысяч километров. Невозможно грамотно организовать защиту растений без поименного

списка видового разнообразия живых существ, составляющих с этими растениями общие биоценозы, или понимать пути борьбы с рядом болезней, не зная разносящих их животных.

Названия всем видам животных и растений даются по определенным правилам, которые оформлены в виде довольно общих международных кодексов номенклатуры — своеобразных законов для систематиков. Последние два выпуска Международного кодекса зоологической номенклатуры были переведены с английского языка на русский и изданы в Зоологическом институте.

Неупорядоченное использование названий организмов обесценивает результаты биологических исследований — ведь если невозможно точно сообщить, на каком виде выполнено исследование, то и говорить не о чем. Как метко заметил А.К.Скворцов, гораздо проще говорить о том, чего не дал науке тот или иной исследователь (применительно к данной теме — то или иное направление исследований). Но гораздо важнее сказать, что ученый (или направление исследований) дал науке. В этом смысле систематика дала биологии ее язык, а номенклатура дала язык систематике.

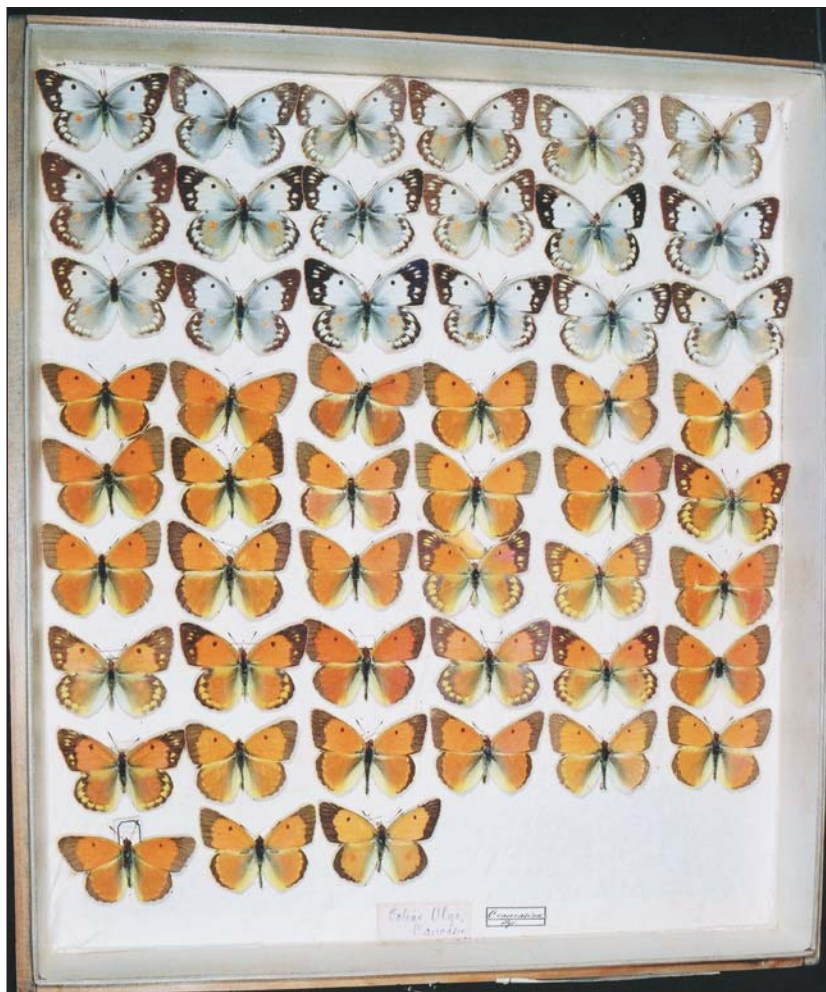
Существующее мнение о неточности систематики как науки крайне поверхностно. Это — точная наука, способная не только назвать, но и предсказать свойства, пути эволюции и родственные связи тех или иных групп. Только при параллельном изучении живых и коллекционных организмов с одновременным применением традиционных (сравнительно-морфологических) методов и новейших подходов (нумерического, молекулярно-биологического или биохимического) можно быть уверенным, что представления о филогении того или иного объекта близки к естественной.



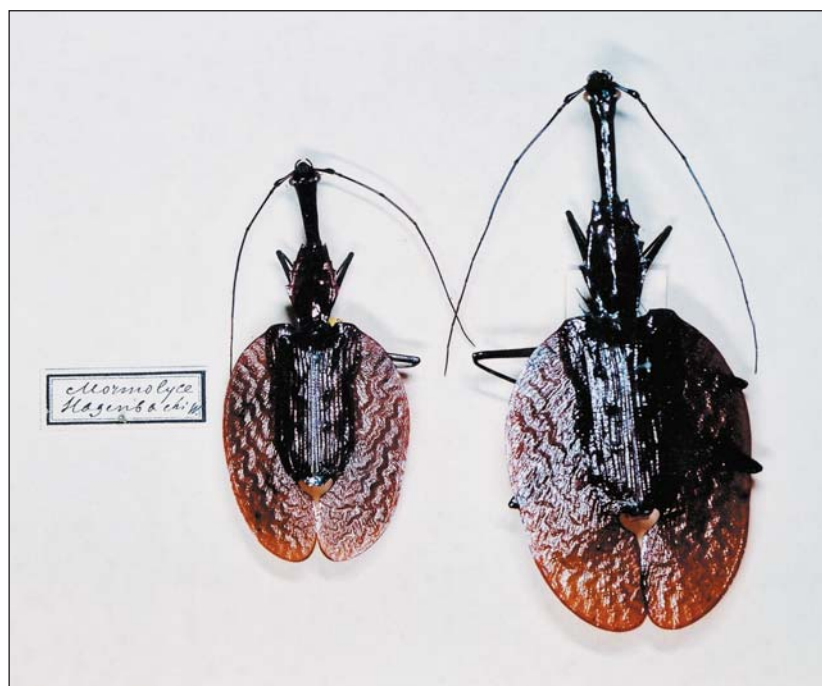
Африканские пластинчатоусые жуки.

Так, классический сравнительно-анатомический подход к изучению скелета при построении филогенетической схемы антарктических нототениевых рыб, осуществленный в Зоологическом институте, был подтвержден методами молекулярной филогенетики. И напротив, увы, есть яркие примеры ошибочных филогенетических выводов, достигнутых исключительно методами молекулярной биологии, если они делались без привлечения традиционных подходов.

Значимость зоологической систематики как фундаментальной науки неоспорима. Систематика неисчерпаема хотя бы потому, что о большинстве видов животных мы знаем не так уж много и не представляем себе в полной мере роль тех или иных видов в природных сообществах. О существовании многих, а может быть, и большинства (!) видов животных мы вообще не знаем — они еще не изучены зоологами-систематиками и еще не получили научных названий. Даже в рамках, казалось

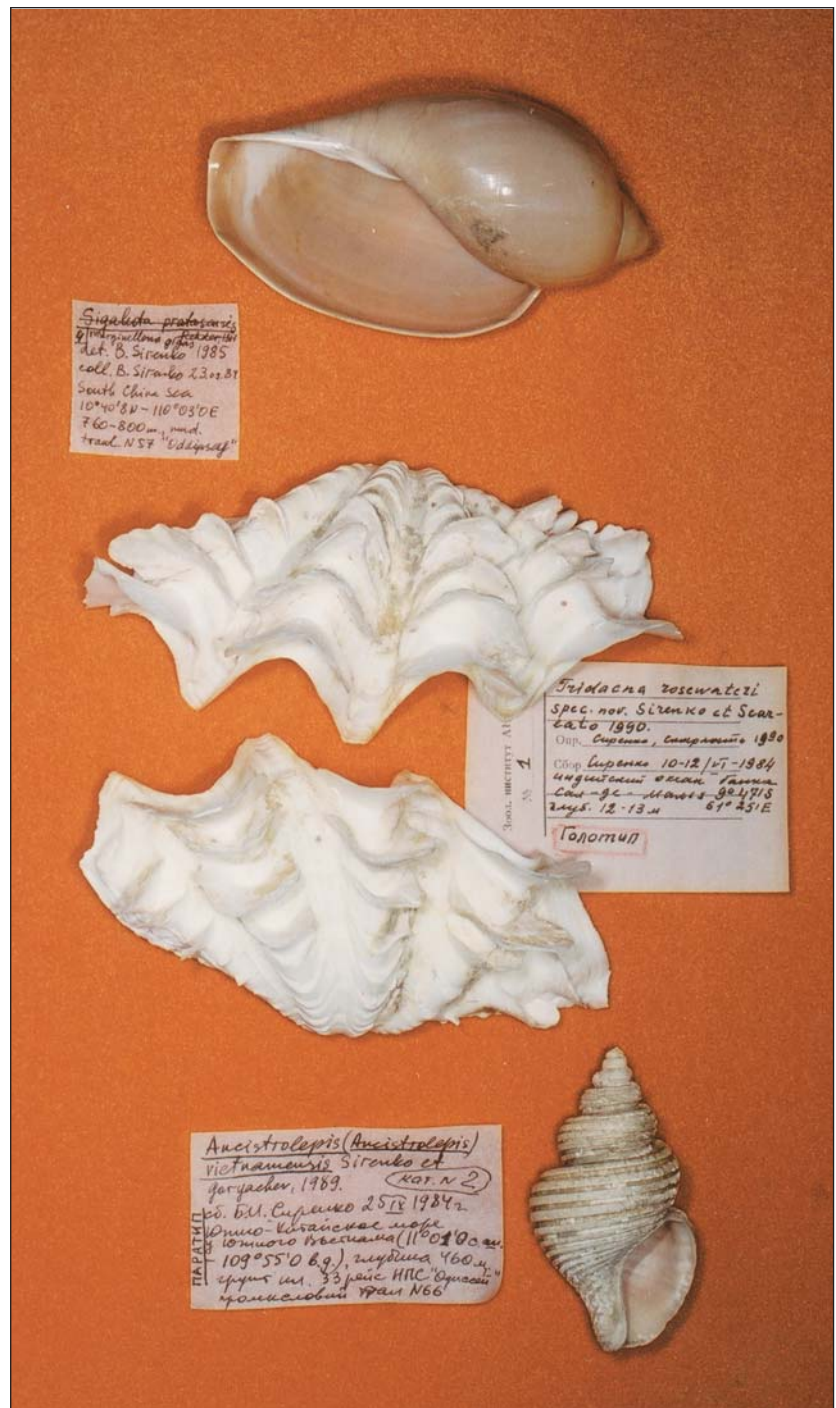


Бабочки — кавказские желтушки из коллекции великого князя Николая Михайловича.



Гигантская австралийская жужелица рода *Mormolyce*.

Редкие моллюски из коллекции лаборатории морских исследований ЗИНа: в центре — типовой экземпляр двусторчатого моллюска *Tridacna rosewateri*, описанного в 1990 г. как новый вид Б.И.Сиренко и О.А.Скарлато; сверху — редкий моллюск *Marginelloma gigas*; внизу — типовой экземпляр описанного в 1989 г. Сиренко и Горячевым вида *Ancistrolepis vietnamensis*.



бы, полностью изученных групп животных (птиц или млекопитающих) нет-нет да и обнаруживается что-то неизвестное: в конце XX в. описаны новые виды — быка из Вьетнама, обезьяны из Бразилии, кита-косатки из морей Южного полушария. Экспедиции в малоизученные

районы тропической Азии привозят десятки неизвестных видов земноводных и пресмыкающихся. Несколько небольших экспедиций по изучению глубин моря возле Индонезии, Филиппин и Новой Каледонии собрали абсолютно неизвестную фауну, где одних только брюхо-

ногих моллюсков оказалось более 2 тыс. новых видов. Совсем недавно описаны новые виды пресноводных рыб из континентальных водоемов Северного Кавказа, новый вид высокогорной гадюки Армении, новый вид ужа с Черноморского побережья, новый подвид пеночки

из Закавказья. Что уж тут говорить о насекомых, почвенных нематодах или морских беспозвоночных!

К сожалению, до сих пор важность систематики не оценивают должным образом, и подчас отношение к ней точно описывается печальной, но верной поговоркой: «Что имеем — не храним, потерявши — плачем». Смена приоритетов в условиях грантовой формы финансирования приводит к резкой смене направлений и характера исследований в области систематики. Даже в странах со сложившейся зоологической школой (Великобритании, Германии, Франции, США, Канаде, России) сокращается финансирование классической систематики. Например, в Соединенных Штатах только два специалиста (одному из них уже 70 лет) умеют определять всех долгоносиков — самую богатую видами группу насекомых. Остается надеяться, скепсис в отношении возможностей и необходимости систематики — явление временное. Как бы не пришлось сокрушаться в будущем, что перерыв в преимуществах систематических исследований и исчезновение старых школ чреватыв невосполнимыми утратами. К счастью, есть страны (Турция, Индия, Япония, Китай, Корея и др.), где начинают понимать значимость классической биологии и вкладывают средства в создание и развитие центров исследований по систематике, открывают специализированные библиотеки, заново формируют коллекционные фонды и готовят специалистов.

Безусловно, за два с лишним века развития современной систематики изменились некоторые из ее основных представлений и ее теоретический фундамент, основные этапы которого, как уже говорилось, знаменуются великими именами. Заметно сменился систематический, вернее — номенклатурный, язык Зоологи, в отличие от ботаников, уже не дают латинских диагнозов при описании новых видов. Разработано множество вариантов составления определительных ключей — дихотомические, политомические, одновходовые, многовходовые, компьютерные и т.д. Используются математические, биохимические и молекулярно-биологические методы изучения и обработки данных.

Систематике (как, впрочем, любой науке, и не только) нужны профессионалы, квалификация которых зависит не только от знаний и опыта, но и скрупулезности, и даже интуиции. Очевидно, что систематиком может стать даже не всякий биолог. Если уж исследователь выбрал эту стезю, он редко с нее сворачивает и, подобно поисковой работе детективов, применяет среди прочего и знаменитый дедуктивный метод известного литературного героя. Не менее важна и роль научной школы, традиции которой формируются веками.

Зоологический институт РАН относится к числу тех научных учреждений, в которых сильны традиции зоологической систематики, формировавшиеся на протяжении нескольких сотен лет. Знаменитые имена ученых, прославивших институт познанием видового разнообразия

разных групп животных России, сопредельных территорий и даже всего мира и создавших школы и направления в систематике, вписаны в историю этой науки. Это — протозоологи В.А.Догель и А.А.Стрелков; энтомологи Г.Г.Якобсон, А.В.Мартынов, Г.Я.Бей-Биенко, Н.Я.Кузнецов, А.С.Данилевский, С.Г.Лепнева, А.А.Рихтер, М.Е.Тер-Минасян, В.В.Попов, А.А.Штакельберг, Л.В.Арнольди, А.Н.Кириченко и др.; паразитологи Е.Н.Павловский и Б.Е.Быховский; специалисты по водным беспозвоночным А.М.Дьяконов, В.М.Рылов, Е.Ф.Гурьянова, И.А.Киселев; ихтиологи П.Ю.Шмидт, Л.С.Берг, А.Н.Световидов, А.П.Андрияшев; герпетологи С.А.Чернов, И.С.Даревский; орнитологи Е.В.Козлова, Л.А.Портенко, А.И.Иванов, К.А. Юдин; териологи Б.С.Виноградов, Н.К.Верещагин, И.М.Громов и многие-многие другие. Их последователи и ученики развивали эти традиции и воспитали целую армию систематиков. Сейчас в Зоологическом институте работают более 100 систематиков, чья квалификация уникальна и ставит их в ранг специалистов мирового уровня.

Для нас, взявшихся поразмышлять на тему систематики, тему нашей профессии, значимость ее безусловна. У нас есть ученики, и мы надеемся, что и у них, как в свое время у нас, не будет дилеммы в выборе дальнейшей деятельности. Без всякого сомнения, по мере появления соответствующего оборудования и адекватного финансирования, они не откажут себе в удовольствии совместить традиционные методы с современными. Дай им Бог успеха!

Кариосистематика

В.Г.Кузнецова,

доктор биологических наук

Отделение кариосистематики, лаборатория систематики насекомых

В начале 60-х годов генетика в СССР начала выходить из подполья, и в разных учреждениях Ленинграда как грибы после дождя стали возникать генетические лаборатории и группы. Кадры для них поставляла кафедра генетики и селекции Ленинградского государственного университета, которой заведовал М.Е.Лобашев. В 1965 г. в Зоологическом институте появилась лаборатория кариосистематики, которую организовала и более 20 лет возглавляла Л.А.Чубарева. Вместе с ней пришли выпускники кафедры генетики. Нас было восемь человек, мы были молоды и самоуверены. Нам казалось тогда, что генетика всесильна и самые сложные проблемы зоологической систематики будут с ее (и с нашей) помощью в два счета решены. Надо было пройти годам, чтобы все встало на свое место и обрело свою истинную цену. В цокольном этаже здания под новую лабораторию освободили помещения, окнами выходящее на Университетскую набережную и Дворцовый мост. Были закуплены микроскопы и бинокляры, под них построены специальные столы на кронштейнах, вскоре появилась фотокомната — и работа началась.

Объект кариологических исследований — кариотип (набор хромосом, свойственный конкретному организму). В стенах зоологического учреждения особенности кариотипа разных групп животных используются для выяснения их происхождения, родственных связей и сис-

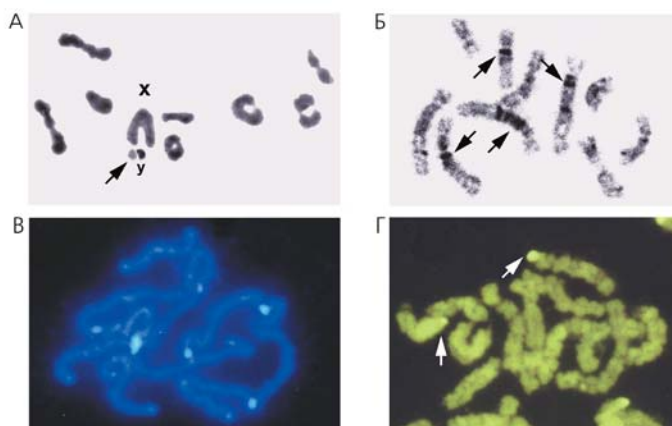
тематики. Одна из трудностей работы кариосистематика — необходимость анализировать и сопоставлять эволюцию кариотипа и эволюцию изучаемой группы организмов. Давно известно, что эволюция кариотипа и морфологическая эволюция часто не совпадают, идут разными темпами. На видовом уровне это обстоятельство позволяет идентифицировать виды-двойники, сходные морфологически, но различающиеся по особенностям кариотипа. При изучении высших таксонов возможности использования кариотипа не столь велики, хотя во многих группах животных можно найти примеры, когда построения классической систематики подтверждались и даже корректировались цитогенетическими методами. Наиболее плодотворными в таких случаях оказываются совместные исследования кариолога и систематика. Выигрывают оба: систематик проверяет свои гипотезы, а кариолог — свои, получая при этом ключ к пониманию направлений и механизмов изменчивости хромосомных систем не только в данной конкретной филогенетической линии, но нередко и хромосом как таковых.

Главными объектами кариологических исследований молодой лаборатории стали насекомые, моногенетические сосальщики и рептилии. Работавший в ЗИНе крупный систематик мошек И.А.Рубцов имел давние контакты с кафедрой генетики и уже успел по достоинству оценить эффективность использования цитогенетических методов для изучения систематики

этой группы. Мошки, как и некоторые другие двукрылые насекомые, обладают гигантскими политенными хромосомами. Эти лентовидные дискоидально исчерченные структуры в ядрах клеток слюнных желез, чья хромосомная природа была доказана в начале 30-х годов, предоставляют абсолютно уникальный материал для генетических, цитологических и цитотаксономических исследований.

Четверо из восьми аспирантов новой лаборатории получили для своих будущих кариосистематических изысканий разные группы мошек. Другими объектами могли бы стать любые животные, позвоночные или беспозвоночные, однако интерес к кариологии помимо Рубцова проявили поначалу только трое сотрудников. Один из них — систематик тлей Г.Х.Шапошников, другой — директор Института Б.Е.Быховский, изучавший моногеней, а третий — известный специалист по ящерицам И.С.Даревский. Среди объектов кариосистематических исследований в Зоологическом институте были также лососевые рыбы, но эти работы проводились в лаборатории ихтиологии.

Шли годы, первые аспиранты-кариосистематики стали кандидатами, а потом и докторами наук. Лаборатория продолжала трудиться, усовершенствовались методы исследования, появлялись и защищали диссертации новые аспиранты, крепились связи с систематиками, рос и расширялся круг изучаемых объектов. Начались исследования по кариосистематике



Микрофотографии кариотипов, иллюстрирующие результаты применения разных методов анализа хромосом: А — жука-златки (окраска нитратом серебра), стрелкой отмечен аргентофильный материал, видимо, ядрышкообразующий район; Б — пилильщика (окраска по методу С-бэндинга), стрелками отмечены блоки конститутивного (повторяющихся последовательностей ДНК) гетерохроматина; В — кокциды (окраска флуорохромом DAPI), сигналы в теломерных участках хромосом соответствуют кластерам АТ-богатой ДНК; Г — цикадки (окраска флуорохромом СМА₃), стрелками отмечены сигналы, соответствующие кластерам ГЦ-богатой ДНК.

других групп насекомых: стрекоз, уховертков, сеноедов, псиллид, кокцид, цикадовых, клопов, чешуекрылых, жуков, перепончатокрылых, хируномид, хищных галлиц и загадочных зораптер. Положение последних в системе и их родственные связи с другими насекомыми абсолютно не ясны. Зораптеры оставались единственным отрядом крылатых насекомых с неизученным кариотипом. Можно надеяться, что разносторонний анализ, включая кариологический, прольет свет на происхождение этой группы насекомых, имеющей в основном тропическое распространение.

Время от времени изучались кариотипы и других беспозвоночных животных (гидр, моллюсков, турбеллярий), из которых только гидры сумели основательно укорениться в тематике института. Основные же интересы наших кариосистематиков сосредоточились вокруг насекомых. Исследуются преимущественно группы, имеющие либо политенные, либо так называемые

голокинетические хромосомы, замечательные тем, что в них отсутствуют локализованные центромеры. Голокинетическими хромосомами обладает большинство перечисленных насекомых, включая зораптер. В эволюционных преобразованиях кариотипов этих групп нередко проявляются своеобразные тенденции и оказываются задействованными специфические механизмы. К примеру, характерная особенность голокинетических хромосом — склонность к разделениям (фрагментациям): их фрагменты не элиминируются, а продолжают вести себя в клеточных циклах, подобно интактным хромосомам. В настоящее время нашими исследованиями охвачены все группы насекомых, имеющих голокинетические хромосомы. Кариологический анализ уже дал ценную информацию для изучения их систематики и родственных отношений.

Во время очередных административных перестроек лаборатория кариосистематики пере-

стала существовать как самостоятельное подразделение. Из-за явного преобладания энтомологических объектов она вошла в состав лаборатории систематики насекомых в ранге отделения кариосистематики.

Кариологическая наука — быстро развивающаяся область биологии, она пережила (а вместе с ней и кариосистематика) несколько поворотных моментов, связанных с разработкой новых методов анализа хромосом. Настоящая методическая революция случилась в начале 70-х годов, когда были разработаны методы дифференциальной окраски хромосом. В хромосомах стали находить субструктуры, которые на микроскопическом уровне выявляются как плотные интенсивно окрашивающиеся поперечные полосы или сегменты (bands). Рисунок исчерченности видоспецифичен и не одинаков у каждой пары хромосом, что позволяет их точно идентифицировать. При изучении беспозвоночных животных наиболее широкое распространение получили С-бэндинг и AgNOR-бэндинг. Первый метод выявляет в хромосомах структурный гетерохроматин, включающий высокоповторяющиеся последовательности ДНК. Методом AgNOR-бэндинга выявляются ядрышкообразующие районы хромосом (ЯОР, или NOR), т.е. кластеры функционально активных rРНК генов.

Почти одновременно с методами дифференциального окрашивания стали бурно развиваться методы молекулярной цитогенетики. С их помощью появилась возможность локализовать участки ДНК, обогащенные АТ- и ГЦ-парами непосредственно в хромосомах на цитологическом препарате. В кариологических исследованиях беспозвоночных животных чаще всего используется метод гибридизации нуклеиновых кислот *in situ* (FISH) и окрашивание хромосом ДНК-специфичными флуорохромами СМА₃ (антибиотик хромомидин А₃) и DAPI

(4,6-diamidino-2-phenylindole). По яркости СМА₃-флюоресценции выявляется ДНК, богатая ГЦ-основаниями, в то время как DAPI-сигналы указывают на ДНК, насыщенную АТ-основаниями. У многих насекомых кластеры ГЦ-богатой ДНК локализуются в области ЯОР, что для множества групп насекомых впервые было доказано нами.

Кариосистематики ЗИНа незамедлительно реагировали на

все многообещающие методические новшества. Очень скоро данные о количестве и распределении С-блоков и ЯОР стали использоваться в качестве обязательных кариотипических характеристик наряду с числом и морфологией хромосом и хромосомным механизмом определения пола. К сожалению, широко использовать и развивать новейшие методы молекулярной цитогенетики

нам мешают причины, общие для нынешней российской науки, — недостаток средств на приобретение исследовательской техники и реактивов.

В активе кариосистематиков ЗИНа — многие сотни кариотипированных видов, сотни опубликованных работ, рассматривающих проблемы цитогенетики, микро- и макроэволюции, систематики и филогении видов и надвидовых таксонов животных.

Публикации

И.М.Кержнер,

доктор биологических наук

А.Л.Лобанов,

кандидат биологических наук

Лаборатория систематики насекомых

В 1896 г. в жизни Зоологического музея Императорской академии наук произошли три важных события. Во-первых, начался переезд в специально перестроенное здание бывшего Таможенного пакгауза на стрелке Васильевского острова, которое музей и организованный впоследствии институт занимают и поныне (до этого музей располагался в здании поблизости, на Менделеевской линии). Во-вторых, была открыта штатная должность библиотекаря и тем самым положено начало библиотеке как самостоятельному подразделению (прежде книги выдавал сотрудникам директор музея). И наконец, Зоологический музей одним из первых учреждений Академии наук (если не самым первым) начал изда-

вать самостоятельно свои труды — «Ежегодник Зоологического музея Императорской академии наук». До этого сотрудники публиковались в общих изданиях Академии (преимущественно в «Бюллетене»), в изданиях научных обществ (Московского общества испытателей природы, Русского энтомологического общества и др.) и в зарубежных журналах.

«Ежегодник» включал статьи (причем не только российских, но и зарубежных авторов), преимущественно связанные с изучением фауны России и обработкой коллекций музея. В особом разделе печатались отчеты с перечнем пополнений научной коллекции, а также маршруты экспедиционных поездок сотрудников и некоторых сторонних специалистов, передававших в музей свои материалы. В 1906—1911 гг. в качестве

приложения был опубликован многотомный «Каталог сосущих насекомых Палеарктики» В.Ф.Ошанина. В 1917 г. издание «Ежегодника» было прервано и возобновлено спустя пять лет; всего до 1931 г. вышло 32 тома.

В 1932 г. «Ежегодник» сменил «Труды Зоологического института АН СССР». Тома стали тематическими: каждый из них включал статьи по определенной проблеме, а иногда и монографию умеренного объема. В 60—80-е годы по партийно-чиновничьей глупости в стране перестали выходить сотни традиционных изданий научных и учебных учреждений («Труды», «Ученых записок» и т.п.); вместо них было велено публиковать сборники. «Трудам Зоологического института» удалось сохранить свое название. В то время издавалось по не-

БЛОХИ (SIPHONAPTERA)

Зоологический институт РАН, Санкт-Петербург, FLEAS HOME PAGE

Введение	Биология	Морфология	Распространение	Систематика	Холова	Изобилие
База данных	Значение	Борьба	Литература	Об авторах	Осылки	О сайте



Блохи (латинское название Siphonaptera) – очень важный в практическом отношении отряд насекомых. Более 20 лет, начиная с 1979 г., в Лаборатории паразитологии Зоологического института РАН ведутся исследования по морфологии, систематике, экологии и фауне блох. Коллекция Института насчитывает 13000 готалинок, близкородственных препаратов и 2500 единиц хранения в спирите. Сейчас эта коллекция содержит около 50000 экземпляров имаго и личинок 542 видов блох фауны России и сопредельных стран.


Доктор биологических наук Валентин Самсонович Виценок создал банк данных по экологии видов фауны бывшего СССР, провел исследования морфологии и физиологии блох. Доктор биологических наук Сергей Гаврилович Медведев по итогам собственных исследований морфологии блох и анализа более 5000 микрофотографий структур блох, сделанных на растровом сканирующем микроскопе, предложил и обосновал новую классификацию отряда, создал информационно-аналитическую систему по мировой фауне отряда. Эти и другие материалы смотрите на страницах нашего сайта.

Главная страница веб-сайта «Блохи».

Жуки (Coleoptera) и колеоптерологи

Гаврилов в коллекции Зоологического института РАН

Ужасный жук: Антибайгарт



Маленький белышечник Родуля Фото А.Медведева

- Введение
- Морфология и анатомия
- Биология и экология
- Географическое распространение
- Систематика и филогения
- Мир жуков и человека
- Учение колеоптерологов (Pezomachus)
- Коллекции
- Наши публикации и важнейшая библиография
- Изображения жуков
- Наши базы данных
- Жуки в Искусстве

Жуки или жесткокрылые (научное латинское название – Coleoptera) – самый большой по числу видов отряд не только в классе насекомых (Insecta), но и во всем царстве животных (Animalia). Не менее четверти всех видов животных на нашей планете – жуки. Жуки встречаются во всех частях света и почти во всех типах местообитаний. Их изучением занимается специальный раздел зоологии – колеоптерология. В Зоологическом институте (ЗИН) Российской Академии наук (РАН), находящемся в Санкт-Петербурге, исследования жуков ведутся с момента его основания. Здесь работали такие известные колеоптерологи, как З. Ф. Минерва, А. П. Семенов-Тынь-Шанский, Г. Г. Рыбсов, А. Н. Рейварт, М. Е. Тер-Минасян, О. Л. Крыжановский и многие другие. Отделение жесткокрылых Лаборатории систематики насекомых ЗИН, которым, как и всей Лабораторией, руководит колеоптеролог с мировым именем профессор Г. С. Медведев, является центром исследований жуков для всей России. Коллектив колеоптерологов ЗИН с помощью своих коллег из других научных учреждений решил создать и поддерживать в Интернете специальный сайт о жуках и колеоптерологах, который должен быть интересен как специалистам, так и тем, кто только начинает интересоваться жуками или вообще случайно набрал на наши страницы.

Добро пожаловать в мир жуков и изучающих их ученых!

Этот сайт создан и развивается при частичной поддержке РФФИ (гранты N 06-07-80086 и N 09-07-90315) и ГНТП "Биоразнообразие" (2.1.91.6p).

Главная страница веб-сайта «Жуки и колеоптерологи».

сколькx книг в год, порой — более двадцати, но в послеперестроечный период их число заметно сократилось. Всего к настоящему времени опубликовано 286 томов.

В 1911 г. по инициативе академика Н.В.Насонова музей начал издавать серию монографий «Фауна России и сопредельных стран», преимущественно по коллекциям Зоологического музея (с 1929 г. — «Фауна СССР и сопредельных стран», с 1934 г. — «Фауна СССР», в 1992 г. название серии было

восстановлено). К настоящему времени вышло 145 книг. Большую роль в организации этого издания и поддержании его высокого уровня сыграли А.А.Штакельберг и А.А.Стрелков; каждый из них отредактировал несколько десятков выпусков. По числу опубликованных томов, детальности общих разделов, размеру охваченной территории это издание не имеет равных в мировой практике, оно всегда приводится как образцовая серия региональных фаунистических монографий.

Другая серия монографий — «Определители по фауне СССР» (с 1992 г. — «...по фауне России и сопредельных стран») — начата в 1927 г. В этой серии издано уже 170 книг, в их числе в последние десятилетия вышли не имеющие аналогов определители: паразитов пресноводных рыб фауны СССР (однотомное издание — в 1962 г. и в четырех книгах — в 1984—1987гг.), насекомых европейской части СССР (с 1964 г. вышло 14 книг из 18 запланированных), рыб Японского моря и сопредельных час-

тей Охотского и Желтого морей (семь томов, изданных в 1959—1997 гг.).

Многие тома обеих серий переизданы за рубежом в переводе на английский язык. Конечно, некоторые ранние книги существенно устарели (часть из них переиздана), но большинство по-прежнему остается основными пособиями по систематике соответствующих групп.

Развитие исследований по паразитологии и морской гидробиологии в ЗИНе привело к появлению специализированных серий: «Паразитологический сборник» (с 1930 г. выпущено 37 томов) и «Исследования фауны морей» (издается с 1941 г., первоначально под названием «Исследования дальневосточных морей», всего 46 томов). Результаты энтомологических экспедиций в Монголию отражены в 11 томах издания «Насекомые Монголии» (1972—1990).

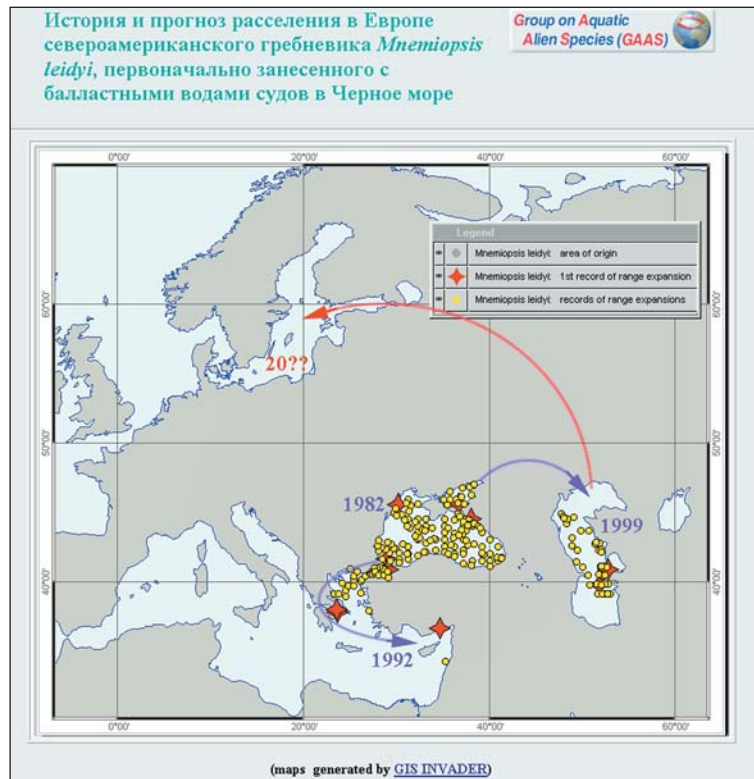
Отдельными сериями выходили методические пособия: «В помощь работающим на по-

лезачитных лесных полосах» (1950—1953, 22 выпуска), «В помощь сельскому хозяйству» (1954—1960, шесть выпусков), «В помощь работающим по зоологии в поле и лаборатории» (1955—1957, семь выпусков). Несколько пособий по таксидермии и организации музейных экспозиций зоологических объектов, написанных известным специалистом М.А.Заславским, опубликовано в 1964—1986 гг. Был издан ряд справочников по прикладной тематике: «Атлас охотничьих и промысловых птиц и зверей СССР» (1952—1953, два тома), «Вредные животные Средней Азии» (1949), «Вредители леса» (1955, два тома), «Насекомые, вредящие кукурузе в СССР» (1960), «Насекомые и клещи — вредители сельскохозяйственных растений» (1972—1999, четыре тома). В 1981 г. начато издание отдельными выпусками каталога типовых (эталонных) экземпляров, хранящихся в институтской коллекции (всего 13 выпусков).

Помимо специальных серий в нашем институте выходят и научно-популярные, посвященные фауне нашей страны: «Животный мир СССР» (1936—1958, пять томов) и «Жизнь пресных вод» (1940—1959, четыре тома в пяти книгах).

Разумеется, перечисленные большей частью серийные издания не охватывают всего, что было опубликовано в ЗИНе за 100 с лишним лет. Много книг и брошюр по самым разным проблемам издано вне серий, не говоря уж о материалах проводившихся в нашем институте съездов, конференций и совещаний, а также ежегодных отчетных научных сессий.

В послеперестроечный период основные серии удалось сохранить, но число издаваемых в них ежегодно томов сильно уменьшилось, сроки публикации удлинились. Лишь в последние два-три года в основном благодаря поддержке Российского фонда фундаментальных исследований ситуация начала меняться к лучшему:



Страница веб-сайта по биологическим инвазиям.

некоторые многотомные выпуски удалось завершить, появились и новые издания. С 1994 г. начал выходить «Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий» под редакцией С.Я.Цалолихина (из шести запланированных выпущено пять томов). В 1994 г. опубликован двухтомник М.В.Крылова «Возбудители протозойных болезней домашних животных и человека». Начато переиздание «Определителя млекопитающих России и сопредельных территорий» (в 1995 и 2002 гг. вышли первые два тома из четырех намеченных). В 2000 г. появился первый том «Руководства по зоологии», посвященный простейшим, готовятся следующие два.

Создание своей печатной базы для небольших по объему малотиражных изданий позволило выпускать их оперативно и с меньшими затратами. Так, в ЗИНе появились два журнала на английском языке — «Zoosystematica Rossica» и «Avian Ecology and Behavior». Материалы ежегодной научной сессии публикуются в большем, чем прежде, объеме и тоже на английском.

Уменьшение числа традиционных бумажных изданий частично компенсируют электронные публикации. В содружестве с немецкой фирмой «Dialogis edition» выпущены массовыми тиражами уже три тематических научных CD-ROM по отдельным группам организмов, а с помощью фирмы «Спаеро» — диск с научно-популярной энциклопедией «Мамонты». Кроме того, ЗИН представлен в Интернете крупным веб-порталом (<http://www.zin.ru>), включающим более 30 отдельных сайтов

(некоторые из них содержат более тысячи веб-страниц и десятки мегабайтов информации). Благодаря актуальности выставленной информации портал оказался весьма популярным: в 2001 г. к нему обратилось более 300 тыс. человек.

Самым посещаемым стал сайт, посвященный мировой фауне блох (<http://www.zin.ru/Animalia/Siphonaptera/>). Он отличается продуманным оформлением, отличными фотографиями и подробным рассказом обо всех 1.5 тыс. видов отряда. Этот сайт благодаря полноценной английской версии входит в тройку самых известных в мире по своей теме. Теперь даже американский пользователь, разыскивая информацию по блохам, попадает обычно на наш сайт. Крупнейшая мировая биомедицинская информационная сеть BIOMEDNET (США) присвоила ему звание «Лучший сайт дня по биологии в мире».

Второе место занимает сайт «Жуки и колеоптерологи» (<http://www.zin.ru/Animalia/Coleoptera/rus/>), созданный и ежедневно дополняемый сотрудниками отделения жесткокрылых лаборатории систематики насекомых и их коллегами из других городов. Это самый большой сайт на институтском портале — 2.5 тыс. веб-страниц и более 3.5 тыс. иллюстраций. В работе над сайтом участвует уже более сотни авторов.

На третьем по посещаемости месте — сайт (<http://www.zin.ru/projects/invasions/>), который в отличие от двух предыдущих, содержащих много научно-популярной информации, сугубо научный. Посвящен он биологическим инвазиям — проблеме, которой сейчас уделяется особое внимание во всем мире. Все-

ление несвойственных той или иной экосистеме видов негативно воздействует на местные виды и сообщества и считается в настоящее время одной из основных угроз природному биоразнообразию. На сайте размещена уникальная информация о чужеродных видах, проникших на северо-запад России из других регионов Евразии и даже с других континентов.

Упомянутые сайты имеют высочайший мировой рейтинг и входят в самые престижные топ-списки, поисковые системы и каталоги Интернета. Сейчас разрабатывается сайт «Пресноводные рыбы России» — первая в отечественной зоологии сводка, подготовленная в виде интерактивной мультимедийной информационно-поисковой системы, содержащей данные в самых различных форматах (текст, иллюстрации, видео). Создаваемая система предлагает пользователю сведения из области пресноводной теоретической и прикладной ихтиологии, природоохранной практики и природопользования. Она создается как компьютерная зоологическая монография на основе идеологии гипербазы данных и включает следующие блоки: номенклатура и синонимия, библиография, определитель таксонов (с иллюстрациями как для признаков, так и для таксонов), подробные диагностические и морфологические описания, природоохранный статус, карты ареалов, каталог коллекций ЗИНа.

Электронные публикации — одно из важнейших достижений компьютеризации в ЗИНе, позволяющее нашему институту, как и в былые времена, оставаться центром зоологической науки.

Они жили на острове ЗИН

С.Д.Степаньянц,
кандидат биологических наук
Лаборатория морских исследований

Я глубоко убеждена, что мне повезло во многих отношениях. Зоологический институт всегда был и остается островом, на котором торжествует Наука, какие бы страсти ни бушевали в окружающем его океане жизни. Отголоски страстей оседали и здесь: были и в ЗИНе неспокойные времена, порой не так уж легко приходилось моим учителям и старшим коллегам, было и по сей день не всегда легко моим современникам. Но выручала наука — то, чем мы жили и продолжаем жить. Обо всех, кто работал в ЗИНе, кто создавал его, рассказать, к сожалению, невозможно, но хотя бы о некоторых, увы, уже ушедших, вспомнить просто необходимо.

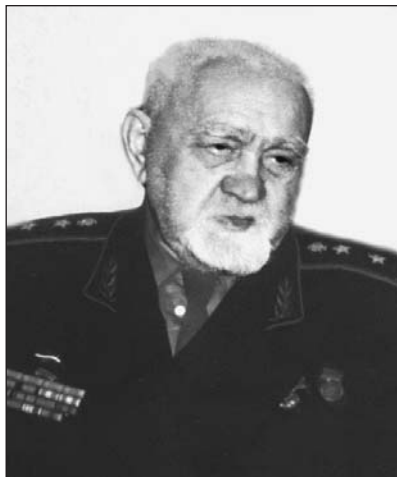
Евгений Никанорович Павловский был директором Зоологического института, когда я только начинала работать здесь. О нем говорили — генерал. Красивый, огромного роста старик в генеральской форме казался чем-то сверхъестественным в тихом и абсолютно мирном учреждении. Почему же генерал? Да потому что, занимаясь паразитическими членистоногими, был основателем школы природной очаговости трансмиссив-

ных заболеваний. Одновременно он заведовал кафедрой Военно-медицинской академии и был генерал-майором медицинской службы. Авторитетный и смелый ленинградец, он мог в значительной мере влиять на дела в городе и даже в стране. Именно благодаря этому влиянию, как говорят, он спас в свое время многих коллег-зоологов от грозящих им арестов, а некоторым изгоем помог устроиться на работу в ЗИНе.

Борис Евсеевич Быховский за время моей работы в ЗИНе был сначала заместителем директора института, а затем директором. Ироничный, внешне строгий, но в действительности мягкий и образованный человек, он отличался демократичностью, доступностью, его знали как знатока и любителя книг. Квартира на Черной речке, где жила семья Быховского — Гурьяновой, не вмещала огромного количества самой разнообразной литературы, которую он покупал. По мере прочтения книги передавались в месткомовскую библиотеку ЗИНа, которой я в то время заведовала. На долю Бориса Евсеевича в бытность замдиректора выпал один из самых тяжелых моментов послевоенной истории институ-

та — капитальный ремонт. В лабораторном корпусе меняли старые деревянные балки на фундаментальные. Музей закрыли, и подносы с коллекциями перемещались в экспозиционные залы. Поделенный коллекционными шкафами на клетушки, музей превратился в территорию науки. Коллекции следовало перенести из корпуса в корпус, с этажа на этаж с минимальными потерями. Такелажникам такое серьезное дело не доверяли, а поручали нам, лаборантам. Работали с огромным энтузиазмом, но часто мы, девочки, превышали свои «такелажные возможности»... Хорошо помню, как жена Бориса Евсеевича, профессор Гурьянова, увидев, как мы носим тяжеленные подносы, громко возмутилась. Нас срочно заменили, собрав по всему институту мальчиков.

Евпраксии Федоровне Гурьяновой в этом году исполнилось бы 100 лет. Я помню ее уже не красавицей, но вполне привлекательной женщиной. А с фотографий ее молодости глядит очень симпатичная, слегка восточного типа девушка, наверное, отчаянная сердцеедка. В ЗИНе ее звали Асей, и она была корифеем. Изучала амфипод, блестяще знала морскую фауну,



Евгений Никанорович Павловский
(1884 — 1965).



Борис Евсеевич Быховский
(1908 — 1974).



Евпраксия Федоровна Гурьянова
(1902 — 1981).

была зоогеографом и экологом, отдавая особое предпочтение приливно-отливной зоне моря — литорали. Лекции в университете, статьи и монографии, огромное число учеников — равной ей в то время не было. С Быховским они были красивой «научной парой» и существовали, если позволено так выразиться, в одной весовой научной категории. Я ее трепетно побаивалась и, должно быть, поэтому выглядела в ее представлении вечно нахохлившейся птицей. «Сквогррец», — говорила она мне со свойственным ей картавым «р», что меня очень удивляло: себе самой я скворцом не казалась...

Павел Владимирович Ушаков возглавил лабораторию морских исследований, которая вновь возникла, когда отдел гидробиологии разделился на несколько лабораторий (а это произошло уже при мне). Профессор Ушаков, Паша — так называла его Евпраксия Федоровна (он был женат на ее родной сестре), а мы — П.В. или Павлюнчик (за глаза, конечно). Он изучал кольчатых червей — полихет, но хорошо знал всю морскую фауну, и в частности мою группу — гидроидов. В наших коллекциях очень много материалов, где на этикетках значится: «Определил П.Ушаков». Его имя знали во всем научном мире, он много ездил в разные страны, но особым его пристрастием была Франция. Он свободно говорил по-французски и был несказанно горд, когда его избрали почетным доктором одного из университетов Марселя. П.В. был в числе первых русских биологов, оказавшихся в Антарктиде. Именно он способствовал принятию меня в ЗИН в качестве разборщика антарктических коллекций, а позже благословил на написание монографии «Гидроиды Антарктики и Субантарктики» по материалам этих сборов.

Борис Карлович Штегман — орнитолог, о заслугах которого говорить в столь кратком очерке нет смысла — они весьма значительны, и отведенного здесь места явно мало. Я с гордостью могу сказать, что дружила с ним и его женой Татьяной Сергеевной Савельевой. Волжский немец по происхождению, Б.К. одним из первых пострадал во времена репрессий. Человек высочайшей культуры и безграничного юмора, он рассказывал о бедах, постигших его в те времена, так емко и остроумно, что арест и ссылка казались увлекательным приключением. Например, история, как его возили на допросы в Большой дом в фургоне с надписью «Хлеб», воспринималась комической миниатюрой на уровне Зоценко... Однажды летом они взяли меня с собой отдыхать в Коктебель. Я была много моложе их, и мой зачаточный тогда интеллект был несоизмерим с познаниями Бориса Карловича. Но почему-то им интересно было со мной, а мне... и говорить не о чем. Я многому у них научилась.

О **Татьяне Сергеевне Савельевой** я тоже с радостью написала бы гораздо больше, чем позволяет лимит этой подборки. Мы познакомились, когда ее лучшие годы уже прошли, но юный задор все еще жил, о чем свидетельствовали ее красивые глаза. Живая, очень острая на слово, она привлекала своими познаниями литературы, всесторонними интересами и коллекцией ситуаций «из жизни», которые в ее изложении звучали захватывающе интересно. Племянница знаменитого зоолога А.М.Дьяконова — гидробиолога и энтомолога, она дружила с его вдовой, геологом Дьяконовой. Та часто заходила к ней в ЗИН, и это был потрясающе интересный дуэт. Работала Татьяна Сергеевна лаборан-

том в отделении иглокожих. Деловым шагом, в черном халате, постоянно сновала она между кабинетом и хранилищем отделения — то с банками, то с кюветами или с постоянным орудием тогдашнего лаборанта — чугунным утюгом. В то время крупные объекты хранились в цилиндрах, герметичность которых обеспечивалась припаиванием вгорячую стеклянного диска с помощью разогретого на электроплитке утюга. Такая процедура заслуживает специального очерка. Татьяна Сергеевна выполняла эту всеми ненавистную операцию терпеливо и с присущим ей чувством юмора. В Коктебеле и днем на пляже, и вечерами я слушала истории Б.К. и Т.С., смеялась, впитывала и, к сожалению, не запоминала...

С **Георгием Георгиевичем Винбергом** я была мало знакома, хотя мне он нравился своей, если можно так сказать, европейской манерой поведения. Держался очень красиво, был слегка «потусторонним» (видимо, слишком углубленным в свои мысли) и занимался научными проблемами, весьма от меня далекими и непонятными, особенно в те времена. Сегодня разработки школы Винберга по экспериментальной и продукционной гидробиологии известны каждому биологу. Тогда же сам факт приезда в ЗИН профессора из Минска с такой тематикой, чтобы возглавить лабораторию пресноводной гидробиологии с традиционно фаунистическим и таксономическим направлением, был огромным шагом вперед. Сейчас зиновские ученики Георгия Георгиевича — цвет гидробиологической науки. Один из них, таксономист-малаколог по своему первоначальному направлению в науке, А.Ф.Алимов, возглавляющий сейчас институт, продолжает развивать продукционное направление гидробиологии.

Георгий Устинович Линдберг, как и два других его сверстника-ихтиолога А.Н.Световидов и А.П.Андрияшев, — достойные продолжатели дела своего учителя Л.С.Берга. Я воспринимала Г.У. как великого энтузиаста науки и чрезвычайно темпераментного докладчика. Было очень интересно слушать его выступления. Доставляло удовольствие смотреть на небольшого человека, обладающего грандиозной силой убеждения. Он был не просто фаунистом и систематиком (хотя и в этом его заслуги значительны). Его «Словарь названий промысловых рыб Мирового океана» и «Атлас рыбопромысловых карт» до сих пор используются рыбной промышленностью. А первоначальная критика идей Линдберга о четвертичных колебаниях уровня Мирового океана (увы, судьба многих новаторских гипотез!), хоть и стоила ему волнений и здоровья, позже завершилась признанием его теории не только биогеографами, но и географами, геологами и геоморфологами. В преклонном возрасте (когда я его знала) Устиныч имел очень характерную внешность — маленький, почти кругленький, чрезвычайно подвижный человек с глазами сильно навыкат. Кто-то дал ему очень меткое прозвище — Периофтальмус. Не знаю, было ли это ему известно, но думаю, если и было, то он не мог обижаться. Ведь периофтальмус — это рыбка с глазками на стебельках, живущая на ризоидах мангров, очень быстрая, симпатичная и почти неуловимая (второе ее название — илестый прыгун).

Анатолий Николаевич Световидов был антиподом Линдберга. Будучи ихтиологами и учениками Л.С.Берга, они занимались разными группами рыб и тем не менее не ладили. Об этом знали все, но не все понимали, в чем дело. На-



Павел Владимирович Ушаков
(1903 — 1992).



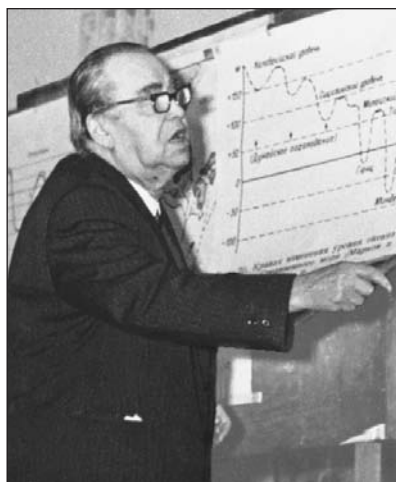
Борис Карлович Штегман
(1898 — 1975).



Татьяна Сергеевна Савельева
(1902 — 1982).



Георгий Георгиевич Винберг
(1905 — 1987).



Георгий Устинович Линдберг
(1894 — 1976).



Анатолий Николаевич Световидов
(1903 — 1985).

верное, в характерах. А.Н. был тоже небольшого роста, всегда — в белом халате, то и дело семенил по лестнице административного корпуса с вечной сигаретой — ему, члену Академии, разрешалось курить всюду! У него были любимчики и были коллеги, на которых он за одни ему известные грехи имел бо-о-ольшущий зуб... Неуживчивый и строгий к окружающим, он, вероятно, был одинок и вызывал у меня чувство сострадания — особенно в дни большого горя: он потерял единственную дочь. Я относилась с большим уважением к его научным заслугам и часто разделяла даваемые им оценки людей — потому терпеливо выслушивала, стоя на лестнице, сетования старого профессора по тому или иному поводу.

Артемий Васильевич Иванов — скромнейший, тихий, углубленный в свои научные размышления человек (собственно, таким и должен быть гений). В ЗИНе, а может быть, и в стране, равного ему в понимании самых разных вопросов зоологии, морфологии, эволюции, пожалуй, не было. Он описал новый тип животных — погонофор, что в современной зоологии случается не часто. Обсуждать с ним вопросы, касающиеся даже группы животных, в которой ты вроде бы и неплохой специалист, бывало очень страшно, а уж спорить... просто невозможно. Помню, как при подготовке одного из томов «Основ зоологии» Д.В.Наумов долго спорил с Артемием Васильевичем, как правильно называть тип животных — Coelenterata или Cnidaria. На то, чтобы убедить А.В. в правильности второго названия с привлечением веских доказательств, ушел не один месяц. О скромности академика Иванова ходили легенды. Рассказывают, что его, проработавшего в ЗИНе много десятков лет, однажды задержал

новый вахтер. Глядя на замерзшего, с поднятым воротником скромного пальтишко и в шапке-ушанке, человека, он сказал: «Вас тут раньше не было!». Артемий Васильевич не стал спорить, а позвонил в свою лабораторию и попросил встретить его у входа, чтобы подтвердить, что Иванов работает в этом учреждении...

С **Александром Александровичем Стрелковым** я работала в одной лаборатории почти 20 лет. Сначала был период настороженности — все говорили, характер сложный, хоть на первый взгляд и мягкий. Ходил в тубетейке, смотрел поверх очков и, входя в кабинет, постукивал костяшками пальцев по дверцам коллекционных шкафов. Когда входил в наш кабинет, я вскакивала и цепенела. Позже Стрелков был одним из тех, кем я восхищалась. Он знал все — от книг, которых прочел несметное множество, и зоологии, в области которой был энциклопедичен, до русского языка, безукоризненное знание которого предполагала его вторая профессия — редактор всех зиновских изданий. Я училась у него редактированию на примере замечаний к двум моим собственным книгам. Он видел все ляпы, был принципиален, строг, требователен, не признавал слова «является», безжопно вычеркивая его из рукописи и комментируя: «Является только нечистая сила...» Сначала я думала, потом перестала это слово использовать, а теперь сама, редактируя что-нибудь, вычеркиваю его, должно быть, в память о Стрелкове.

Александр Александрович Штакельберг был специалистом по Diptera, а это означает, что изучал мух. Всемирно известный энтомолог, основатель отечественной диптерологической школы рассказывал незатейливую историю о том, как собирал вдоль берега р.Луги интересую-

ющих его насекомых. Проходящая поблизости старушка видит высокого седовласого человека с... сачком, каким дети ловят бабочек, и спрашивает «Что, сынок, делаешь?» — «Мух ловлю», — отвечает. «Господи! — вскричала старушка. — Чем только люди не занимаются, чтобы деньги зарабатывать!» Происходил из старинного прибалтийского рода фон Штакельбергов, герб которых по сей день находится в кафедральном соборе Таллина. Я раньше часто ездила в этот город, главным образом в 20-х числах декабря, чтобы подышать ароматом католического рождества. Неизменно в мою программу входило посещение этого собора, чтобы отдать поклон фамильному гербу одного из обожаемых мною зиновских коллег. Александр Александрович дружил с другим институтским энтомологом — Маргаритой Ервандовной Тер-Минасян. Как сейчас вижу: высокий породистый седовласый старик медленно движется по коридору лабораторного корпуса, держа под ручку маленькую, слегка прихрамывающую женщину в синем халате. Ежедневный, почти ритуальный проход двух корифеев-энтомологов, обсуждающих насущные проблемы науки и жизни лаборатории, а может, и института. Меня успокаивала встреча с ними: идут — значит, все на своих местах, все в порядке.

Маргарита Ервандовна Тер-Минасян — сама мудрость: так сочно и разумно, иногда категорично, но всегда правильно, мне кажется, никто на ученых советах и институтских собраниях не выступал. Безукоризненно правильный литературный язык с едва уловимым армянским акцентом придавал ее выступлениям особый привлекательный оттенок. После нее на заданную тему и говорить-то было бессмысленно. Насколько я знаю, она нередко писала разного

сорта официальные бумаги по просьбе администрации — был у нее и такой дар. Профессор-колеоптеролог, широко известный в своей области специалист, она имела множество учеников и активно покровительствовала особенно талантливым: благодаря ей в ЗИНе работают сейчас яркие специалисты в области таксономии и фаунистики жуков. Был в моей жизни в те времена не очень приятный период — я расходилась со своим мужем. Узнав о моих делах, Маргарита Ервандовна так прокомментировала этот факт: «Не расстраивайся! Он не настоящий армянин — плохо разбирается в женщинах...»

Дмитрий Максимилианович Штейнберг был ярким человеком — сын композитора М.Штейнберга и внук Н.А.Римского-Корсакова. Какая могучая наследственность! Его родной брат Сергей был известным художником, а сам Дмитрий — талантливейшим энтомологом. Систематик, фаунист, экспериментатор, эколог и к тому же — энергичный организатор. Это он создал новую лабораторию экспериментальной энтомологии и был ее идеологом вплоть до фантастически нелепой смерти от незамеченной в свое время грыжи. Любая смерть несвоевременна и горька, но когда уходит молодой, красивый, полный энергии и планов человек, горше вдвойне. Кабинет, где работал Д.М., располагался напротив комнаты, где я начинала работать и сижу по сей день. Может быть, поэтому он выбрал меня в качестве секретаря Научного Собрания ЗИНа, которое сам и возглавлял... Это Собрание существует до сих пор, проводится два-три раза в год (на сегодня их общее число перевалило за 150), его можно считать маленьким памятником Штейнбергу.

Орест Александрович Скарлато за те почти 50 лет,



Артемий Васильевич Иванов (1906 — 1992).



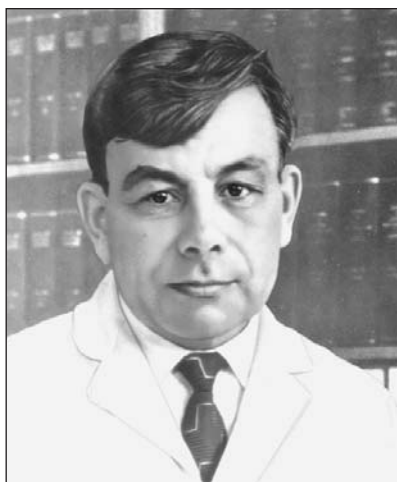
Александр Александрович Стрелков (1903 — 1977).



Александр Александрович Штакельберг (1896 — 1975).



Маргарита Ервандовна Тер-Минасян (1910 — 1995).



Дмитрий Максимилианович Штейнберг (1909 — 1962).



Орест Александрович Скарлато (1920 — 1995).

что работаю в ЗИНе, переходил из одной «весовой категории» в другую. Сначала был Ориком и изучал двусторчатых моллюсков отечественных морей; вместе мы участвовали в дальневосточных экспедициях: он нырял вместе с А.Н.Голиковым, а я была в числе отряда разборщиков, которые определяли собранный материал. Затем он стал секретарем партийной организации института, потом заместителем директора и, наконец, директором, академиком РАН. Но во всех ипостасях он был доступен, прост и абсолютно демократичен: для кого оставался Ориком, для кого — Орестом, и лишь для младших поколений — Орестом Александровичем. Наверное, демократичность — знак ЗИНа: здесь считается плохим тоном говорить о разных уровнях человеческого и научного положения. В общей сложности Скарлато руководил ЗИНОм почти 40 лет. Он был невероятно занятым человеком, но когда дело касалось института, ни временных, ни «инстанционных» преград не существовало — в государственных, академических, городских или партийных учреждениях он решительно добивался успеха. Гений научно-организационной деятельности (чему способствовала поразительная его самодисциплина) — он успевал все, хотя, безусловно, уставал. Потому перетрудил свое сердце и умер на посту — сходя по трапу приземлившегося в Дармштадте самолета. Его довели на машине до музея, куда он прибыл открывать выставку Зоологического института. Только здесь, в садике возле музея, сопровождавшие коллеги поняли, что Ореста Скарлато не стало...

Донат Владимирович Наумов — мой учитель, иначе говоря — шеф. Сначала я работала его лаборантом — временным, потом штатным хра-

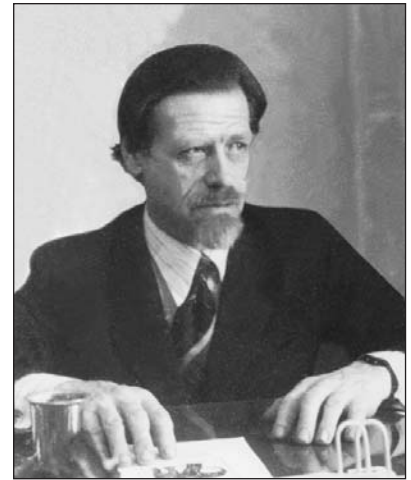
нителем коллекций. Помогала ему во всем, доливала банки с пробами, выправляла его рукописи, иногда он доверял мне рисовать иллюстрации к его книгам. Все это было прекрасной школой постижения не лаборантской профессии, а группы кнударий и спецификации таксономическо-фаунистических исследований. Шеф всему учил личным примером, потому что умел и любил все делать сам. У него были сильные жилистые руки, и я, по сей день имеющая привычку по рукам судить о характере человека, твердо знала, что попала в хорошие руки. Я увлеклась своей работой, но еще больше любила (с детства!) литературное творчество. Когда Донат Владимирович (все звали его Донатиком) сказал мне, что пора поступать в аспирантуру, я честно призналась: «Может на журналистику, в университет?» — «Ну, Соня, вот те и раз! Подумайте, конечно, но, поверьте, защитившись и став научным работником, путешествуя, наконец, вы найдете нескончаемое количество тем для литературной деятельности». То же советовал мне Быховский. Оба оказались правы. Донат был творческим человеком. В экспедициях он все время писал, рисовал (привозил из поездок массу акварелей), часто пользовался кинокамерой, делал фотографии, вырезал маски и т.д. Как жаль, что тогда еще не было ни компьютеров, ни цифровых камер — он оставил бы во много раз большее наследие. Блистательный лектор, он обладал редкой способностью делать серьезные научные доклады легкими, доступными и красивыми, популяризуя свою науку. Многих, кто расценивал это как некую легковесность, такой стиль раздражал... А я училась. Сейчас, когда шефа, увы, нет, я, готовя доклады, думаю, как бы их сделал Донатик.

С **Константином Абрамовичем Бродским** мы дружили, что называется, семьями. Его жена Наталья Семеновна (Наташа) работала в моем кабинете. Когда она ушла в декрет, а потом не стала работать, я заняла ее место штатного лаборанта. Константин Абрамович был ярким, талантливым человеком и, как всякий талантливый человек, имел совсем непростой характер. Со стороны казался высокомерным, но ведь дружил же со мной, лаборанткой, и со своими молодыми ученицами — все мы часто бывали у них с Наташей дома. Бродя занимался морским планктоном и одновременно... энтомофауной горных потоков. Море и горы — это его любовь. Он был живописцем, из морских экспедиций и поездок в Среднюю Азию привозил несчетное количество пейзажей маслом или акварелью. Устраивал дома вернисажи, а потом дарил нам свои картины. Я горжусь тем, что владею десятком его работ и не знаю, что люблю больше — пенное море, розово-красные горные закаты или букетик фрезий, обожаемых цветов.

Владимир Сергеевич Шувалов, Володя, — сверстник. Ушел он очень рано, сосуды никуда не годились: блокадный ребенок. Был живым, веселым, динамичным, социально активным и справедливым — тем редким типом человека, который нравится всем. Его искренне любили все. Володя был планктонологом, участвовал во многих морских экспедициях до тех пор, пока болезнь не приковала его к дому. Но даже получив инвалидность, не позволяющую работать, ходил в институт, писал книгу и оптимистично верил в лучшее. Любил говорить: «Мужчина должен быть свиреп и груб!» — что в устах его, светлого и доброго человека, звучало невероятно забавно...

Юрий Иванович Галкин — скромнейший, тишайший, пунктуальнейший и... ироничнейший. Пожалуй, это самые точные эпитеты, которые, именно в такой последовательности, по моему разумению, принадлежат Юрию Ивановичу. В бытность директором Мурманского морского биологического института ему случалось, должно быть, вытаскивать на поверхность глубоко погруженные в себя некие другие качества. Тем более что директором-то он был в реакционные времена. Но необходимость пользоваться этими свойствами не испортила его, а, напротив, способствовала оттачиванию его иронии. Он частенько заходил в наш кабинет и, заикаясь, тихо бросал реплику по поводу происходящего — точнее не скажешь... По необходимости давал мне работать со своими записями, в которых мелко и аккуратно излагал исторические события и оценки развития науки на Севере. Читая, я всякий раз жалела, что мало времени, а прочесть-то надо бы все.

Николай Николаевич Воронцов и **Олег Григорьевич Кусакин** — самые близкие по духу и самые надежные. Кока и Олежек... Коля учился в аспирантуре ЗИНа и работать в нем мечтал всю жизнь. Он трепетно любил зиновские запахи, шкафы, коллекции и книги, кабинет, где сживал в молодости, друга П.П.Стрелкова (Петрушу, а ведь такие разные!), Г.И.Баранову — «самую опытную и знающую лаборантку», учителя Б.П.Виноградова и самого уважаемого коллегу И.М.Громова. Очень многое связывало Воронцова с институтом. Приезжая в наш город по совсем другим, можно сказать государственным, делам, несмотря на краткие визиты и страшную занятость, он приходил в ЗИН, часто привозил коллекции грызунов и насекомых, собранные спе-



Донат Владимирович Наумов
(1921 — 1984).



Константин Абрамович Бродский
(1907 — 1992).



Владимир Сергеевич Шувалов
(1930 — 1980).



Юрий Иванович Галкин
(1923 — 2001).



Николай Николаевич Воронцов
(1934 — 2000).



Олег Григорьевич Кусакин
(1930 — 2001).

циально для института во время коротких выездов в экзотические места. Регулярно навещал меня дома, и мы обсуждали, сколько хватало времени, новости науки, ее проблемы и житейские дела — про его дочек Машу и Дашу, внука Егора и живущих в Таллине внучек — «совсем уже эстонских». Однажды в моей квартире раздался телефонный звонок и колин голос: «Софочка, а кто это у тебя в стенку стучит?» Действительно, стук в стенку... «Коленька, ты где?!» — «В Москве». И опять стук в стенку... «Ты где?» — «В Москве». Доведя меня до полубморочного состояния, он признался, что приехал в Питер на один день — встречаться с питерскими интеллектуалами. Встречу эту организовала журналист Наталья Сидорова, которая по стечению обстоятельств живет в моем доме, стенки наших квартир — смежные... Коля болел тяжело и долго. Я регулярно говорила с ним по телефону, но ни разу за время его недуга не ездила в Москву, не поехала и на похороны. Он остался в моей памяти Коленькой, крупным, молодежавым, с богатейшей черной шевелюрой и вечной сигаретой в мундштуке.

Олег Григорьевич Кусакин был университетским аспирантом и учеником Е.Ф.Гурьяновой. Все аспирантское время просидел в зиновских лекциях изопод. Работать уехал во Владивосток, в Институт биологии моря ДО РАН. Но ежегодно бывал в ЗИНе по несколько месяцев — работал с коллекциями и литературой. В Питере живет семья его сына Глебушки и любимые внуки, с которыми он с женой Аллочкой счастливо соединялись летом в деревенском доме на Новгородчине. Бывали годы, когда Олег болел, но все равно приезжал в ЗИН и в деревню на лето. А вот год назад, летом, приехал помолодев-

ший, посветлевший, говорил, что чувствует себя много лучше. Я засыпала его комплиментами — такой красивый, мол, одно слово — жених... А ушел совершенно внезапно, дней за десять, простудившись в деревне, чем разбудил дремавшую в нем опаснейшую инфекцию... Олежек любил не только изопод, литораль, зоологию вообще, но и литературу. Замечал ошибки даже в многократно проверенных и отредактированных текстах, злорадно комментируя. Был период, когда наша дружная компания, несколько семей, с удовольствием проводила время на даче моего дядюшки М.Г.Равича. Олег работал и там: привозил с собой огромные таблицы, ставил в них крестики и прочерки, а на вопросы далеких от зоологии и биогеографии друзей объяснял, что закрывает, мол, нотальную зону... В знании поэзии равного ему не было. Даже актеры, составляющие часть нашей компании, слушали Олежека, раскрывши рты, особенно когда он читал К.Бальмонта, — в то время символисты моим ровесникам были мало знакомы:

Мне нравится все, что Земля мне
дала,
Все сложные ткани и блага и зла,
Всего я касался, всему я молюсь,
Ручьем я смеялся, но с Морем
сольюсь.

* * *

Многие прекрасные личности, умные, образованные и благородные, прошли передо мной — их образы, их жизнь и работа запечатлены в моей памяти и служат эталонным преданности делу и честности во взаимоотношениях с этим сложным миром. Для младших поколений многие имена кажутся далекой историей, а я воспринимаю их всего лишь как день вчерашний... ■



Магниторезонансное разупрочнение кристаллов

Ю.И.Головин, Р.Б.Моргунов

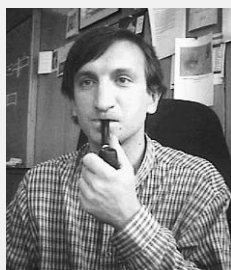
Проблемы прочности и пластичности твердых тел занимают человечество на протяжении тысячелетий. За прошедшее время на смену интуитивным представлениям об этих свойствах пришли глубокие физические знания, раскрывающие их природу на атомарном или даже электронном уровне рассмотрения. Эволюцию знаний в этой области можно представить в виде схемы (см. таблицу), построенной по принципу углубления в микромир и понимания микроскопических явлений, формирующих физико-механические свойства.

Вездесущие дислокации

В прошлом веке одним из наиболее значимых и важных шагов развития физики пластичности стало обнаружение дислокаций — линейных дефектов, которые можно моделировать путем удаления одной кристаллографической полуплоскости и «склеивания» разрезанной части кристалла (рис.1). Наибольшие искажения, создаваемые таким дефектом в кристаллической решетке, имеются в узкой (~1 нм) области вблизи края со-



Юрий Иванович Головин, доктор физико-математических наук, профессор, директор Института физики, информатики и математики при Тамбовском государственном университете им.Г.Р.Державина. Заслуженный деятель науки России. Область научных интересов — электромагнитные явления и процессы самоорганизации в физике пластической деформации.



Роман Борисович Моргунов, доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник Института физики твердого тела РАН (Черноголовка). Исследует электронные свойства дефектов и спин-зависимые процессы в твердых телах.

хранившейся атомной полуплоскости (экстраплоскости). Эта область из-за искажения электронных оболочек атомов и высоких механических напряжений существенно отличается от бездефектной части кристалла по физическим и химическим свойствам и называется ядром дислокации. Перемещение дислокации от одной поверхности

до другой вызывает необратимое изменение относительного расположения верхней и нижней половинок кристалла (их сдвиг на расстояние, близкое к параметру решетки). Поскольку в кристалле дислокаций обычно бывает очень много (~ 10^6 – 10^{11} дислокационных петель в 1 см^3), их перемещение приводит к макроскопическим

© Ю.И.Головин, Р.Б.Моргунов

Таблица

Ретроспектива знаний о природе пластической деформации

Макроскопический уровень изучения пластичности – XIX век

Сравнение твердости минералов методом «кто кого» (шкала Мооса), склерометрические испытания, создание испытательных машин для растяжения и сжатия, получение и качественный анализ кривых деформирования.



Развитие мезоскопического подхода к исследованию пластичности – первая половина XX века

Исследование скачкообразного деформирования, обнаружение «волн» пластичности, развитие представлений о самоорганизации пластического течения



Атомарные представления о пластической деформации – вторая половина XX века

Экспериментальные подтверждения существования дислокаций – элементарных носителей пластической деформации в кристаллах. Применение термоактивационного анализа к исследованию пластичности. Развитие атомарных представлений о механизмах движения дислокаций.



Электронные и спиновые процессы в пластичности – последняя четверть XX века

Радиационное упрочнение и фотопластический эффект, рекомбинация электронов на оборванных связях в дислокационном ядре, магнитопластические эффекты в металлах, полупроводниках, диэлектриках и полимерах.

(видимым невооруженным глазом) деформациям. Следовательно, изменяя подвижность этих дефектов, можно управлять пластической деформацией кристаллов.

Многие важные особенности пластической деформации удастся анализировать на атомарном уровне, т.е. без привлечения представлений о роли электронных оболочек атомов. Од-

нако физика пластичности продолжает свое проникновение в микромир – сейчас уже исследуется роль внутренних степеней свободы электронов и атомных ядер в формировании пластических свойств [1]. Дислокация, изображенная на рис.1, не более чем идеализация, а реальное атомарное строение ядра дислокации значительно сложнее. Достоверно установлено, что край экстроплоскости «изрезан» ступеньками и перегибами. Такие особенности лишают дислокацию однородности и создают на ней локальные участки, в которых энергетически выгодно образование парамагнитных центров – локализованных электронов (или дырок) с неспаренным спином. Это может происходить как за счет захвата парамагнитных примесных атомов на дислокацию, так и в результате искажения зонной структуры в ядре дислокации. Широко известны случаи, когда дислокации оказывались ферромагнитными областями в парамагнитном кристалле, проводящими объектами в кристалле с высоким электри-

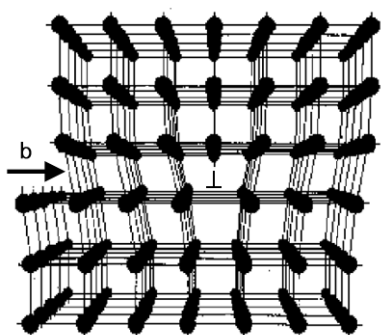


Рис. 1. Кристаллическая решетка, содержащая краевую дислокацию (⊥ – ядро дислокации, **b** – вектор Бюргерса, характеризующий искажение решетки в окрестности ядра).

ческим сопротивлением, химически активными образованиями в твердых телах, не вступающих в реакции, и т.п. Таким образом, в подавляющем большинстве случаев магнитные и другие свойства ядер дислокаций отличаются от свойств бездефектных областей решетки.

Спин и пластичность: ошибка в прогнозах

Одна из фундаментальных характеристик микрочастиц (в том числе и тех неспаренных электронов, которые присутствуют в ядре дислокации) – собственный вращательный момент, или спин. Проявляет себя он главным образом через взаимодействие с магнитным полем. Отсчет систематическим исследованиям спиновых степеней свободы дефектов в физике пластичности, по-видимому, нужно начинать с открытия магнитопластических эффектов в ферромагнетиках. Коллективное поведение больших совокупностей упорядоченных спинов в ферромагнетиках, как известно, приводит к сильному взаимодействию этих твердых тел с внешним магнитным полем. Так, в магнитном поле в результате переориентации спинов происходит движение доменных стенок, упругое взаимодействие которых с дислокациями порождает разнообразные эффекты в пластичности – упрочнение или разупрочнение кристаллов. Физическая природа подобного влияния на пластичность магнитоупорядоченных твердых тел более или менее понятна.

Ферромагнетики, хотя и составляют заметную часть окружающих нас твердых тел, все же остаются в меньшинстве. Подавляющее большинство материалов (ионные кристаллы, в том числе обычная соль, сахар, дерево, вода и т.п.) диамагнитны, т.е. в отсутствие дефектов в них нет и неспаренных спинов. Единственный их отклик на приложе-

ние внешнего магнитного поля — прецессия электронов заполненных оболочек атомов вокруг направления поля. Это приводит к очень небольшому (порядка $10^{-3}\%$) уменьшению результирующего поля в образце. Правда, в реальных твердых телах всегда есть примеси, каждый атом которых обладает неспаренным магнитным моментом. Даже малого количества таких примесных атомов бывает достаточно, чтобы превратить диамагнетик в парамагнетик. Парамагнетики — это класс веществ, в которых неспаренные спины хотя и присутствуют (например, их несколько в одной элементарной ячейке медного купороса безо всяких дефектов), но разупорядочены по направлениям при комнатной температуре из-за термических флуктуаций. В итоге намагниченность во внешнем поле (а следовательно, величины сил, действующих со стороны магнитного поля на дефекты) на много порядков меньше, чем у ферромагнетиков.

Возможно ли влияние магнитного поля на пластичность диа- и парамагнетиков? В принципе, пользуясь соображениями *равновесной термодинамики*, можно оценить, какое поле для этого требуется. Для значительной переориентации спинов в решетке парамагнетика или в примесных парамагнитных дефектах диамагнетика нужно, чтобы энергия их взаимодействия с магнитным полем превышала среднюю энергию термических флуктуаций. Другими словами, в условиях, когда спины частиц не связаны между собой обменным взаимодействием, необходимо, чтобы энергия зеемановского расщепления (разница в энергиях частицы при противоположных направлениях ее спина) превышала или хотя бы была сопоставима с kT (k — постоянная Больцмана, T — температура). Оценка дает, что при комнатной температуре эти условия требуют гигантских полей с индукцией $B \sim 100\text{—}1000$ Тл, а в лабораторных полях

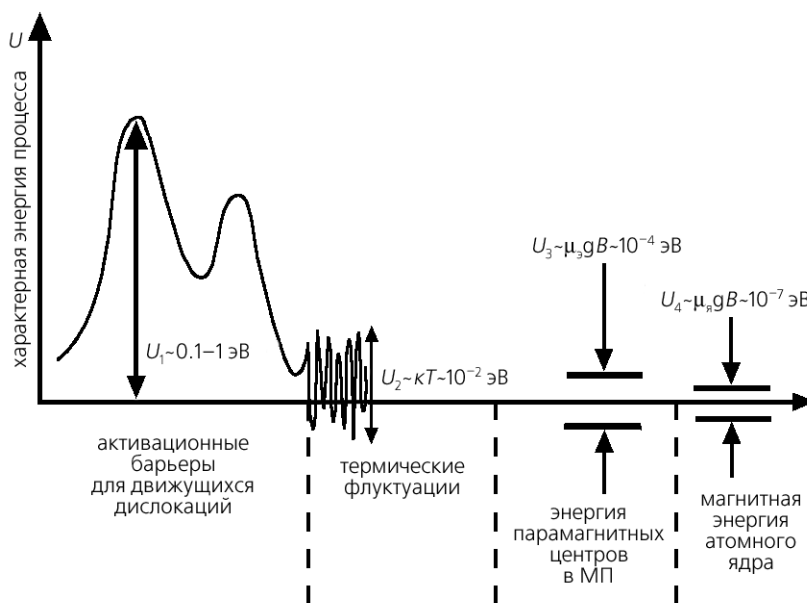


Рис.2. Типичные энергии: потенциальных барьеров при движении дислокаций (U_1), термических флуктуаций при комнатной температуре (U_2) и взаимодействия спинов электронов (U_3) и ядер (U_4) с магнитным полем индукции ~ 1 Тл.

1—10 Тл — понижения температуры до $\sim 1\text{—}10$ К. Сопоставив упомянутые энергии с типичными энергетическими барьерами, которые приходится преодолевать дислокациям при движении, обнаружим еще более катастрофическую нехватку энергии для магнитного инициирования пластичности при температурах, близких к комнатной (рис.2). Поэтому настоящее удивление и даже недоверие специалистов вызвал магнито-пластический эффект, обнаруженный первоначально в ионных кристаллах при комнатной температуре в постоянном поле с $B = 0.3$ Тл [2]. На рис.3, позаимствованном нами из работы [3], представлена фотография поверхности кристалла NaCl с ямочками, выявленными химическим травлением. Эти ямки соответствуют выходу дислокаций на поверхность кристалла (подобная точка на рис. 1,а отмечена значком \perp). Разумеется, каждая такая ямка огромна по сравнению с диаметром ядра дислокации, а возникает она

вследствие аномально высокой растворимости материала вблизи ядра. Небольшой первоначальный зародыш растворения стимулирует искривление поверхности и дальнейший рост ямки. Это делает возможным обнаружение таких микроскопических объектов, как дислокации, с помощью обычного оптического микроскопа.

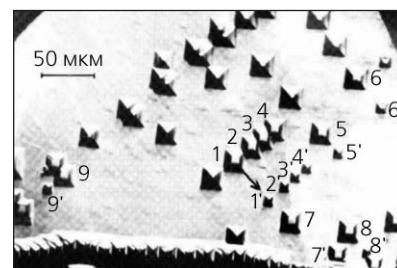


Рис.3. Смещение дислокаций из исходных позиций (плоскодонные ямки) в конечные (острые пирамидки) в результате трехминутной экспозиции кристаллов в магнитном поле с индукцией 0.5 Тл при комнатной температуре.

Смещение дислокаций в магнитном поле, показанное на рисунке стрелкой, эквивалентно дополнительной механической нагрузке кристалла $\sim 0.1\text{--}0.3$ МПа. Такие механические напряжения не могли возникнуть в ионном кристалле под действием магнитного поля. Кооперативных спиновых эффектов в ионных (диамагнитных!) кристаллах быть тоже не могло. Это было проверено спектральным анализом, который продемонстрировал отсутствие примесей, способных агрегироваться в ферромагнитные комплексы. Упомянутые критерии равновесной термодинамики, будучи примененными для оценки влияния поля на состояние отдельных дефектов (примесных атомов, оборванных связей на дислокациях и пр.), показывают, что доля парамагнитных центров, изменивших свое состояние в таком поле *в равновесных условиях*, не превышает 10^{-3} . Следовало бы ожидать, что такого же порядка величины будут и изменения макроскопических свойств кристаллов, в том числе и характеристик пластичности. Это находится в явном противоречии с данными рис.3, на котором пробеги дислокаций в несколько раз превышают аналогичные значения в контрольных образцах.

Между тем подобные, парадоксальные на первый взгляд, эффекты были обнаружены практически во всех типах ионных кристаллов группы A_1V_{VII} , в полупроводниковых соединениях $A_{II}B_{VI}$ и $A_{III}B_V$, в Si, Se, полимерах, металлах и полуметаллах (см. обзор [4]). Набор экспериментальных данных, полученных более чем десятью независимыми коллективами в России и за рубежом, заставил исследователей отбросить скепсис и серьезно заняться выяснением причин, по которым равновесная термодинамика не дает адекватных предсказаний, и физической природой аномально высокой чувствительности пластических свойств диамагнетиков к слабому магнитному полю.

Как объяснить невероятное?

Первый прорыв в понимании упомянутых явлений удалось сделать в 1991 г. профессору В.И.Альшицу и М.И.Молоцкому. Предложенный ими подход был перенесен из спиновой химии, в которой исследуют влияние магнитного поля на протекание химических реакций с участием исходно диамагнитных веществ, см., например, обзор [5]. Главная идея заключалась в *отказе от использования равновесной термодинамики* при подсчете энергии термических флуктуаций. Суть в том, что использованная нами оценка этой энергии величиной kT справедлива в среднем для кристалла, который исследуется в течение интервала времени, более длительного по сравнению с временами жизни парамагнитных частиц и их возбужденных промежуточных состояний. Если развитие пластической деформации протекает через столь короткие спин-зависимые стадии, что длительность их оказывается меньше среднего времени спиновой релаксации, то термические флуктуации «не успевают» смешивать различные спиновые состояния дефектов. При этом, как и в спиновой химии [5], исходные реагенты и конечные продукты могут быть диамагнитны (в макроскопическом смысле), а их магниточувствительные парамагнитные состояния возникают лишь на короткое время (т.е. являются промежуточными). В этой ситуации, например, в паре взаимодействующих дефектов, обладающих спинами, наличие магнитного поля имеет решающее значение для взаимной ориентации спинов и, как следствие, для вероятности образования химической (ковалентной) связи между дефектами. Действительно, из-за строгих ограничений, накладываемых законом сохранения спинов в элементарном акте взаимодействия частиц, в любой хи-

мической реакции при отсутствии магнитного поля могут образовываться только те продукты, суммарный спин которых равен сумме спинов исходных частиц. Поле может менять ориентацию спинов и тем самым открывать или закрывать тот или иной канал для химической реакции, не сообщая спинам больших энергий (сопоставимых, например, с потенциальными барьерами реакции). Обозначая, оно играет роль стрелочника, который небольшими усилиями способен изменить траекторию движения многотонного поезда. Какое отношение все это может иметь к пластической деформации?

Темп пластической деформации кристаллов под действием механической нагрузки во многих случаях определяется подвижностью дислокаций, смещение которых на один параметр решетки служит своего рода квантом пластической деформации. Движение дислокации (а следовательно, и развитие пластической деформации) может сдерживаться либо потенциальным рельефом, который образуется благодаря межатомному взаимодействию периодически расположенных атомов (рельефом Пайерлса), либо встречающимися на пути дислокации точечными дефектами, создающими упругое искажение кристаллической решетки и тормозящими ее скольжение. В обоих случаях преодоление препятствий дислокацией может сопровождаться образованием и разрывом ковалентных связей и, следовательно, изменением спинового состояния дефектов. Например, в монокристаллах Si и Ge смещение дислокаций в соседнюю долину Пайерлса может произойти только в том случае, если будут разорваны уже имеющиеся ковалентные связи в ядре дислокации и установятся новые. Процесс разрыва и установления ковалентной связи — реакция спин-зависимая. Обычно в системе двух парамагнитных час-

тиц устойчивая ковалентная связь образуется при антипараллельной ориентации их спинов — за счет обменного взаимодействия, в данном случае обеспечивающего притяжение. При параллельной ориентации этому препятствует то же обменное взаимодействие, но приводящее уже к отталкиванию. Следовательно, научившись управлять ориентацией спинов в магнитном поле, можно таким способом воздействовать и на пластичность. Отметим, что спин-зависимые явления способны влиять на пластичность и в тех кристаллах, в которых межатомная связь в бездефектных областях не ковалентная и практически не зависит от спинов. Так, в ионных кристаллах NaCl, LiF, KCl и др. рельеф Пайерлса очень «мелкий» и смещение дислокаций сдерживается их взаимодействием с точечными дефектами.

Какова природа этого взаимодействия? Долгое время считалось, что оно возникает в результате упругих искажений решетки вблизи дефектов. Однако можно представить, что в окрестности ядра дислокации, там, где электронные оболочки атомов сильно искажены, существуют неспаренные спины, локализованные на перегибах или ступеньках. Образование ковалентной связи между этими участками дислокаций и парамагнитными точечными дефектами, например примесными атомами, — дополнительный к упругому взаимодействию фактор торможения дислокаций. Можно сказать, что пластическая деформация сопровождается многократными актами образования и разрыва ковалентной связи между дислокациями и точечными стопорами, т.е. своего рода многократно повторяющимися химическими реакциями между дефектами в микрореакторах. Это приводит к удивительному выводу о том, что, регистрируя изменение размеров деформируемого образца во времени, мы получаем возмож-

ность следить за кинетикой внутрикристаллической химической реакции между дефектами. (По-видимому, до сих пор еще никто не пробовал измерять скорость химической реакции линейкой!)

За доказательством — к опыту

Опишем эксперименты, подтверждающие эту точку зрения для ионных кристаллов. Поскольку речь пойдет об электронном парамагнитном резонансе (ЭПР), сначала кратко напомним основные сведения о классическом эксперименте по обнаружению и исследованию ЭПР (подробнее см. [6]). Будем обсуждать поведение парамагнитной частицы (например, дефекта) со спином $1/2$ в скрещенных постоянном и сверхвы-

сокочастотном (СВЧ) магнитных полях. Как известно, проекция спина такой частицы на направление вектора индукции постоянного поля \mathbf{B}_0 может принимать всего два дискретных значения: $+1/2$ и $-1/2$. Частицы, характеризующиеся этими проекциями спина, имеют и разную энергию в соответствии с тем, что направление магнитного момента (которое для электрона противоположно направлению спина) вдоль \mathbf{B}_0 энергетически выгоднее. По представлениям классической физики, СВЧ-поле с индукцией \mathbf{B}_1 «стремится опрокинуть» траекторию, по которой прецессирует спин в постоянном поле (рис.4). Наиболее эффективное «опрокидывание» возникает только при взаимно перпендикулярной ориентации векторов \mathbf{B}_0 и \mathbf{B}_1 и совпадении энергии кванта СВЧ-поля $h\nu$ (h — постоянная Планка, ν — ча-

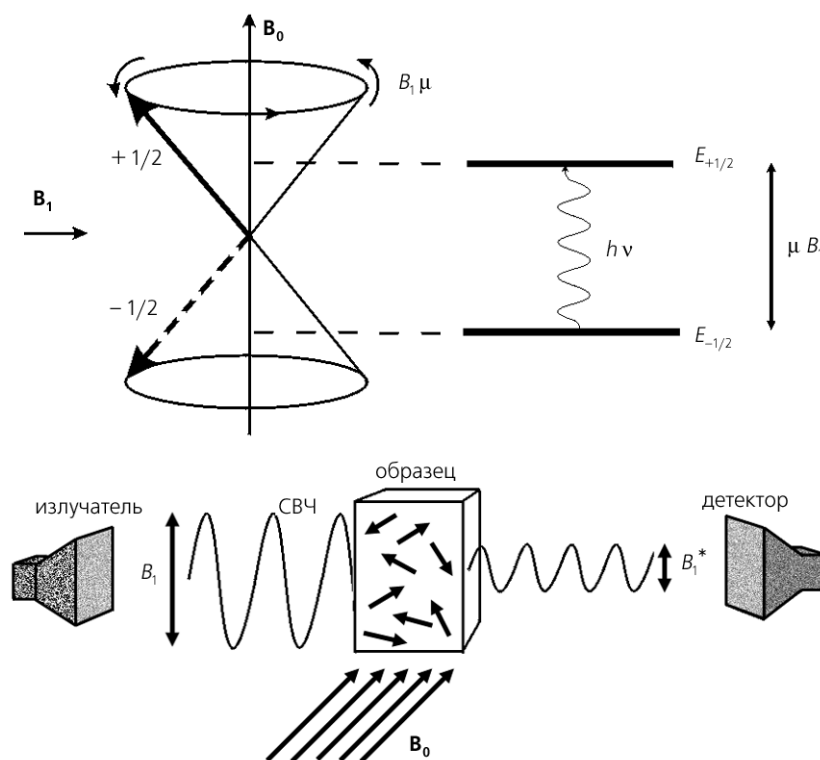


Рис. 4. Электронный парамагнитный резонанс. а — возможные ориентации спина частицы, прецессирующей в постоянном магнитном поле, и соответствующие им уровни энергии в постоянном поле. Волнистой линией показан переход между уровнями, инициируемый СВЧ-полем; б — схема типичного эксперимента по обнаружению ЭПР в парамагнитном образце.

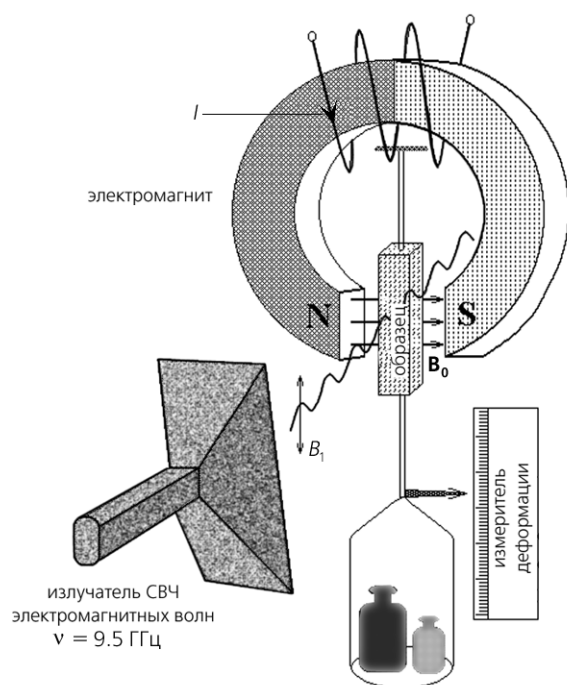


Рис.5. Методика регистрации ЭПР в структурных дефектах на основе изменения пластических свойств кристаллов.

стога СВЧ-поля) с разностью энергий μB_0 (μ — магнитный момент частицы) между уровнями, соответствующими проекциям спина $+1/2$ и $-1/2$ на направление B_0 . Это явление и называют электронным парамагнитным резонансом, а равенство $\mu B_0 = h\nu$ — условием такого резонанса. В термодинамически равновесной системе (с большей заселенностью нижнего уровня) энергия СВЧ-поля будет поглощаться только при определенном значении B_0 , зависящем от величины μ (или в результате расщепления уровней под действием внутрискристаллических полей — при нескольких дискретных значениях). Чтобы зафиксировать факт возбуждения ЭПР, со времен открытия эффекта Е.К.Завойским в 1944 г. регистрируют поглощение СВЧ-квантов парамагнитными частицами при их переходе между состояниями с различной проекцией спина. Об этом поглощении судят либо по уменьшению амплитуды электромагнитной волны,

проходящей через образец, либо по изменению отраженного сигнала (рис.4). В такой постановке опыта ЭПР используется как средство пассивного контроля за микроскопическим состоянием образца и процессами, происходящими в электронной подсистеме, т.е. предполагается, что сами изучаемые процессы протекают так же, как если бы парамагнитный резонанс не возбуждался.

Создавая условия для возникновения резонанса, а именно помещая образец в постоянное и СВЧ магнитные поля, удовлетворяющие указанным выше критериям, мы изменяем взаимную ориентацию спинов частиц, от которой в силу запрета Паули зависит возможность их взаимодействия. Следовательно, возбуждение ЭПР в системе таких частиц в принципе способно оказывать способом влияния процесс в целом. В наших экспериментах при деформировании кристаллов NaCl в постоян-

ном и СВЧ магнитных полях регистрировались скорость изменения их размеров (рис.5) и другие параметры пластической деформации. Например, смещение индивидуальных дислокаций за фиксированное время или микротвердость H (рис.6). Для измерения микротвердости под действием строго определенной нагрузки в кристалл вдавливается алмазная пирамидка правильной формы (индентор), затем определяется сторона отпечатка a . Значение микротвердости находят по формуле $H = k_i P/a^2$, где k_i — постоянный коэффициент, зависящий от формы индентора. В наших опытах H измеряли до помещения кристалла в скрещенные магнитные поля и после этой процедуры. Разница ΔH служила индикатором влияния внешних полей на магниточувствительные реакции между дефектами и пластичность кристаллов.

Было обнаружено [7, 8], что при нескольких дискретных значениях B_0 пластичность ионных кристаллов с парамагнитными дефектами резко возрастает, а сопротивление деформированию (микротвердость) падает (рис.6). Зависимости с экстремумами наблюдались и при исследовании других характеристик пластичности. Найденные значения B_0 соответствовали условию ЭПР для частиц с магнитным моментом, приблизительно равным или кратным магнетону Бора, т.е. магнитному моменту электрона. Так с помощью довольно грубых приспособлений (деформирующей машины, алмазного индентора и т.п.) был измерен магнитный момент микродефектов, которые участвуют в магнитопластическом эффекте. Вид полученного спектра, детектируемого по изменению пластичности, зависел от типа примеси в кристалле и даже совпадал со спектром ионов Eu^{2+} , полученным в обычном ЭПР-спектрометре при очень сильном легирова-

нии кристаллов, когда чувствительности прибора хватало для обнаружения поглощения электромагнитной волны (рис.6). Важно, что максимумы разрупрочнения, подобные приведенным на рисунке, наблюдались только в том случае, когда векторы индукции постоянного и СВЧ полей были взаимно перпендикулярны. При параллельной их ориентации разрупрочнение кристаллов отсутствовало для всех используемых значений индукции. Это служило критерием возникновения именно парамагнитного резонанса, а не циклотронного или других.

Наш эксперимент позволил решить сразу несколько проблем физики пластичности: 1) доказать существенную роль спиновых состояний дефектов в формировании пластических свойств «немагнитных» кристаллов и показать, что это взаимодействие влияет на пластичность даже в отсутствие внешних магнитных полей; 2) установить, что магнитопластический эффект в диамагнитных кристаллах вызывается влиянием поля на спин-зависимые химические реакции между дефектами; 3) зарегистрировать и исследовать очень короткоживущие (~10 нс) парамагнитные дефекты, о роли которых в пластическом течении ранее ничего не было известно. Появилась возможность анализировать процесс пластической деформации в пределах меньших временных интервалов, чем обычно.

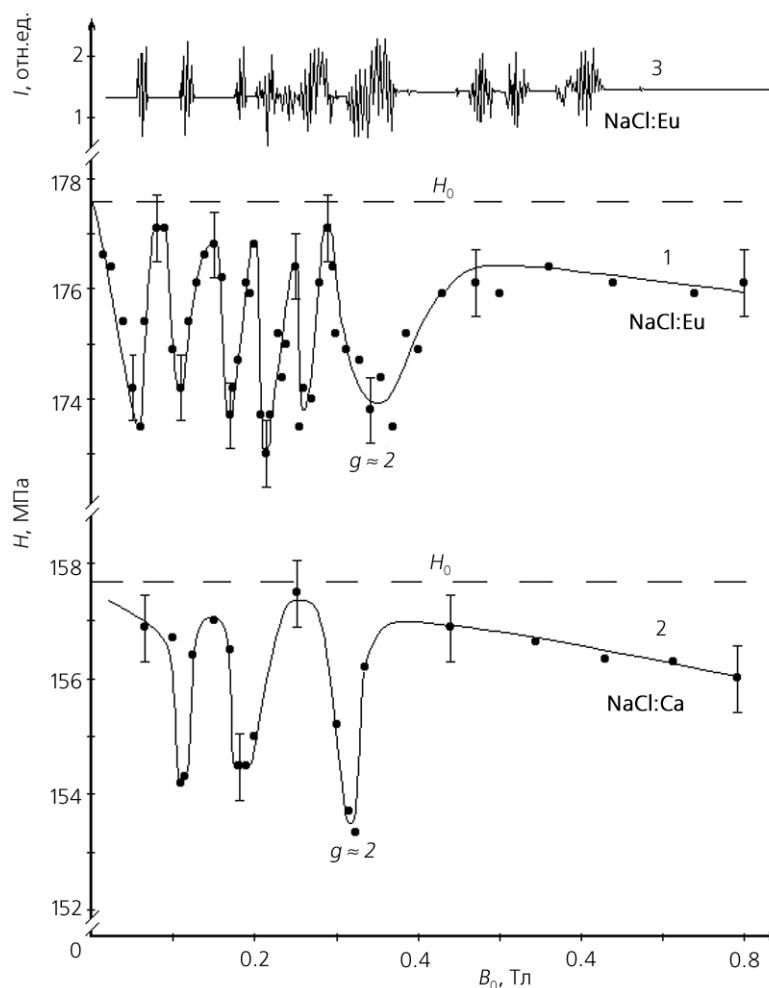


Рис.6. Результаты исследования пластичности кристаллов в условиях ЭПР. Приведена зависимость микротвердости H при комнатной температуре от индукции постоянного магнитного поля B_0 в кристаллах хлорида натрия, легированных европием (1) и кальцием (2). Микротвердость измерена после 15-минутной экспозиции кристаллов в скрещенных постоянном и СВЧ магнитных полях ($\nu = 9.5$ ГГц) (пунктиром показаны соответствующие значения микротвердости H_0 в кристаллах, не подвергавшихся действию магнитных полей). Вверху показана зависимость интенсивности сигнала стандартного ЭПР спектрометра I от B_0 , полученная на закаленных кристаллах NaCl:Eu (3).

Польза или вред?

Кратко коснемся возможных практических аспектов обнаруженного эффекта магниторезонансного изменения механических свойств. В первую очередь необходимо отметить, что применение полученных (на примере ионных кристаллов) знаний в области пластичности металлов позволит развить новые методы обработки последних.

Уже сегодня электрические и магнитные поля используются в металлургии и при дальнейшей обработке металлов давлением. Однако известно, что в условиях резонанса можно добиться более резких изменений прочностных свойств. Кроме того, изготовление ряда полимеров осуществляется их продавливанием через фильеры,

и энергозатраты привязаны к пластическим свойствам веществ. Учитывая гигантские объемы полимерного производства в мире, можно смело сказать, что изменение пластических характеристик полимеров всего на несколько процентов позволит получить огромную экономию энергии. Это побуждает развивать исследования по

расширению круга материалов, пластичностью которых можно было бы управлять в условиях магнитного резонанса.

Еще один плюс: магнитное поле, будучи способным инициировать релаксацию внутренних механических напряжений в кристаллах, может быть использовано в ситуациях, когда необходимы нетермические методы управления такими процессами, которые стартуют вблизи неоднородностей, дефектов и т.п. Например, в азидатах тяжелых металлов (солях азотистоводородной кислоты), используемых в качестве инициирующего взрывчатого вещества, цепная реакция начинается именно вблизи дислокаций. Уже получены первые экспериментальные результаты, свидетельствующие о том, что экспозиция этих кристаллов в постоянном магнитном поле приводит к релаксации и стабилизации неравновесной дислокационной структуры и способна сильно затруднить возникновение взрыва. Еще одним примером служат лекарственные вещества, биологическое действие которых также сильно зависит от количества дислокаций в них, а процессы растворения начинаются именно вблизи выхода дислокационных ядер на поверхность кристалла. Совсем недавно новосибирские ученые обнаружили, что под действием магнитного поля происходит перемещение дислокаций в монокристаллах парацетамола. Поскольку большинство лекарственных препаратов легкоплавкие и «не терпят» термической обработки, магнитное поле способно дать эффективный способ воздействия на их лекарственные свойства. Большое значение имеет наличие дефектов в кристаллах Si и других полупроводниковых кристаллах, используемых в электронной промышленности. Одна из главных проблем здесь — неуправляемое самопроизвольное «старение» кристаллов, приводящее к изменению электрофизичес-

ких свойств микросхем и обусловленное релаксацией дефектной структуры. Обнаружение магнитоэластического эффекта в полупроводниках позволяет надеяться, что и в этой области магнитное поле может быть применено для стабилизации свежеприготовленных полупроводниковых структур, как известно, не допускающих нагрева и других «грубых» вмешательств.

Неожиданно выяснилось, что полученные результаты весьма важны для решения актуальной мировой проблемы, связанной с обеднением озонового слоя. В качестве дозиметров ультрафиолетового излучения сегодня широкое применение находят кристаллы NaCl:Eu. Возбуждение люминесценции в них происходит как раз в той области солнечного излучения, которая наиболее чувствительна к толщине озонового слоя. Совсем недавно в ИФТТ РАН (г.Черноголовка) было обнаружено, что магнитное поле, изменяя степень агрегирования примеси европия, влияет не только на пластичность кристаллов, но и на их люминесценцию.

Однако «портрет» магнитоэластического эффекта будет неполным, если изображать его только в позитивном свете — к сожалению, все имеет свою обратную сторону. Зададимся вопросом, какова вероятность случайного возбуждения ЭПР, например, в горных породах или несущих конструкциях различных сооружений (небоскребов, мостов и т.д.)? Для постоянного магнитного поля Земли с индукцией $\sim 10^{-5}$ Тл резонансной является электромагнитная волна с частотой ~ 1 МГц, что соответствует радиодиапазону средних волн, в море которых купается наша цивилизация. Флуктуации самого поля Земли также содержат резонансные частоты в своем спектре. Очевидно, при наличии постоянных или квазистационарных магнитных полей индустриального происхождения с иными индукциями резонансными мо-

гут оказаться и волны других диапазонов. Так, по данным ученых-гигиенистов из МГУ магнитное поле, возникающее на платформе при отправлении электропоезда метро, достигает 10^{-4} Тл, а в самом вагоне оно во много раз больше. Еще большие значения полей создаются вблизи работающего пылесоса, сварочного трансформатора, электродвигателя и т.д. Эти значения постоянного или низкочастотного полей вполне могут оказаться резонансными для радиоволн ВЧ- и СВЧ-диапазонов, в частности излучаемых сотовыми телефонами и микроволновыми печами. Таким образом, в принципе возможен ЭПР, ведущий к разнообразным биологическим эффектам, тектоническим сдвигам пород или деформированию и разрушению строительных конструкций (часто возведенных, кстати, на силикатной основе, образцы которой обнаруживают сильную чувствительность к магнитному полю). Это должно настораживать, и не исключено, что многие факторы, расцениваемые сегодня в гео- и биофизике как случайные, в скором времени смогут получить свое объяснение на основе экспериментов, подобных нашим.

* * *

Подводя итоги, подчеркнем главные общие черты вышеописанных ситуаций, в которых использовалась идея детектирования ЭПР по изменению пластичности. Во-первых, магнитные взаимодействия не влияют силовым образом на сами процессы — они не изменяют траектории движения частиц, потенциальных поверхностей взаимодействия и т.д. Роль магнитных полей заключается в том, что они, подобно стрелочнику, переключают пути релаксации термодинамически неравновесной системы. В результате передачи ничтожной (по сравнению с барьерами реакций) энергии в неравновесной системе могут

происходить значительные изменения кинетики реакции, ее типа, а также количества конечных продуктов. Во-вторых, поглощение СВЧ-мощности в парамагнитных частицах становится возможным только при определенном значении частоты СВЧ-поля (для данного значения постоянного магнитного поля). Поэтому можно считать, что мы имеем дело с селективным (частотно-настроенным) химическим приемом радиоволн дефектами. Другими словами, некоторые дефекты представляют собой своего рода микроскопические приемники, настройка которых на определенную «радиостанцию» приводит к драматическим последствиям для их дальнейшего поведения и пластичности кристаллов. Регулируя эту «настройку»

постоянным магнитным полем, можно по отдельности изучать вклад разных дефектов в механические свойства материалов. В-третьих, частотный спектр измеряемого «механического» отклика на резонанс эквивалентен спектру поглощения парамагнитных дефектов, т.е. их спектру ЭПР. Это поможет преодолеть различные трудности, обусловленные сравнительно низкой чувствительностью стандартных ЭПР-спектрометров, при исследовании объектов с невысокой концентрацией парамагнитных центров.

Описанные в статье эксперименты представляют собой лишь первые, но вполне уверенные шаги в новую область естествознания, находящуюся на стыке спиновой химии и физики пластичности. Полученные

результаты показывают, что для дальнейшего ее развития необходимо целенаправленно обеспечивать специфические условия спин-зависимого взаимодействия дефектов в твердых телах. Желаемые ситуации, по-видимому, могут реализоваться в кристаллах с большим количеством неспаренных спинов и при более высоких значениях индукций постоянного и СВЧ магнитных полей. Трудно переоценить практические выгоды, которые даст в перспективе понимание элементарных актов пластичности на уровне спиновых взаимодействий. ■

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проект 01-02-16094 и 01-02-06307.

Литература

1. Осипьян Ю.А., Бредихин С.И., Кведер В.В. и др. Электронные свойства дислокаций в полупроводниках / Под ред. Ю.А.Осипьяна. М., 2000.
2. Альшиц В.И., Даринская Е.В., Перекалина Т.М., Урусовская А.А. // ФТТ. 1987. Т.29. №2. С.467—470.
3. Alsbits V.I., Darinskaja E.V., Kazakova O.L. et al. // J. of Alloys and Compounds. 1994. V.211/212. P.548—553.
4. Головин Ю.И., Моргунов Р.Б. // Материаловедение. 2000. №3. С.2—9; №4. С.2—7; №5. С.2—5; №6. С.2—9.
5. Зельдович Я.Б., Бучаченко А.Л., Франкевич Е.Л. // Успехи физ. наук. 1988. Т.155. №1. С.3—45.
6. Блюменфельд Л.А., Тихонов А.Н. // Сорос. образоват. журн. 1997. №9. С.86—95.
7. Головин Ю.И., Моргунов Р.Б. // ЖЭТФ. 1999. Т.115. №2. С.605—621.
8. Головин Ю.И., Моргунов Р.Б., Иванов В.Е., Дмитриевский А.А. // ЖЭТФ. 2000. Т.116. №2. С.1080—1093.

В развивающихся странах из-за употребления загрязненной воды погибает много детей, основная причина их смерти — диарея. М.Вежлен (M.Wegelin; Научно-технический институт окружающей среды, Швейцария) предложил использовать для очищения воды... пластиковые бутылки. Процедура проста: воду разливают по бутылкам, одна сторона которых окрашена в черный цвет. Бутылки кладут окрашенной стороной на землю и пять часов выдерживают на солнце. От сильного нагрева и ультра-

фиолетовых лучей погибает множество патогенных микроорганизмов, включая холерный вибрион. Этим методом получения небольших объемов чистой воды с успехом воспользовались в Боливии, Буркина Фасо, Китае, Колумбии, Индонезии, Таиланде и Того. Science et Vie. 2001. №1009. P.40 (Франция).

Президент США А.Линкольн славился своим терпеливым характером, однако иногда у него наблюдались приступы раздра-

жительности и вспыльчивости. Американские исследователи объясняют это тем, что в определенные периоды Линкольн, желая избавиться от посещавшей его меланхолии, принимал небольшие синие пилюли. Анализ показал, что содержание в них ртути превышало допустимую дозу в 40 раз. Отравление и приводило к неврологическим расстройствам и, как следствие, — к резким сменам настроения.

Sciences et Avenir. 2001. №654. P.28 (Франция).

Космос

Бронза из бронзового века

Л.К.Яхонтова,

доктор геолого-минералогических наук

И.А.Брызгалов,

кандидат геолого-минералогических наук

Московский государственный университет им.М.В.Ломоносова

Е.И.Гак

Государственный исторический музей

Москва

Освоение человеком металлов началось с меди. Спустя несколько тысячелетий на смену ей пришла бронза — сплав меди с другими металлами. Именно с этого времени медный век уступает место бронзовому. Находки первых бронзовых изделий относятся к 5-му тысячелетию до н.э. и свидетельствуют о переходе древних металлургов к более сложным по составу рудам, содержащим медь не только в виде самородков, но прежде всего в составе различных соединений — сульфидов, карбонатов, сульфатов, арсенатов.

Наиболее древний — медный сплав с небольшим количеством мышьяка (1—5%). В то время, по видимому, добывали маломышьяковые окисленные медные руды, залегающие близ поверхности. По сравнению с чистой медью такая мышьяковая бронза обладает более привлекательными свойствами, позволяющими расширить и разнообразить производственно-хозяйственную деятельность. Будучи ковкой, она в 1.2—1.5 раза тверже меди, более устойчива к коррозии, у нее повышена текучесть в жидком состоянии и высокая степень заполнения литейных форм, наконец (в зависимости от количества примесного мышьяка) — пониженная темпера-

тура плавления (700—800°C). В позднем бронзовом веке (2-е тысячелетие до н.э.) медно-мышьяковые сплавы были вытеснены менее токсичными медно-оловянными, которые и считаются собственно бронзами.

Основной зоной распространения изделий из мышьяковой бронзы стала территория Циркумпонтийской металлургической провинции, включавшей регионы Ближнего Востока, Месопотамии, Западного Ирана, Турции, Эгеи, Кавказа и степной полосы Восточной Европы [1, 2]. Мастерство древних литейщиков и кузнецов проявилось в изготовлении из мышьяковой бронзы оружия (втульчатых топоров, кинжалов), изделий бытового назначения (ножей, шильев, тесел, долот и др.), культовых предметов (крюков-вилков) и украшений (подвесок, бусин и др.). Производство мышьяковой бронзы в 5—3-м тысячелетиях до н.э. было освоено и мастерами, проживавшими на территории нынешних Южного Урала и Северо-Восточного Казахстана [3].

Технологические исследования показали, что производство мышьяковых бронз проводилось с помощью разнообразных средств и приемов, в том числе варьированием температурных режимов плавки. Применялись литейная техника с использованием достаточно сложных

форм,ковка и для повышения прочности изделий — наклеп. Древние металлурги научились подбирать сырье, учитывая технологию производства. Умело сочеталась совместная плавка руд различного минерального состава с регулировкой разогрева рудной массы. При этом уменьшалась интенсивность возгона мышьяка, обладающего высокой токсичностью [4].

Позднее, когда олово стало заменять в медных сплавах мышьяк и существенно обезопасило производство, мышьяковая бронза вплоть до настоящего времени все же продолжала использоваться в технике. В частности, до второй мировой войны она шла на изготовление болтов и гаек для паровозных паровых котлов. Затем с исчезновением паровозов исчезла из производства и мышьяковая бронза, исследование которой, к сожалению, остановилось на довоенном методическом уровне — полуколичественных спектроскопических и количественных химических анализах, определении оптических свойств в отраженном свете, начальной рентгенографии, фазовом анализе системы Cu—As.

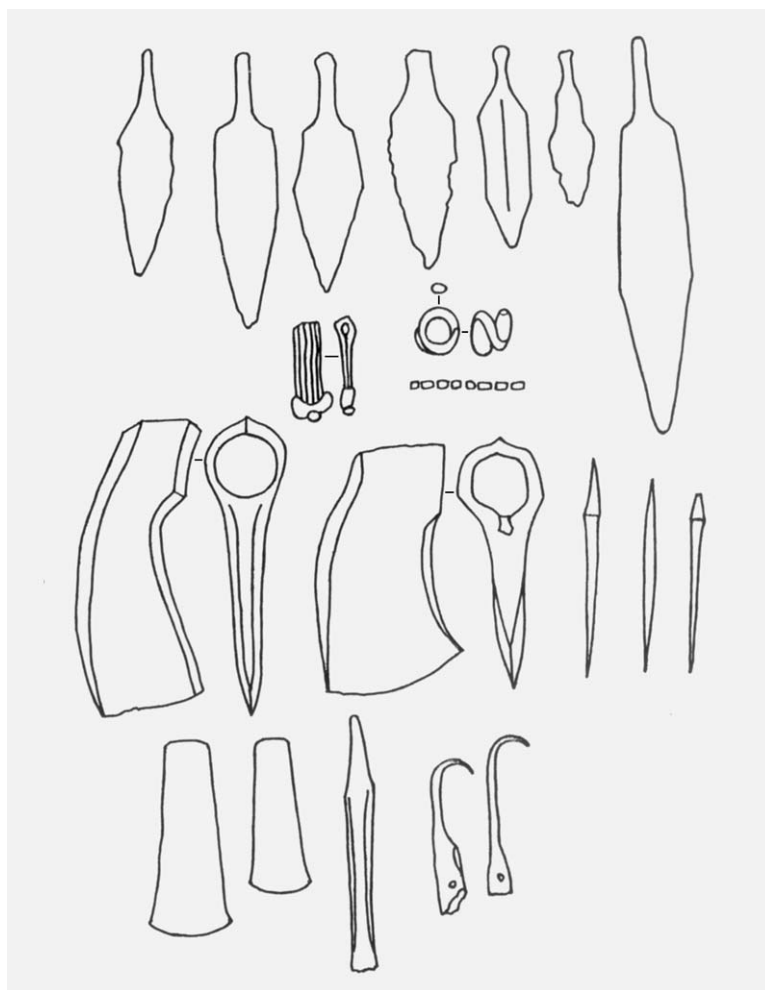
В последнее время появились экспериментальные работы, посвященные изучению зависимости некоторых физических свойств мышьяковой брон-

зы (твердости, пластичности, ковкости) от содержания в ней мышьяка [5]. Однако структура и фазовый состав мышьяковой бронзы, которые собственно и определяют ее физические свойства и несомненно зависят от особенностей производства (характера литья,ковки и др.), до сих пор остаются весьма слабо изученными.

Мы исследовали бронзовые ножи и бусины, обнаруженные в катакомбных погребениях степных курганов Верхней Украины (р.Северский Донец) и Южной Калмыкии (район Чограйского водохранилища), датируемых 3-м тысячелетием до н.э. Захоронения оставлены древними скотоводческими племенами, обитавшими здесь в среднем бронзовом веке.

Бусина диаметром около 0.6 см, состоящая из обычного сплава мышьяковой бронзы, отлита в форме. Под микроскопом в отраженном свете обнаружилось, что сплав состоит из трех главных фаз: серовато-белой, с высокой отражательной способностью, анизотропной, близкой к γ -фазе [6] и природному гексагональному β -домейкиту — арсенату меди, устойчивому при температуре выше 225°C; коричневато-красной, изотропной, более твердой и с меньшей отражательной способностью, отвечающей твердому раствору мышьяка в меди и располагающейся на фазовой диаграмме в непосредственной близости от границы предельной растворимости As в Cu (6.83—5.51% As); светло-коричневато-серой, изотропной, с умеренной отражательной способностью. Последняя фаза представляет собой оксид меди, который по содержанию меди (84.2%) находится как бы между купритом (88.9% Cu) и теноритом (79.9% Cu), но по оптическим свойствам ближе к куприту. Первые две фазы наиболее характерны для бронзы.

Исследование бусины было продолжено с помощью метода рентгеноспектрального микроанализа, уточнившего химичес-



Орудия, украшения и предметы культа из мышьяковой бронзы, найденные в погребениях 3—2-го тысячелетий до н.э.

кий состав отдельных фаз (табл. 1), и сканирующего электронного микроскопа, позволившего определить текстуру сплава. Мы наблюдали причудливые картины распада твердого раствора Cu—As (пятнистые, полосчатые, дендритовидные), отвечающие его кристаллизации при понижении температуры.

Известно, что добавка As к медной шихте существенно снижает температуру плавления. Так, медь-аурипигментные (Cu—As₂S₃) смеси плавятся уже при 300°C. Древние же металлурги, получая бронзы с 5—8% As, работали с минеральными смесями, плавящимися при температуре около 700°C.

Кристаллизация мышьяковой бронзы протекает способом дендритной ликвации, т.е. вначале возникают субпараллельные крупные образования дендритовой текстуры и оперяющие их ветви из бронзы с меньшим содержанием мышьяка (фаза 2, табл.1), которые позднее цементируются арсенидным (β -домейкитовым) материалом (фаза 1, табл.1).

Возможно, что вдоль направляющих дендритовых ветвей, в зоны контактов этих двух фаз проникают захваченные из атмосферы ориентированные воздушные пузырьки. В них позднее могут сформироваться наложенные на дендритовую

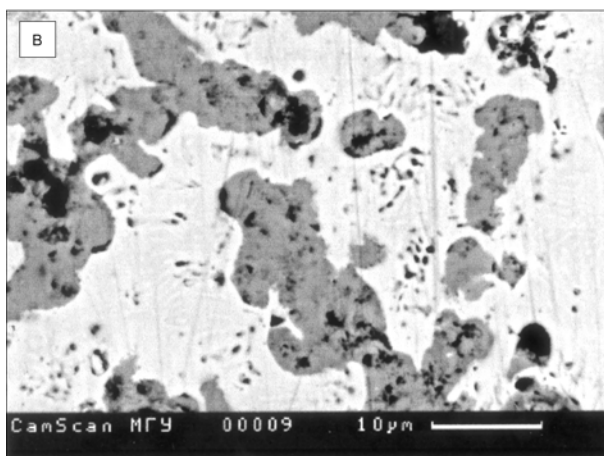
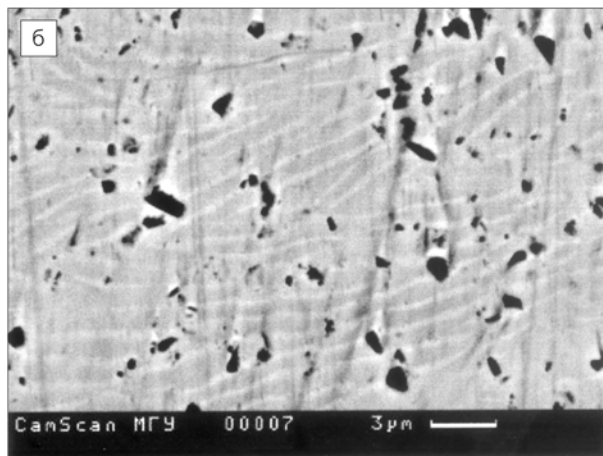
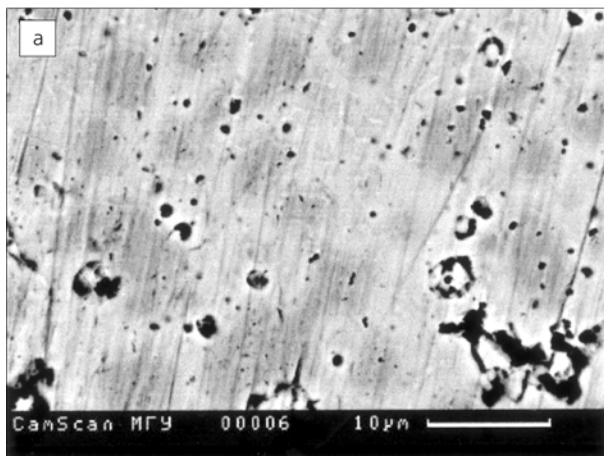
Таблица 1

Химический состав древней бронзы (мас.%)

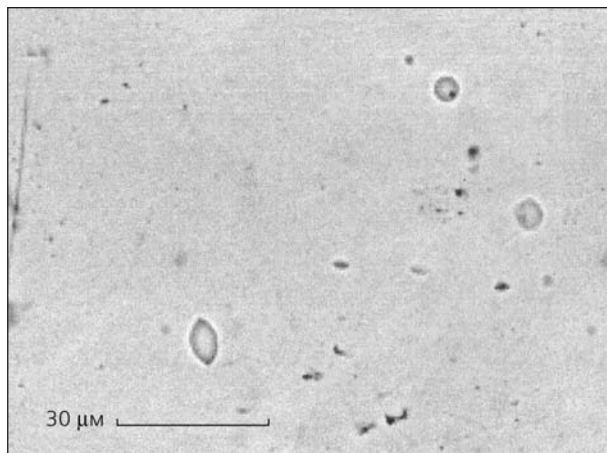
Изделие	Бусина			Ножи			
	фаза 1 (6)	фаза 2 (4)	фаза 3 (1)	1 (2)	2 (2)	3 (2)	4 (3)
Cu	72.3	89.8	84.2	97.6	98.1	97.9	98.5
As	26.2	7.3	не обнаружен	2.2	1.3	1.9	1.6
Au	0.07	не обнаружен	не обнаружен	0.12	0.03	не обнаружен	0.34
Zn	не определялся	не определялся	не определялся	0.07	0.1	0.04	0.07
Ag	0.04	0.07	0.04	0.03	0.03	0.06	0.05
Pb	не определялся	не определялся	не определялся	0.03	не обнаружен	0.09	0.04
Ni	0.03	не обнаружен	0.06	0.03	0.06	0.03	0.03
Mn	не обнаружен	не обнаружен	не обнаружен	0.02	0.01	не обнаружен	0.02
Sb	0.01	0.01	не обнаружен	0.03	0.01	не обнаружен	0.01
Fe	0.01	0.01	не обнаружен	0.01	0.03	не обнаружен	0.01
Sn	не определялся	не определялся	не определялся	0.02	не обнаружен	0.03	не обнаружен
Сумма	98.7	97.2	84.3**	100.2	99.7	100.1	100.7

* В таблицах приведены анализы, выполненные на микрозондовом анализаторе CAMEBAX SX-50 при ускоряющем напряжении 20 кВ, токе зонда 30 нА. Эталоны: As — GaAs и InAs; Ag, Au — сплав Au 900°/∞, Pb — PbS, остальные — чистые металлы. В скобках показано количество определений.

** Кислород не определялся. Аналитики И.А.Брызгалов и Н.Н.Коротаева.



Структуры распада твердого раствора Cu — As в бусине: а — пятнистая, б — полосчатая, в — дендритовидная. Светло-серое — фаза 1, серое — фаза 2, темно-серое — фаза 3. Изображение в обратноотраженных электронах. Сканирующий электронный микроскоп со спектрометром LINK. Аналитик Н.Н.Коротаева.



Микровключения медно-арсенатного состава в ковanej мышьяковой бронзе ножа (условия съемки, как на предыдущем рисунке).



Полисинтетически-сдвойникованная линзовидно-полосчатая текстура ковanej мышьяковой бронзы ножей. Полированный шлиф, протравленный в растворе хромпика в серной кислоте и аммиачном растворе медной соли. Увел. 200.

текстуру оксиды меди, которые иногда наблюдаются в составе сплава. В дальнейшем такие пузырьки инкрустируются гипергенными минералами меди — карбонатами и сульфатами.

Бронзовые ножи с широким клинком и обоюдоострыми сходящимися лезвиями свидетельствуют о более сложной технологии производства. Для изготовления такого ножа, универсального в условиях кочевого быта, надо было расплавить руду, залить в литейную форму, проковать заготовки при температуре 500—600°C и уже в холодном состоянии клепать и затачивать.

Мы исследовали сплав четырех ножей, найденных в степных курганах близ г.Луганска (Украина) и пос.Зунда-Толга (Калмыкия). Спектральным анализом в бронзе установлено 1—3% мышьяка. Под микроскопом в отраженном свете наблюдались характерные для кованных изделий линзовидно-полосчатые текстуры, образованные агрегатами полисинтетически-сдвойникованных (двойниками давления) полиэдрических кристаллов.

Химический состав сплава всех ножей, по результатам электронно-зондового анализа, оказался типичным для древней мы-

шьяковой бронзы (табл.1). Содержание мышьяка колебалось от 1.3 до 2.2%, а количество прочих элементов-примесей (Au, Zn, Ag, Pb, Sb, Fe) в большинстве случаев близко к минимальному пределу обнаружения данным методом (~0.03%). Под сканирующим электронным микроскопом в матрице сплава наблюдались округлые или слегка удлиненные микровключения размером от 2 до 10 мкм. Электронно-зондовый анализ подтвердил близость химического состава микровключений к природным арсенатам меди (табл.2). Некоторое превышение суммы анализов над 100%, вероятно, связано с захватом микронзондом медной матрицы, что может приводить и к искажению отношения As/Cu.

Такие арсенатные включения скорее всего образовались за счет кислородсодержащих пузырьков, захваченных во время плавки иковки бронзы.

* * *

В заключение необходимо остановиться на сырьевых источниках древнего производства мышьяковой бронзы. Выплавление ее несомненно происходило из окисленных, переотложен-

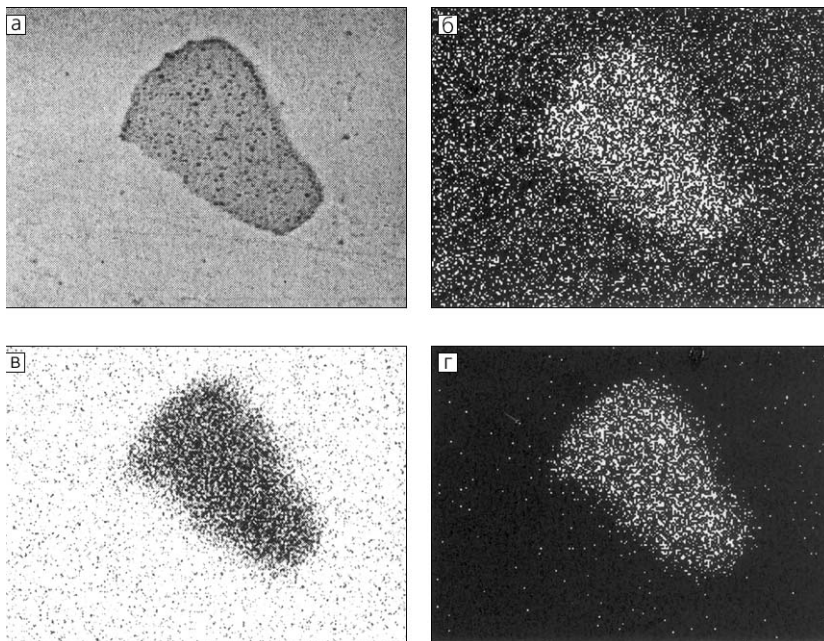
ных медных руд, в которых медь главным образом входила в состав кислородных солей, характеризующихся умеренными температурами плавления (сульфатов, карбонатов, фосфатов), галлоидных соединений, оксидов меди (куприта и тенорита) и в меньшей мере — сульфидов (халькопирита, борнита, блеклых руд и др.). В последнем случае необходим был бы дополнительный отжиг руды для удаления серы и, кроме того, в составе бронзы встречались бы ощутимые примеси Fe и прочих металлов (Co, Ni, Zn, Pb, Ag). Небольшое количество мышьяка попадало из самой окисленной руды, а также вводилось в медную шихту в виде реальгара (AsS) и аурипигмента (As₂S₃), примесь которых снижает температуру плавки. Так А.Ф.Бушмакин и А.Д.Таиров описывают находки порошков аурипигмента в древних могильниках Южного Урала [3].

Сами месторождения меди в древности скорее всего представляли собой неглубоко залегающие зоны (участки) медной минерализации, связанные с процессами окисления или выветривания и переотложения меди в форме гидроокислов, сульфатов, карбонатов, фосфа-

Таблица 2
Химический состав микровключений в древней бронзе (мас.%)

Оксиды*	Ножи			
	1	2	3	4
As ₂ O ₃	67.4	52.8	60.7	61.4
CuO	31.1	46.0	40.3	40.8
SO ₂	0.7	1.2	0.6	1.6
Сумма	99.2	101.0	101.6	103.8

* Эталоны: As — GaAs; Cu — CuO; S — FeS. Аналитик И.А.Брызгалов.



Включение арсената меди в мышьяковой бронзе ножа. Изображение в обратноотраженных электронах (а) и в характеристическом рентгеновском излучении: $OK\alpha$ (б); $CuK\alpha$ (в) и $AsK\alpha$ (г). Размер включения 5×10 мкм². Сканирующий электронный микроскоп со спектрометром LINK ISIS. Аналитик А.В.Мохов.

тов и даже силикатов (хризолла, смектиты). Такие зоны непосредственно прилегали к крупным, открытым гораздо позднее, медным (чаще сульфидным) месторождениям [7].

В Урало-Казахстанском регионе древняя медная минерализация, возможно, была связана с медно-колчеданными месторождениями (Гайское, Сибай, Учалы), скарновыми оруденени-

ями (Турьинские, Гумешевское, Тагильские), медно-порфировыми рудами (Коунрад, Коксай, Бошекуль, Прибалхашье) и, наконец, с медистыми песчаниками, широко известными в Пермской и Оренбургской областях. Именно здесь, в недрах Северо-Западного Казахстана, Прибалхашья и близ городов Троицка, Магнитогорска, Кокчетавы и Кустана, располагаются крупные могильники со следами производства древней мышьяковой бронзы (Мирный, Николаевка, Графские развалины). Еще в начале 50-х годов прошлого века Ф.В.Чухров писал о многочисленных находках древнейших отвалов, закопшек и шурфов со следами медных минералов на территории степного Северо-Западного Казахстана, близ Акмолинска, Караганды, Джезказгана и в районе месторождений Коунрад, Саяк, Алтын-Тюбе, Успенское, Экибастуз и др. [8].

Регион Причерноморья и Средиземноморья также мог снабжаться медной рудой, связанной с окисленными выходами большой группы медных колчеданных залежей (Узун-Худеская группа Северного Кавказа, Кызы-Дере в Азербайджане и Кафан в Армении) и медно-порфировых молодых (кайнозойских) месторождений (Каджаран и Агарак в Армении; Карабахская рудная зона; Маднеули в Грузии). Подтверждением тому служат многочисленные открытия мест древней добычи медных руд и их плавления. Отсюда изделия из мышьяковой бронзы распространялись и в районы Приазовья, Украины и Южной Калмыкии. ■

Литература

1. Черных Е.Н. // Сов. археология. 1978. №4. С.53—82.
2. Черных Е.Н. Каргалы: вхождение в мир металлической цивилизации // Природа. 1998. №8. С.49—66.
3. Бушмакин А.Ф., Таиров А.Д. Минеральные порошки из курганов Ю.Урала и С.Казахстана // Урал. минерал. сб. 1999. №9. С.174—185.
4. Пазухин В.А. // Изв. АН СССР. Сер. металлургия и горн. дело. 1964. №1. С.151—165.
5. Равич И.Г., Рындина Н.В. // Вестн. МГУ. Сер.8. История. 1999. №4. С.77—98.
6. Диаграммы состояния двойных металлических систем. Т.1. М., 1996. С.265—267.
7. Бурштейн Е.Ф. У истоков рудного Казахстана // Природа. 1999. № 6. С.27—39.
8. Чухров Ф.В. Зона окисления сульфидных месторождений степной части Казахстана. М., 1950.



Поляриметрия сумеречного неба

О.С.Угольников

Слово «сумерки» знакомо всем с раннего детства. Это время с захода Солнца (когда небо начинает темнеть), плавно переходящее в ночь, а также утро, перед восходом дневного светила. Данное явление одно из самых красивых и масштабных — за каких-нибудь два часа яркость неба меняется в миллионы раз! Мы можем насладиться игрой удивительных красок, которые не видны на голубом дневном небе. Легкие белые облачка становятся ярко-красными, а затем резко темнеют, синеватый цвет неба контрастирует с белой, желтой, красной зарей...

Многообразием красок сумерки обязаны атмосфере нашей планеты, рассеивающей свет заходящего Солнца, благодаря чему ночь на Земле наступает плавно. В сумерки атмосфера показывает всю свою сложность. Именно в это время можно исследовать вертикальное строение нашей газовой оболочки. Ясным солнечным днем основной вклад в свечение неба вносят только самые нижние слои атмосферы, в сумерки же — разные слои, находящиеся тем выше, чем глубже за горизонт заходит Солнце.

Об эффективности зондирования атмосферы в период су-



Олег Станиславович Угольников, кандидат физико-математических наук, научный сотрудник Института космических исследований и Астрокосмического центра Физического института РАН. Область научных интересов — оптика атмосферы, космические гамма-всплески. Автор научно-популярной книги «Небо начала века» (М., 2000), составитель ежегодного справочника «Астрономический календарь».

мерек говорил еще в 1923 г. выдающийся русский ученый В.Г.Фесенков [1]. Глубокий обзор наблюдательных и теоретических данных о сумерках содержится в монографии Г.В.Розенберга [2]. В этих и многих других работах указывается главная проблема сумеречного зондирования атмосферы — многократное рассеяние. Лучи заходящего Солнца, прежде чем попасть к наблюдателю, испытывают несколько актов рассеяния. А для выяснения оптических свойств определенного слоя атмосферы нужны сведения прежде всего о яркости од-

нократно рассеянной компоненты сумеречного свечения. Многократное же рассеяние представляет собой своеобразный «шум», который нужно вычистить из полной яркости сумеречного неба.

Роль многократного рассеяния в формировании свечения дневного неба сравнительно невелика. Однако в сумерки она существенно возрастает, а ее учет составляет весьма сложную задачу. В книге Розенберга приведено описание предлагавшихся в то время теоретических и экспериментальных методов учета такого рассеяния. Для ре-

шения подобной задачи авторам приходилось вводить самые различные предположения, что подчас приводило к совершенно противоположным суждениям — от возможности полностью пренебречь многократным рассеянием во время сумерек до выводов о его доминировании.

Проблема не была окончательно решена и в последующее время. В 90-х годах прошлого века группа наблюдателей из Астрономической обсерватории Одесского университета [3] экстраполировала зависимость яркости многократно рассеянного света от величины погружения Солнца за горизонт в период темных сумерек (когда многократное рассеяние доминирует) на период светлых сумерек. Однако точность данного метода сильно ограничена, особенно в самой светлой фазе этого отрезка времени.

Открытым оставался вопрос о цветовых и поляриметрических свойствах многократного рассеяния, их влиянии на цвет и поляризацию всего фона сумеречного неба в его различных точках.

Цель нашей работы — изучение роли многократного рассеяния света в различные перио-

ды сумерек, прежде всего в их светлой фазе, для различных точек небесной сферы и значений длины волны. В основу исследований легли поляриметрические наблюдения сумеречного неба, проведенные в 1997 и 2000 гг. Разработанный нами подход в какой-то мере можно считать развитием метода Фесенкова [4]. Мы попытались интерпретировать и наблюдавшиеся ранее цветовые и поляризационные эффекты в период сумерек [5, 6].

Свойства однократного и многократного рассеяния

Рассмотрим главные свойства однократно и многократно рассеянного света в период сумерек, важные для их разделения по данным поляриметрических наблюдений. В ясную погоду основной вклад в рассеяние света в атмосфере Земли вносит молекулярное (релеевское) рассеяние. Его свойства хорошо известны. Так, рассеивающая способность чистого воздуха обратно пропорциональна длине волны в четвертой степени, что

придает ясному небу голубой цвет. Кроме того, свечение ясного неба поляризовано, и в точках, расположенных в 90° от Солнца, степень поляризации максимальна, а направление поляризации перпендикулярно направлению на Солнце. При рассеянии света под прямым углом для двухатомных молекул воздуха степень поляризации составляет 94% [2]. Однако наблюдаемые значения коэффициента поляризации не достигают этой величины из-за вклада в яркость неба многократного рассеяния и рассеяния на частицах атмосферного аэрозоля. Свойства последнего сильно изменчивы. Зависимость рассеивающей способности от длины волны для аэрозоля не такая сильная (вспомним, что появление дымки делает небо белесым), нежели для молекулярного рассеяния, а поляризация слабее.

Когда дневное светило оказывается на горизонте, точка максимальной поляризации однократно рассеянного света, расположенная в 90° от него, оказывается в зените. По мере того как Солнце опускается все ниже, эта точка смещается в область зари вслед за ним, и, если пренебречь явлением атмосферной рефракции (рассеяние происходит на высотах более 10 км, где рефракция несущественна), ее зенитное расстояние (z) равно величине погружения (h) Солнца под горизонт (рис.1).

Для многократно рассеянной компоненты источником света служит не Солнце, а все сумеречное небо, и в первую очередь заревой сегмент. Это и определяет ее поляризационные свойства. Точка максимальной поляризации также находится вблизи зенита, однако она не смещается вслед заходящему Солнцу, а степень поляризации многократного рассеяния значительно меньше.

Различные поляризационные свойства однократно и многократно рассеянных ком-

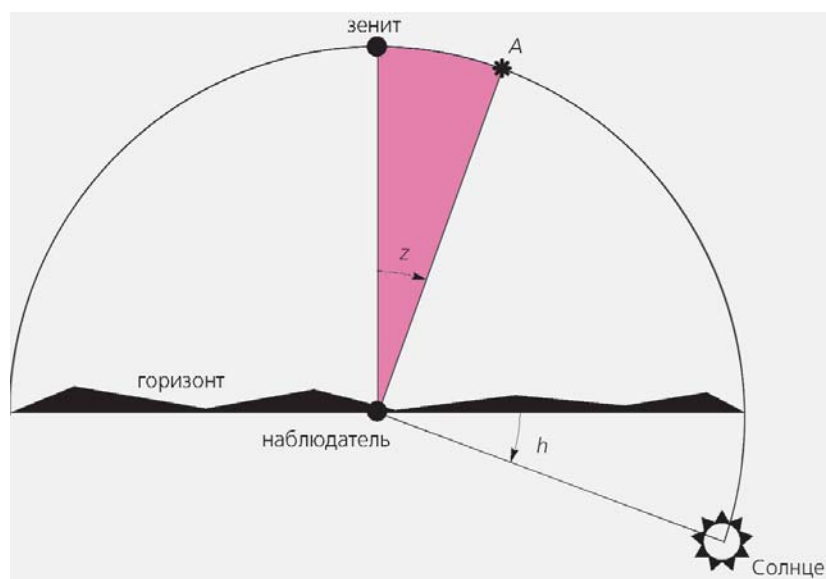


Рис. 1. Положение Солнца и точки максимальной поляризации однократно рассеянного света (А) в солнечном вертикале.

понент свечения в период светлых сумерек (вблизи восхода и захода Солнца) позволяют произвести их разделение при измерении поляризации сумеречного неба в солнечном вертикале (большом круге небесной сферы, проходящем через Солнце и зенит), и прежде всего вблизи зенита.

Наблюдения и результаты

Поляриметрические наблюдения сумеречного неба в 1997 г. проводились в Астрономической обсерватории Одесского университета на границе видимой и ультрафиолетовой части спектра (длина волны 3560 Å), не попадающей в область селективного поглощения атмосферных газов, в том числе озона. Измерения велись автосканирующим сумеречным фотометром [7] в солнечном вертикале на зенитных расстояниях до 70° [5].

Наблюдения 2000 г. проводились в Крыму, на Южной станции Государственного астрономического института им. П. К. Штернберга. Фон сумеречного неба регистрировался ПЗС-матрицей ST-6 с широкоугольным объективом, позволяющим охватить область до зенитного расстояния в 15°. Наблюдения проводились в фиолетовой (U), синей (B), желтой (V) и красной (R) цветных полосах [6].

На рис.2 показана зависимость поляризации сумеречного неба в зените от глубины погружения Солнца под горизонт для различных длин волн (цветов). Проведенные наблюдения показали, что степень поляризации вблизи зенита увеличивается от синих лучей к красным, причем это свойство сохраняется в течение всех сумерек. С погружением Солнца под горизонт поляризация некоторое время продолжает очень медленно увеличиваться, а при глубине погружения в 5° она быстро уменьшается для всех длин волн. Интересно, что в тот же

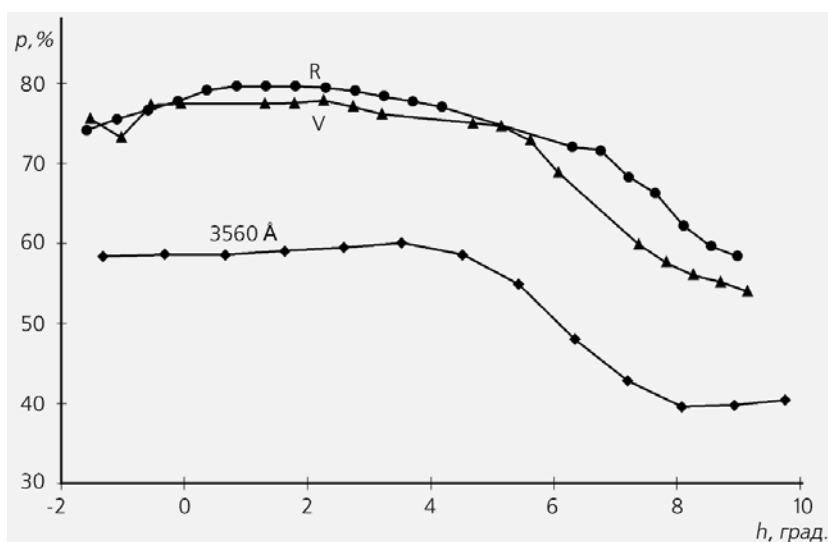


Рис.2. Зависимость степени поляризации (ρ) сумеречного неба в зените от глубины погружения (h) Солнца под горизонт на длине волны 3560 Å (по наблюдениям в вечерние сумерки 31.07.1997 г.), в желтых (V) и красных (R) лучах (вечерние сумерки 04.08.2000 г.).

момент начинает изменяться и цвет сумеречного неба — медленно краснее до этого, оно начинает синеть [2, 8]. Оба процесса продолжают до погружения Солнца под горизонт на 8—10°, затем быстрое посинение неба вновь сменяется медленным покраснением, а быстрое уменьшение степени поляризации — ее медленным увеличением. Сразу же возникает вопрос: не имеют ли столь синхронные изменения цвета и поляризации фона сумеречного неба общую причину?

В момент восхода и захода Солнца степень поляризации достигает максимума вблизи зенита. Как уже говорилось выше, по поведению точки максимальной поляризации в период погружения Солнца под горизонт можно судить о балансе однократно и многократно рассеянного света. Если бы все свечение сумеречного неба определялось однократно рассеянным светом, данная точка, двигаясь вдоль солнечного вертикала, оставалась бы на постоянном угловом расстоянии от дневного светила. Напротив, в случае домини-

рования многократного рассеяния точка максимальной поляризации сумеречного свечения была бы практически неподвижной. А что же происходит на самом деле?

Ответ на этот вопрос дан на рис.3. Там представлена полученная из наблюдений зависимость зенитного расстояния (z) точки максимальной поляризации от глубины (b) погружения Солнца под горизонт для одного наблюдательного дня (величина z положительна в области зари и отрицательна в противоположной части неба). Во время светлых сумерек эта точка действительно движется вслед за Солнцем, но скорость движения несколько меньше, чем должна быть при чистом однократном рассеянии (пунктирная линия на графике). Следовательно, в данный период сумерек в желтых и красных лучах преобладает однократное рассеяние, хотя роль многократного также значительна.

Мы оценили роль однократного рассеяния в общей яркости неба [5, 6]. В момент восхода

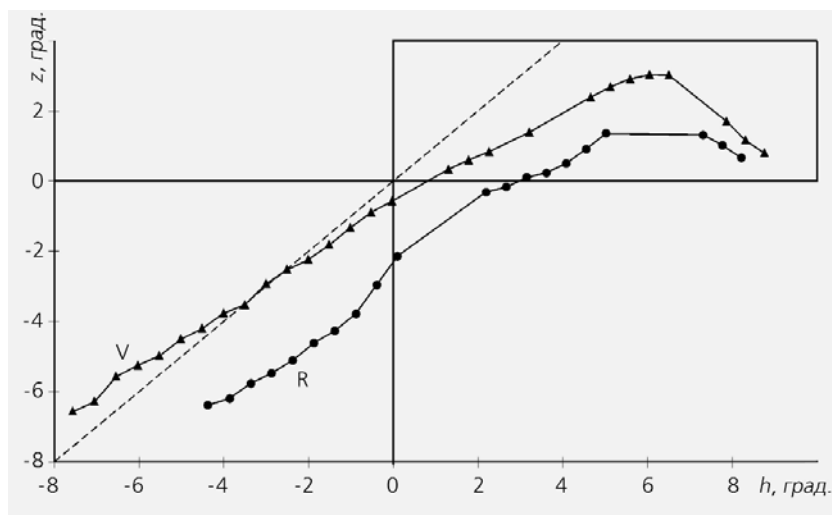


Рис.3. Зависимость зенитного расстояния (z) точки максимальной поляризации неба от глубины погружения (h) Солнца под горизонт (вечерние сумерки 06.08.2000 г.) в желтых (V) и красных (R) лучах. Пунктирная линия соответствует однократному молекулярному рассеянию.

и захода Солнца однократное рассеяние в зените составляет всего 40% для фиолетовых лучей, возрастает до 60% в синих лучах и до 70% в желтых. В красной полосе точной оценке мешает сильное влияние атмосферного аэрозоля (которое также приводит к небольшому смещению точки максимальной поляризации от зенита в момент захода Солнца), но можно с уверенностью сказать, что вклад однократного рассеяния в светлые сумерки в этой области спектра составляет не менее 80%.

Итак, роль однократного рассеяния в светлые сумерки увеличивается от синих лучей к красным, т.е. многократно рассеянный свет «более синий», чем однократно рассеянный (вопреки мнению Розенберга, высказанному в 60-х годах), и именно многократное рассеяние, наряду с атмосферным озоном [9], позволяет небу сохранять голубой цвет во время сумерек. Вот почему степень поляризации фона неба в синих лучах меньше, чем в красных — многократное рассеяние поляризовано слабее, чем однократное.

С погружением Солнца под горизонт роль однократного рассеяния сначала даже немного увеличивается. Вполне логично, что в это же время происходит медленное покраснение неба и усиление его поляризации. Но когда глубина погружения Солнца достигает 5° , роль однократного рассеяния быстро уменьшается. На рис.3 видно, что точка максимальной поляризации замедляет свое движение, затем останавливается и возвращается в зенит, что однозначно указывает на преобладание многократного рассеяния. Но вспомним, что в это же время небо быстро синее и уменьшается степень его поляризации. Общая причина этих эффектов теперь понятна: сумеречное свечение все в большей степени составляется многократно рассеянным в атмосфере Земли солнечным светом.

Когда глубина погружения Солнца под горизонт достигает $8-10^\circ$, однократно рассеянный свет практически исчезает, и процессы посинения и ослабления поляризации фона сумеречного неба останавлива-

ются. Эффекты минимума поляризации и аномально синего неба на этой стадии сумерек известны уже давно, но объяснения им давались самые разные. Так, Розенберг предполагал существование устойчивого аэрозольного слоя на высотах $80-100$ км (в мезосфере). Однако подобное предположение иногда приводит к поистине фантастическим оптическим свойствам аэрозольных частиц. В журнале «Атмосферная оптика» была опубликована статья [10], в которой приводится спектральная зависимость коэффициента рассеяния таких частиц более резкая, чем для молекулярной составляющей! Правда, в том же самом журнале была опубликована работа [11], где отмечалось, что поляризационные свойства сумеречного неба в данный этап сумерек должны определяться в первую очередь многократным рассеянием света в атмосфере Земли.

При дальнейшем погружении Солнца под горизонт небо вновь начинает медленно краснеть, а его поляризация немного увеличивается [2, 5]. Это связано уже исключительно со свойствами многократно рассеянной компоненты. Наконец, при погружении Солнца под горизонт более чем на 14° поляризация вновь уменьшается, и на фоне слабеего сумеречного свечения проступает ночное небо.

* * *

Итак, было проведено исследование баланса однократно и многократно рассеянного солнечного света в атмосфере Земли в период сумерек. Как показали наблюдения, многократно рассеянный свет имеет избыток в синей области спектра и пониженную поляризацию. Изменение же соотношения двух компонент сумеречного свечения — основной фактор, влияющий на цвет и поляризацию всего сумеречного неба. Это находится

в полном согласии с синхронным изменением цвета и поляризации фона неба в момент погружения Солнца под горизонт, причем покраснение неба сопровождается усилением его поляризации и наоборот.

Учет значительного вклада многократного рассеяния в яркость сумеречного неба дает

объяснение не только этим, но и многим другим факторам (в частности, движению по небесной сфере нейтральных точек, в которых фон неба неполяризован), которые ранее пытались объяснить влиянием атмосферного аэрозоля, что часто приводило исследователей в тупик. ■

Автор выражает искреннюю благодарность И.А.Маслову (Институт космических исследований РАН) за поддержку и сотрудничество.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проекты 00-02-16396 и 01-02-06247.

Литература

1. Фесенков В.Г. О строении атмосферы (фотометрический анализ сумерек) // Тр. Гл. рос. астрофизич. обсерватории. 1923. Т.2. С.7.
2. Розенберг Г.В. Сумерки. М., 1963.
3. Zaginailo Yu.I. Determination of the second twilight brightness by the method of the twilight probing of the Earth's atmosphere // Odessa Astronomical Publication. 1993. V.6. P.59.
4. Фесенков В.Г. // Астрон. журн. 1966. Т.43. С.198.
5. Угольников О.С. // Космич. исслед. 1999. Т.37. №2. С.168.
6. Угольников О.С., Маслов И.А. // Космич. исслед. 2002. Т.40. №3.
7. Загинайло Ю.И. Фотоэлектрический фотометр для исследования сумеречного свечения // Атмосферная оптика. 1970. С.193.
8. Угольников О.С. // Космич. исслед. 1998. Т.36. №5. С.458.
9. Угольников О.С. // Звездочет. 1996. Т.2. №4. С.15.
10. Дивари Н.Б. Синий аэрозоль мезосферы и нижней термосферы // Атмосферная оптика. 1974. С.223.
11. Загинайло Ю.И. Определение рассеивающей способности атмосферы по поляризационным наблюдениям сумеречного неба // Атмосферная оптика. 1974. С.149.

Организация науки

Игнобелевские премии 2001 г.

В октябре 2001 г. в Бостоне (штат Массачусетс) состоялась очередная ежегодная церемония: в 11-й раз были оглашены имена людей, выполнивших самые нелепые или самые смешные научные и технические работы. Присуждаемая премия и церемония ее вручения иронически (а в какой-то мере и саркастически) имитирует настоящую Нобелевскую и называется Игнобелевской (*igno* — начальные слоги латинского слова, означающего «невежество»).

Актовый зал Гарвардского университета был заполнен преимущественно научными сотрудниками и в любом слу-

чае — людьми, любящими пошутить. А лауреаты присутствовали далеко не все: не каждому нравится, когда смеются именно над ним. Зато среди оглашавших итоги работы отборочной комиссии присутствовали четверо настоящих нобелевских лауреатов.

Первым виновником торжества был канадец П.Барсс (P.Barss; Макгиллский университет в Монреале): в 2001 г. он завершил серию исследований по медицинской статистике «Частота и серьезность повреждений человеческого организма в результате падения кокосовых орехов». Природной лабораторией он выбрал Новую Гвинею; резюме гласит: «Наиболее тяжелые травмы, как правило, получает тот, кто укладывается спать под кокосовой пальмой».

За медиком следовал физик Д.Шмидт (D.Schmidt; Университет штата Массачусетс). Учитывая всеобщую значимость своей работы «Решение проблемы изгибания занавески в душевой», он сообщил о ней собравшимся самолично. Проведенные автором длительные наблюдения показали, что занавеска чаще всего прогибается не наружу, а внутрь. Добросовестный исследователь установил и причину такого загадочного феномена. На базе последних достижений физической науки он выяснил, что явление есть следствие близости к занавеске тела принимающего душ. Автор с гордостью сообщил, что никаких грантов на свою работу ни от кого не получал и не запрашивал. Вот это уже, действительно, требует похвалы.

Дамейковский

В области биологии премию заслужил скорее изобретатель, чем ученый, — некто Б.Уэймер (B.Weimer; Пуэбло, штат Колорадо). Он сконструировал комплект воздухонепроницаемого нижнего белья со сменным фильтром из древесного угля, который поглощает скапливающиеся под одеждой газы. Образцы одежды тут же были подарены присутствующим подлинным нобелевским лауреатам.

Как известно, в области экономики премии из Фонда Нобеля — новинка, но и в этом инициаторы Игнобелевских премий решили не отставать. Лауреатами шутивного варианта стали сразу двое: американец Дж.Слемрод (J.Slemrod; Бизнес-школа при Мичиганском университете) и его соавтор В.Копчук (W.Korczuk; Университет канадской провинции Британская Колумбия). Свои усилия они посвятили изучению того, как налоги на недвижимость влияют на дату смерти ее владельца.

Статья психолога Л.Шермана (L.Sherman; Университет штата Огайо) «Причины приступов веселья у малочисленных групп детей дошкольного возраста», опубликованная 26 лет назад, удостоилась 120 ссылок в специальных изданиях по проблемам развития ребенка, большей частью критических и скептических. Такая «отрицательная популярность» тоже не могла остаться незамеченной членами отборочной комиссии.

Двое духовных лиц — евангелисты из Мичигана Дж. и Р.Ван Импе (J. and R.Van Impe) — удостоены премии по... астрофизике (награда за достижения в области теологии как у настоящей Нобелевки, так и у имитирующей ее не предусмотрена). Эти благочестивые люди открыли, что известные астрономам черные дыры полностью отвечают техническим

характеристикам библейского ада. Сами исследователи на процедуру не явились, но физик У.Льюин (W.Lewin; Массачусетский технологический институт), принявший награду по их поручению, от себя сообщил, что для астрофизика черная дыра — вовсе не ад, а рай.

Пожалуй, самый выдающийся успех в технической области признан за австралийцем Дж.Киогом (J.Keogh). Ему после продолжительных, измотавших обе стороны, усилий удалось-таки пробить патентные права на... колесо! Отныне на территории Австралии именно он обладает авторством на это важнейшее изобретение человеческого разума. Правда, на материальное вознаграждение Киог не претендует. В записанном на пленку обращении «конструктор» колеса объясняет, что своей борьбой хотел доказать всю абсурдность австралийских патентных законов и бюрократизм их хранителей. Этого-то он, надо признать, добился.

Денежной суммы Игнобелевка не предусматривает. Но «почетный» диплом и красивую планшетку, на которую почему-то прикреплен примитивный мобильник и связанные с ним шнурком две консервные банки, лауреат был вправе получить в ходе церемонии. А вручал их подлинный нобелевский лауреат по химии и большой любитель шуток Д.Хершбах (D.Herschbach; Гарвардский университет).

Все — как в Стокгольме! Поэтому к церемонии были привлечены «шведский король и королева» — только не монархи, а короли мясных тефтелей и фрикаделек (тех самых, которые столь сильно возлюбил Карлсон, живущий на крыше).

В заключение устроитель сего процесса М.Абрахамс (M.Abrahams) попросил присутствовавших прислать све-

жие материалы для журнала «Анналы невероятных исследований» («Annals of Improbable Research»), издаваемого его единомышленниками в Университете штата Аризона (Темпе, США).

Science. 2001. V.294. №5541. P.285 (США).

Физиология

Лгуны краснеют

Лгущего можно обнаружить по вспышке в глазах — тепловому изображению его лица.

Участвовавший в опыте доброволец ударил манекен и выхватил 20 долл. из его рук. Используя тепловизионную камеру, экспериментатор снял его лицо во время допроса. У виновного, когда он лгал, возникала вокруг глаз вспышка, в то время как у контрольных допрашиваемых изменений не было. Виновных и невиновных удалось определить с точностью до 80%. Этот результат оказался сравним с показателями детектора лжи — полиграфа, который фиксирует частоту пульса, дыхания или появление испарины.

В пунктах контроля пассажиров в аэропортах или посетителей у входа в охраняемые здания можно использовать эту технику дистанционно. При работе с тепловизионной камерой (в отличие от полиграфа) не нужно знать психологию человека или исходные параметры его пульса, дыхания, не требуется время для их измерения и анализа. Простой ответ на вопрос: «Вы сами упаковали свой багаж?» — может привести в замешательство нарушителя таможенных правил и отразиться на его лице.

Тепловизионная камера способна выявить также различные способы маскировки правонарушителя — сильный макияж или парик.

Nature. 2002. V.415. №6867. P.35 (Великобритания).

Формирование Циркум-Антарктического течения

(189-й рейс «ДЖОИДЕС Резолюшн»)

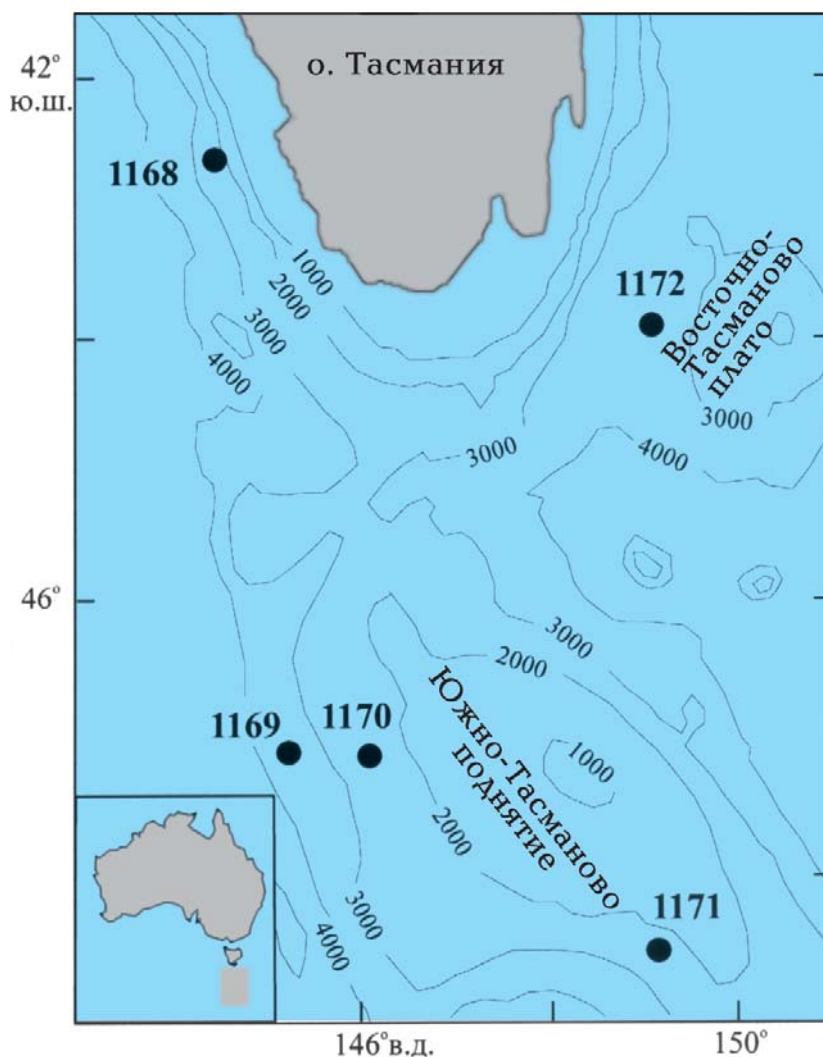
И.А.Басов,

доктор геолого-минералогических наук

Институт литосферы окраинных и внутренних морей РАН
Москва

В начале 70-х годов прошлого века была выдвинута гипотеза, согласно которой оледенение Антарктиды, изменившее климат в середине кайнозоя, обусловлено термической изоляцией материка после зарождения Циркум-Антарктического течения. С тех пор это предположение постоянно находилось в центре внимания геологов из-за возрастающей актуальности климатических исследований. Сейчас уже ясно, что это течение, которое опоясывает ледовый континент, возникло в раннем кайнозое при разделении Австралии и Антарктиды и окончательно сформировалось после раскрытия пролива Дрейка между Южной Америкой и Антарктическим п-овом. Этот процесс в конечном итоге привел к накоплению мощного ледового щита, который, увеличиваясь или уменьшаясь в объеме, в свою очередь приводил соответственно к усилению или ослаблению Циркум-Антарктического течения.

Хотя за прошедшие три десятилетия в районе Антарктики проведено около десятка рейсов буровых судов «Гломар Челленджер» и «ДЖОИДЕС Резолюшн», многие аспекты тектонического развития региона и истории



Положение скважин, пробуренных в 189-м рейсе «ДЖОИДЕС Резолюшн» Программы океанского бурения (залитые кружки с номерами). На врезке прямоугольником показан район бурения.

© И.А.Басов

формирования течения до сих пор остаются неясными, особенно ранние этапы его развития, когда пролив, соединивший впоследствии Индийский и Тихий океаны, еще только закладывался.

Восполнить этот пробел предстояло 189-му рейсу «ДЖО-ИДЕС Резолюшн», который состоялся в марте—мае 2000 г. под руководством Н.Ф.Эксона (отдел нефтяных и морских исследований Геологической службы Австралии), Дж.П.Кеннетта (Институт морских наук Калифорнийского университета, США) и М.Дж.Малоне, представителя Программы океанского бурения [1]. Бурение проводилось в точках к югу от о.Тасмания, в пределах Южно-Тасманова поднятия (1169—1171), Восточно-Тасманова плато (1172), и на юго-западном континентальном склоне острова (1168). Всего было пробурено 16 скважин в интервале глубин 2148—3568 м с максимальным проникновением в осадки на 958.8 м (скв. 1171D). Самые древние осадки (маастрихтские) вскрыты на Южно-Тасмановом плато (скв. 1172D).

Детально опробованные разрезы сложены морскими осадками со значительной примесью терригенного материала в нижнепалеогеновом интервале. Литологические изменения, наблюдаемые снизу вверх по разрезу, отражают геологическую и седиментологическую эволюцию региона, связанную с образованием рифта между Австралией и Антарктидой и их последующим разделением, по-

степенным погружением Южно-Тасманова поднятия, расширением и углублением пролива, соединяющего Индийский и Тихий океаны, и формированием Циркум-Антарктического течения.

Полученные материалы показывают, что в конце мела, когда Австралия и Антарктида еще не были разделены, этот регион находился в полярных широтах. Хотя раздвижение материков уже началось, Южно-Тасманов хребет вплоть до позднего эоцена ограничивал с востока расширяющийся Австрало-Антарктический залив. На его мелководном шельфе накапливались морские терригенные осадки с разнообразным комплексом пыльцы и спор таких растений, как бук и папоротники. Они указывают на относительно теплые климатические условия, существовавшие в то время в Антарктиде в результате проникновения сюда теплых вод из низких широт. При этом, как показывает состав осадков, воды к западу от Тасманова хребта были теплее, чем со стороны Тихого океана.

В позднем эоцене, около 37 млн лет назад, хребет отделился от Антарктиды, одновременно начав погружаться, о чем свидетельствуют бентосные фораминиферы. В образовавшийся пролив с запада устремились холодные приантарктические воды, что инициировало общее похолодание в регионе. Палинологические данные свидетельствуют о значительных тогда климатических колебаниях.

К началу олигоцена усилившееся Циркум-Антарктическое течение отсекло Антарктиду от теплых низкоширотных вод, что привело к дальнейшему похолоданию в высоких широтах и началу формирования ее ледового щита. Вместе с тем теплые течения вдоль восточных и западных берегов Австралии и Тасманова хребта продолжали оказывать влияние на этот регион на протяжении всего олигоцена. Бурение показало, что здесь накапливались биогенные карбонатные (а не кремнистые) осадки. Более того, в пределах всего Тасманова региона в нижнеолигоценовых осадках нет признаков оледенения. Интенсивное покровное оледенение Антарктиды началось в раннем неогене, когда пролив между Австралией и Антарктидой стал достаточно широким и глубоким и раскрылся пролив Дрейка, т.е. когда Циркум-Антарктическое течение обрело современные черты. В результате около 15 млн лет назад ледовый щит в Восточной Антарктиде разросся до размеров, сопоставимых с современными.

Таким образом, уже предварительный анализ полученных в рейсе материалов позволил восстановить сценарий формирования Циркум-Антарктического течения с момента его зарождения. Их всесторонняя обработка несомненно приведет к дальнейшему уточнению последовательности различных тектонических, океанологических и климатических событий, имевших место в высоких широтах Южного полушария на протяжении кайнозоя. ■

Литература

1. *Exon N.F., Kennett J.P., Malone M.J. et al. // Proceedings of the Ocean Drilling Program. Initial Reports. 2001. Leg 189.*

Тайна Гейзенберга — тайна Бора

Б.И.Силкин

Москва

Вот уже более полувека, как историки всего мира спорят по поводу того, что же произошло в Копенгагене в сентябре 1941 г. В эти дни к великому физика Нильсу Бору приехал в гости его знаменитый ученик Вернер Гейзенберг. Между ними состоялся разговор наедине, после которого столь дружеские ранее отношения были, как принято считать, разорваны навсегда.

Время было непростое. Дания уже полтора года как оккупирована нацистами, немецкая военная машина крушит все на своем пути. Франция давно капитулировала, Красная Армия отброшена далеко на Восток... Простой болтовни о том о сем между старыми знакомцами быть не могло. Не с тем немец совершил поездку в оккупированную страну.

Много позже Гейзенберг вспоминал, что тогда он попытался дать своему старшему собеседнику понять, что германские физики-ядерщики во главе с ним самим, уже понимая реальную возможность создания атомного оружия и его опасность для человечества, будут саботировать усилия в этом направлении. Датчанин же, как сообщал Гейзенберг, не разобрался в его намерениях, сознательно облеченных в не очень-то прозрачную форму; «узнай об этом гестапо и...».

В 1957 г. вышла в свет нашумевшая тогда книга австрийского философа и историка науки Роберта Юнгка «Ярче тысячи Солнц» (она была переведена и на русский и в 1060 г. издана в СССР, хотя и с немалыми купюрами). Прочел ее, разумеется, и Нильс Бор. Несогласный с изложенной там версией Гейзенберга, он написал ему протестующее письмо.

Но — не отправил. Текст так и остался вложенным меж страниц книги Юнгка. Всплыл факт существования этого документа лишь после того, как в 1962 г. великий датчанин скончался.

Согласно завещанию покойного, весь его архив должен был оставаться закрытым вплоть до 2012 г. Но в феврале 2002 г. семья Бора, прислушавшись к хору историков и физиков, решила опубликовать интересующее нас письмо и еще десяток других архивных документов*. Этому способствовала пьеса Майкла Фрайна (M.Frayn) «Копенгаген», возбудившая глубокий общественный интерес [1].

В неотправленном Гейзенбергу письме есть такие слова: «Вы тогда говорили так, что у меня могло сложиться твердое убеждение, согласно которому под Вашим руководством в Германии будет сделано все возможное для создания атомного оружия, и, мол, незачем обсуждать детали, с которыми Вы и так полностью знакомы, проведя последние два года в работе, направленной исключительно на его подготовку».

Опубликовано теперь и другое письмо, в котором Нильс Бор недвусмысленно отрицает утверждения Вернера Гейзенберга, что он старался сорвать нацистскую программу изготовления атомной бомбы. Датчанин пишет: «Совершенно непостижимым для меня остается Ваше мнение, будто Вы давали мне понять, что немецкие физики делают все возможное, чтобы предотвратить такое использование атомной науки».

Разумеется, оба письма содержат лишь воспоминание Бора о давнем разговоре. Это ныне подчеркивает Джералд Браун (G.Brown) из Университета штата Нью-Йорк в Стони-Бруке, знавший обоих физиков. Ему как бы вторит Томас Пауэрс (T.Powers), автор солидной книги «Война Гейзенберга — тайная история немецкой Бомбы»: «Я думаю, что Бор тогда не воспринял того, что пытался ему сказать Гейзенберг, у которого не было причин ставить себя под угрозу, раскрывая факт существования нацистской ядерной программы,

* Сегодня всякий желающий в состоянии ознакомиться с рассекреченными боровскими документами в Интернете на сайте www.nba.nbi.dk



1934-й год. Вернер Гейзенберг и Нильс Бор — еще добрые друзья — за одним столом.

если только он не хотел передать ему некое глубокое моральное сообщение. Он полагал, что в той или иной форме ему это удалось, но Бор ясно говорит, что ничего подобного не услышал».

Иначе рассуждает известнейший физик — отец американской водородной бомбы Ханс Бете, тоже, как Бор и Гейзенберг, лауреат Нобелевской премии, ныне почетный профессор Корнеллского университета в Итаке (штат Нью-Йорк), участник Манхэттенского проекта, приведшего к созданию американского атомного оружия. Ранее веривший в то, что Гейзенберг намеревался построить лишь гражданский атомный реактор (но не создавать оружия массового поражения), теперь, после опубликования писем Бора, так уже не считает. Вот слова Бете: «Видимо, в 1941 г. Гейзенберг хотел сделать бомбу».

Историк науки и сам физик, преподающий в Гарвардском университете (Кембридж, штат Массачусетс), Джералд Холтон (G.Holton) рассматривает ситуацию в психологическом плане: «У Нильса Бора не было причин говорить неправду, в то время как у Гейзенберга после войны возникли немалые трудности, а именно: ему пришлось объяснять общественности и коллегам, почему немецкой группе ученых так и не удалось выполнить то, для чего она была создана».

«Если Гейзенберг искренне стремился создать немецкую бомбу, тогда его цель при поездке в Копенгаген была скорее личной, а не политической», — считает Бете. И продолжает: «Нацисты угрожали Бору, у которого мать была еврейка. А Гейзенберг это знал и полагал, что его визит будет способствовать безопасности Бора». Впрочем, зная нравы такого ведомства, как гестапо, и нацистского руководства, подобный аргумент приходится считать мало убедительным.

Скорее всего Гейзенберг был тогда уверен в победе немецкого оружия, но после войны и вплоть до смерти в 1976 г. не хотел в этом признаваться. Может быть, и самому себе...

Однако стоит прислушаться к мнению Клауса Готштейна (K.Gottstein), почетного профессора Физического института им.Вернера Гейзенберга в Мюнхене [2]. Он утверждает, что Гейзенберг никогда не заявлял о своем намерении «изнутри подрывать» нацистскую программу создания бомбы, и неверно, что Бор резко разорвал с ним давнюю дружбу.

Готштейн отмечает мягкий тон не отправленного Бором письма. Оказывается, после окончания второй мировой войны Бор и Гейзенберг со своими семьями посещали друг друга, а один раз даже проводили вместе отпуск в Греции. Когда Гейзенбергу в 1961 г. исполнилось 60 лет и к юбилею был издан специальный поздравительный том, Бор тоже участвовал в нем, поместив там уважительно написанную статью.

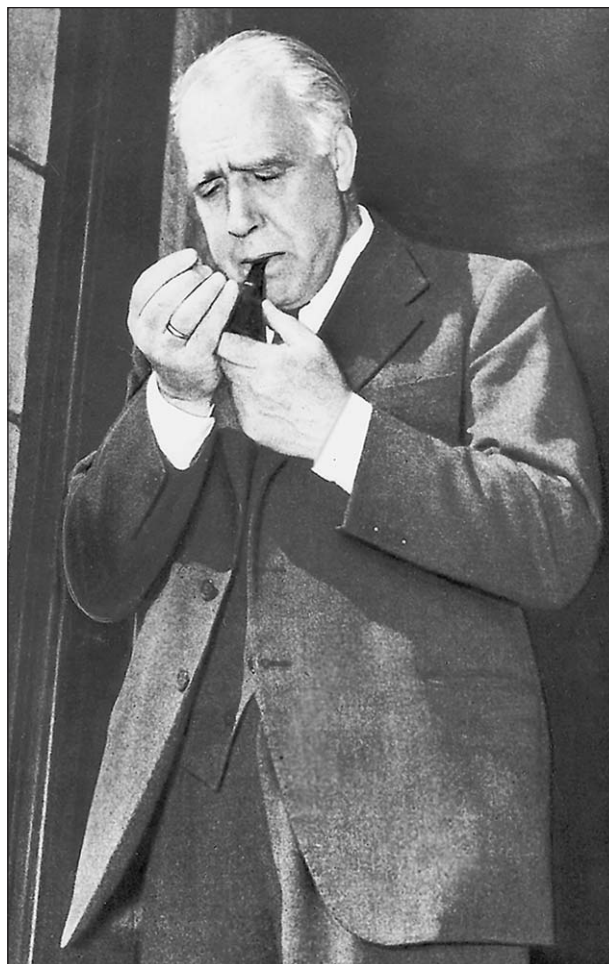
В 1939 г. военно-техническое управление немецкой армии поручило Гейзенбергу изучить вопрос, насколько реально создание атомных бомб, мотивируя это тем, что противник не должен «преподнести» неожиданность Германии. Примерно два года спустя тот доложил: создание такого оружия в принципе технически возможно, но это настолько трудно, что займет много лет. Ему, как считает Готштейн, казалось, что за такой долгий срок немногочисленное тогда международное сообщество атомщиков сумеет договориться и заблокировать создание атомного оружия.

Гейзенберг полагает Готштейн, намеревался обсудить столь опасную идею со своим старым другом, с которым и раньше советовался в сложных случаях, и, рискуя головой за нарушение секретности, отправился в Копенгаген...

Так он сам рассказывал Готштейну в 1960 г. (т.е. семь лет спустя после смерти Бора), когда тот был его подчиненным в Физическом институте им.Макса Планка.

Гейзенберг не предполагал, что война нарушила их с Бором взаимопонимание. Бор же проявил подозрительность в отношении мотивов, заставивших его прежнего ученика неожиданно явиться в оккупированную немцами Данию. Когда Гейзенберг упомянул, что бомбу сделать технически возможно (в чем Бор тогда сомневался), и добавил, что знает, о чем говорит, то датчанин, очевидно, пришел к мнению: «...немец увлечен изготовлением ядерного оружия». И прервал беседу прежде, чем Гейзенберг успел объяснить цель своего приезда... Так по крайней мере моделирует теперь события мюнхенский отставной профессор...

В нацистской Германии попытки сделать Бомбу по существу предприняты не были: на это действительно ушло бы слишком много времени и ресурсов. Мы теперь знаем, что на совещании, созванном Герингом, было решено не вести работ, от которых нельзя ожидать скорого появления нового оружия. Подтекст угадывается: «К тому



Вернер Гейзенберг и Нильс Бор много лет спустя.

времени мы или победим без него, или все равно проиграем». Строительство же гражданского реактора для производства электроэнергии было одобрено...

После выхода в свет книги Роберта Юнгка «Ярче тысячи Солнца», где сказано, будто Гейзенберг уклонился от создания оружия массового поражения из моральных побуждений, сам Гейзенберг, а также его ближайший сотрудник Карл Фридрих фон Вайцзеккер (C.F.von Weizsäcker) написали автору. Они назвали подобное утверждение «преувеличением». Юнгк письмо Гейзенберга опубликовал, но... сохранив лишь ту его часть, где содержатся вежливые и хвалебные оценки его литературного труда...

Недавно в печати появился ответ Готштейну Адриана Чо (A.Cho), считающего, что ставшее ныне известным неотправленное письмо Бора —

свидетельство искреннего участия Гейзенберга в подготовке нацистского атомного оружия. Этот историк науки также опровергает предположение, согласно которому Гейзенберг пытался оттянуть дело, чтобы дать мировому научному сообществу возможность договориться.

Что же касается копенгагенской встречи 1941 г., то уже упоминавшийся Холтон считает: «...в результате этого ничего особенного не случилось, если не иметь в виду разорванной дружбы». Однако и это, как оказалось, сомнительно. Остается удивляться, почему два выдающихся физика так и не выяснили своих отношений и разногласий по вопросу, столь важному для обоих...

Так или иначе, очевидно все же одно: «новые» письма великого датчанина свидетельствуют, что к 1941 г. Гейзенберг уже два года работал над немецким атомным оружием. ■

Литература

1. Science. 2002. V.295. №5558. P.1211.
2. Science. 2002. V.295. №5563. P.2211.

«Нобелиана» В.И.Векслера и Е.К.Завойского

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

Вскоре после завершения Великой Отечественной войны, а точнее с осенних месяцев победного 1945 г., в Стокгольм пошел, можно сказать, поток выдвижений наших ученых на нобелевские награды. Цивилизованный мир был благодарен советскому народу за неоценимый вклад в победу над нацизмом, и это чувство номинаторы разных стран переносили, в том числе, на коллег из Советского Союза.

Среди первых выдвижений на премии 1946 года были кандидатуры Н.Н.Семенова и П.Л.Капицы. Их выдвинули соответственно С.Н.Хиншелвуд и П.Дирак. Три американских профессора из университета в Нью-Хейвене выдвинули А.Н.Фрумкина по разделу химии.

В 1947 г., помимо Капицы и Семенова, в регистрационных списках появились новые фамилии советских физиков — В.И.Векслера и Д.В.Скобельцына. Первого предложил вместе с кандидатурой Э.М.Макмиллана из Калифорнийского университета в Беркли его университетский коллега профессор Л.Б.Лёб, а второго — профессор астрофизики и теоретической физики Варшавского университета Ч.Бялобжеский.

В 1948 г. вновь номинантами нобелевских комитетов оказываются Векслер, Капица и Семенов. Кандидатуру Векслера, опять же на пару с Макмилланом, рекомендует на этот раз авторитетный шведский академик, лауреат Нобелевской премии по физике 1924 г. Карл Манне Георг Сигбан.

Номинация Скобельцына не привлекла должного внимания и по сути не рассматривалась (возможно, из-за недостаточно развернутого представления). Кандидатуры остальных, за исключением Фрумкина, получили достойный отклик; их деятельность подверглась тщательной экспертизе, а результаты обсуждений в комитетах были представлены для рассмотрения в Королевскую академию наук.

Что же касается Фрумкина, то профессор Уппсальского университета Арне Тизелиус (будущий нобелевский лауреат 1948 г. за работы по электрофорезу и адсорбции), которому было поручено составить экспертное заключение, отдал нашему ученому должное за исследования поверхностного потенциала и вообще химии поверхностных слоев. Но вместе с тем посчитал, что эти исследования не имеют «той оригинальности и значимости, чтобы поднимать вопрос о присуждении ему Нобелевской премии» [1]. Как предположил латвийский академик Я.П.Страдынь, в должной мере шведские эксперты не понимали значения электрохимии в системе химических наук второй половины 20-го столетия [2].

В 1949 г. ни одного из советских ученых среди номинантов не оказалось. Видимо, подули ветры холодной войны. Один из ее отзвуков — практически полное прекращение передачи на Запад свежей научной литературы, особенно по физике и химии. Это был результат тотального засекречивания получаемых в СССР новых экспериментальных результатов. Несуразица с обменом научными материалами вызывала у западных ученых недоумение.

Джон Бернал, английский физик, вице-президент общества дружбы «Англия—СССР», к тому же член компартии Великобритании, попытался уяснить, что происходит. «Без единого слова объяснения, — писал он президенту АН СССР С.И.Вавилову в декабре 1948 г., — фактически все научные журналы, посылавшиеся в порядке обмена, перестали приходить примерно с начала 1947 г., а когда научные учреждения Великобритании пишут в институты в Советском Союзе, <...> то ответов они не получают, <...> их письма и обращения к советским ученым остаются без ответа». «Насколько я понял из Вашего письма, — подневольно отвечив Вавилову, — основная трудность за последнее время заключалась в задержке поступления литературы, направляемой в порядке

© А.М.Блох

книгообмена», — и сослался на «случайные причины» [3; Ед.хр.369. Л.131, 132, 146, 147].

Между тем ныне рассекреченные гималаи партийных решений с неопровержимостью свидетельствуют об обратном. Вот один из многочисленных примеров.

Управление кадров ЦК ВКП(б) затеяло в конце 47 — начале 48-го года проверку книгообмена между астрономическими и геофизическими учреждениями АН СССР и их зарубежными партнерами. Эта откровенно надуманная ревизия завершилась анекдотичным выводом: «...из СССР высылаются не только экспериментальные (т.е. материалы конкретных наблюдений. — А.Б.), но и теоретические работы, которые по уровню значительно выше иностранных». На основании приведенного невежественного умозаключения цековских проверял Секретариат ЦК 26 марта 1948 г. принимает постановление о создании комиссии «по выработке условий упорядочения книгообмена неподписными изданиями советских научных учреждений» [3; Ед.хр.18. Л.105—107]. В итоге научный книгообмен оказался почти сведенным к нулю.

История с засекречиванием уже опубликованных научных материалов приобрела еще более абсурдную практику. Одно из свидетельств тому — сохранившаяся в архиве переписка в связи с просьбой члена Королевской академии наук Манне Сигбана прислать ему научно-популярный журнал «Наука и жизнь» за март 1944 г. со статьей П.Л.Капицы о жидком гелии. Свою просьбу Сигбан адресовал в первой половине 1947 г. уполномоченному Всесоюзного общества культурных связей с заграницей (ВОКС) в Стокгольме Ф.М.Мальгину.

20 июня Мальгин переправил письмо шведского академика московскому начальству, приписав от себя, что «мы не знаем, что представляет собою эта статья и можем ли мы передавать подобного рода статьи иностранным ученым», и потому просил «выяснить этот вопрос <...> и о результатах информировать нас» [4; Л.102]. Заместитель председателя правления ВОКС А.В.Караганов в свою очередь направляет через месяц с лишним, 24 июля, запрос академику-секретарю АН СССР Н.Г.Бруевичу [4; Л.98].

Чем в итоге завершилась эта смехотворная переписка, по большому счету дело десятое... Главной в описанном эпизоде представляется картина осажденной крепости, объясняющая, в частности, отсутствие в 1949 г. новых номинаций советских ученых. Не оказалось их, надо думать, по причине более чем очевидной — из-за отсутствия достоверной информации из Советского Союза о проводившихся там научных исследованиях.

Тем не менее в 1950 г. нобелевские комитеты в очередной раз зафиксировали номинации Капицы и Семенова. Их номинаторами снова стали те, кто впервые выдвинул их в 1946 г., — Дирак для Капицы и Хиншелвуд для Семенова. Кандидатуру



Владимир Иосифович Векслер.

Векслера, как и в предыдущем году, не рекомендовал никто.

А в 1951 г. она снова появляется в списках номинантов Комитета по физике, опять же вместе с постоянным его спарринг-партнером Макмилланом. Представлял их профессор ядерной физики из Лондона Джозеф Ротблат. Номинация Векслера для того цикла выдвижения оказалась единственной из числа советских ученых.

Еще в 1947 г. Нобелевский комитет расценил достижения Векслера и Макмиллана как «сенсационный успех, достигнутый за последнее время в решении проблемы ускорения заряженных частиц большой энергии». Однако, оценивая возможности предложенного принципа автофазировки для его технического воплощения, эксперты комитета вынуждены были базироваться только на фактических данных, полученных на американских синхротронах. Все сведения по ускорителям советского производства с 1945 г. были строго засекречены.

Как вспоминал впоследствии академик И.М.Франк, большая удача, что две статьи Векслера, увидевшие свет в конце 1944 г., «были тогда опубликованы», ибо это «закрепило приоритет

советской науки... Немного позже напечатать статьи В.И.Векслера уже не удалось бы. Все, что прямо или косвенно было связано с ядерной физикой, вскоре после этого в течение нескольких последующих лет не публиковалось» [5].

Хотя Векслер свое открытие оперативно опубликовал в «Докладах Академии наук СССР» (одну статью представлял в журнал С.И.Вавилов, а другую — Н.Д.Папалекси) еще до введения запрета на публикацию подобных работ, некоторые коллеги не упускали возможности попрекнуть ученого за то, что его открытие попало в печать. Так, через три года, 25 сентября 1947 г., профессор С.Э.Хайкин заявил на собрании парторганизации Физического института АН СССР, при обсуждении пришлоуважаемого закрытого письма ЦК ВКП(б) по «делу Клюевой и Роскина», буквально следующее: «У нас было несколько таких случаев, которых не следовало повторять. Это прежде всего относится к опубликованию В.И.Векслером идеи синхротрона... Я хочу подчеркнуть, что это вовсе не означает, что новые идеи, которые высказывают наши ученые, вообще публиковать не стоит. То, что я говорю, относится к тем случаям, когда мы публикуем идеи и одновременно приступаем к их осуществлению» [6; Л.47, 48].

Выступивший вслед Д.И.Блохинцев возразил Хайкину. По его мнению, подчеркнул он, «Владимир Иосифович правильно поступил, когда напечатал свою работу», и напомнил присутствовавшим: «...комиссия в свое время в нашем институте довольно прохладно отнеслась к этой идее и рекомендовала воздержаться пока от премирования, хотя и делались всякие приятные пассы» [6; Л.55, 56]. Под «приятными пассами» Дмитрий Иванович имел в виду очевидную парадоксальность решения комиссии ФИАНа, подводившей в 1944 г. итоги ежегодного конкурса институтских научных работ. Авторы подготовленного заключения явно не оценили, в противоположность членам Нобелевского комитета, фундаментальную значимость достижения Векслера, позволив себе вначале похвалить автора тем самым «пассом», что «если работа В.И.Векслера правильна, не нам давать премию», а затем, в не совсем уместном шутовском тоне, продолжить: «...а если неправильная, то тем более премии не давать» [5; С.20].

Далее Блохинцев напомнил собранию о телеграмме, присланной в 1945 г. в ФИАН Эрнестом Орландо Лоуренсом, лауреатом Нобелевской премии 1939 г. за создание и усовершенствование циклотрона. В телеграмме Лоуренс признал приоритет советского ученого перед открытием Макмиллана. Речь шла об открытии принципа автофазировки, что позволило повысить предел допустимых энергий в ускорителях элементарных частиц в тысячи и десятки тысяч раз. Этот прорыв был совершен, независимо друг от друга, обоими учеными — Векслером и Макмилланом, последним — год спустя. Вскоре после краткой публикации

в «Physical Review» в 1945 г. Макмиллана, не подзревавшего о работах Векслера, ряд его коллег из разных научных центров США оперативно переслали фотокопии оставшихся ему неизвестными обеих статей советского ученого в «Докладах Академии наук СССР», издававшихся тогда параллельно на русском и английском языках. Поэтому сомнений у Макмиллана в приоритете советского ученого никогда не было, а Лоуренс, патриарх техники резонансных ускорителей тяжелых заряженных частиц, только подтвердил своим авторитетом непреложный факт.

Нобелевская цена открытия принципа автофазировки была очевидна. Однако свидетельства об использовании этой идеи, как уже отмечалось, поступали в Стокгольм только из Соединенных Штатов. Отсюда и резюмирующая фраза из цитированного заключения Нобелевского комитета в 1947 г. Еще раз подтвердив фундаментальность открытия, члены комитета осторожно заметили, что «следует подождать новых экспериментов, особенно в отношении использования принципа (автофазировки. — А.Б.) на так называемом синхротроне, прежде чем делать окончательный вывод о премии за этот важнейший вклад в науку» [7].

В следующем, 1948 г. Манне Сигбан, предлагая Векслера и Макмиллана в качестве претендентов на премию, вынужден был из-за отсутствия информации из Советского Союза отметить в номинации, что, при очевидном приоритете советского ученого, «насколько мы можем судить, он не показал техническую возможность данного принципа в эксперименте» [8].

Однако на самом деле большой необходимости в ожидании «новых экспериментов» не было. В ФИАНе уже в 1947 г. был создан и запущен под руководством Векслера первый ускоритель — электронный синхротрон энергией в 30 МэВ. Через два года там же появился более мощный синхротрон — на 250 МэВ. К концу 40-х годов московские ускорители, опережая весь мир, стали выдавать принципиально новые научные результаты, блестяще подтверждавшие основополагающий вывод Нобелевского комитета в 1947 г. об этом открытии как о «важнейшем вкладе в науку». Достаточно напомнить, что на втором советском синхротроне удалось впервые зафиксировать фоторождение мезонов и положить тем самым начало физике адронов [9] — элементарных частиц, определяющих сильные электромагнитные взаимодействия.

Иначе говоря, существовали все предпосылки для присуждения Нобелевской премии советскому физик Векслеру и его американскому коллеге Макмиллану еще в 1949—1950 гг. Но этого не произошло из-за бездумного засекречивания научной продукции, однозначно не составлявшей ни военной, ни тем более государственной тайны и попавшей в разряд секретных материалов только в результате патологической подозрительности вездесущего диктатора.

Когда же после его смерти многие научные сведения, полученные на советских синхротронах, были рассекречены, оказалось, что «поезд давно ушел». В 1951 г. Королевская академия наук присудила Нобелевскую премию по химии «за открытия в области химии трансурановых элементов» Макмиллану и профессору Калифорнийского университета, где работал и Макмиллан, Гленну Сиборгу. Позволительно обратить внимание, что выдвинули обоих претендентов не раз упоминавшийся выше Лоуренс и шведские академики Теодор Сведберг и Арне Тизелиус. Все трое — нобелевские лауреаты.

Видимо, к тому времени шведы пришли к выводу о бессмысленности дальнейшего ожидания требуемой информации из Москвы. И потому посчитали за лучшее отдать должное одному из создателей синхротрона, с помощью которого стал возможным синтез берклия, калифорния и последующих трансурановых элементов.

Это решение Королевской академии наук лишний раз подчеркнуло, сколь проходимой была кандидатура советского ученого. Если бы имелась достоверная информация о московских ускорителях и полученных на них сенсационных результатах...

Более поздние выдвижения советского ученого, приходившиеся на 50—60-е годы, интереса для нобелевских учреждений не представляли. Дважды одно и то же научное достижение Нобелевской премии не достаивается.

Первое документально подтверждаемое выдвижение Векслера на Нобелевскую премию на родине претендента произошло в 1959 г. Авторами номинации были президент АН СССР А.Н. Несмеянов и главный ученый секретарь президиума Академии А.В.Топчиев. Вместе с Векслером был также выдвинут, в то время еще член-корреспондент АН СССР, Е.К.Завойский. Текст номинации нес на себе неистребимый колорит традиций советской бюрократии. В документе скрупулезно перечислялись сведения о национальности претендентов, месте их рождения, занимаемых административных должностях и прочих биографических деталях, не представлявших для экспертов и членов комитета никакого интереса. Набитая рука чиновника из Иностранного отдела АН СССР, готовившего «объективку» на подпись начальству, проглядывала в каждой строке бумаги.

В то же время обобщающая формула представления была заведомо провальной. Это явилось естественным следствием того, что номинацию готовил не компетентный ученый, а канцелярист, не знакомый ни с сутью достижений, ни с уставными требованиями нобелевских учреждений. Звучала формула так: «...за их выдающиеся открытия в области физики» [10; Ед.хр.639. Л.108, 109]. Без каких-либо упоминаний о содержании этих открытий...

В соответствии с уставом Нобелевского фонда, каждая премия может быть присуждена не более чем трем претендентам или за одно и то же открытие или же за два разных, но с непременно



Евгений Константинович Завойский.

Фото В.Ахлонова. 1964 г.

условием — если их объединяет внутреннее содержание или примененные методы исследований. В качестве примера приведем Нобелевскую премию 1978 г.

Премия эта была присуждена советскому ученому П.Л.Капице и двум американцам А.Пензиасу и Р.Вильсону. Первый удостоился награды «за фундаментальные изобретения и открытия в области физики низких температур», а американцы — «за открытие микроволнового реликтового излучения». Оба достижения, казалось бы, не сочетаемые одно с другим, на самом деле логически объединены проблемой использования температур, близких к абсолютному нулю, для разгадки их воздействия на поведение материальных частиц. Едва ли нужно доказывать, что в упомянутой начальственной номинации 1959 г. таких объединяющих признаков нет и в помине...

Вторая и последняя номинация ушла из Москвы в 1965 г. (на следующий год Векслер скончался). Ее автором стал лауреат Нобелевской премии П.А.Черенков. Хотя текста номинации в Архиве РАН обнаружить не удалось, ее более серьезный характер, по сравнению с представлением 1959 г., несомненен. Достаточно того, что вместе с Векслером Черенков выдвинул американских физиков Э.Макмиллана, уже фигурировавшего в иностранных выдвижениях 1946—1951 гг., и Н.Кристофилоса, предложившего в 1950 г. принцип знакопеременной фокусировки, что обеспечило существован-

ное увеличение в синхротронах достижимых энергий [10; Ед.хр.640. Л.144]. Другими словами, Черенков своей инициативой продемонстрировал доскональное знакомство с предметом открытия и заслугами его авторов, достойных награждения.

Завершая тему Векслера, остается лишь повторить, что в его лице наша наука, из-за бездарной политики засекречивания научных достижений, потеряла престижную награду, которая буквально напрашивалась стать первой советской Нобелевской премией, за десяток лет до премии Н.Н.Семенова.

Столь же очевидной, если не более, представляется нобелевская цена блестящих достижений Завойского, прозванного знавшими его людьми «чародеем эксперимента». Отечественные физики едины в убеждении, что отсутствие его имени в созвездии нобелевских лауреатов — очевидное упущение Нобелевского комитета и Королевской академии наук.

При этом имеется в виду сделанное в 1944 г. открытие электронного парамагнитного резонанса (ЭПР), которое быстро приобрело в экспериментальной физике фундаментальное значение. С помощью этого метода ученые получили надежный инструмент для познания интимнейших сторон структуры вещества на атомно-молекулярном уровне. В представлении кандидатуры Завойского на Ленинскую премию 1957 г. президент Казанского филиала АН СССР справедливо отметил, что открытие ЭПР «повлекло за собой обнаружение целого ряда аналогичных эффектов — ядерного-парамагнитного резонанса (Перселл и Блох с сотрудниками, США, 1947 г.), ферромагнитного резонанса (Гриффитс, Англия, 1946 г.; Завойский, 1947 г.), антиферромагнитного резонанса (Гортер, Голландия, 1951 г.) и диамагнитного (циклотронного) резонанса (Дорфман, СССР, 1952 г.; Дингль, Англия, 1952 г.). Детальное изучение всех этих явлений привело к созданию новой большой области, носящей название магнитной спектроскопии». И далее авторы представления столь же справедливо констатировали, что открытие Феликсом Блохом и Эдуардом Перселлом ядерного магнитного резонанса (ЯМР), увенчанное в 1952 г. Нобелевской премией, по сути явилось «в принципиальном отношении лишь распространением основного открытия Завойского на ядерные парамагнетики» [11; С.59].

Первое выдвижение Завойского, как отмечалось выше, произошло в 1959 г., через семь лет после премии двум американцам. Тогда как фамилии американских профессором замелькали в номинационных списках Комитета по физике с конца 40-х годов: Блоха — с 47-го и его же вместе с Перселлом — с 49-го. Позднее кандидатура Евгения Константиновича предлагалась академиками А.П.Александровым, С.В.Вонсовским; последний выдвигал его ежегодно с 1967 г. и до кончины ученого в 1976 г. [11; С.22]. Представление Александрова

в 1964 г. вместе с ним подписали нобелевские лауреаты Н.Н.Семенов и И.Е.Тамм [10; Ед.хр.639. Л.129—132]. Дважды, в 1974 и 1976 гг., выдвигал Завойского академик В.Л.Гинзбург [12]. Среди не сомневавшихся, что одно только открытие ЭПР «с лихвой тянет на Нобелевскую премию», был академик Капица [11; С.161]. Даже академик Л.А.Арцимович, у которого не сложились личные отношения с Завойским, в конце 60-х годов говорил, что «среди наших физиков наиболее достойный кандидат на Нобелевскую премию — Евгений Константинович» [11; С.99].

Нет сомнений, что советского ученого выдвигали на нобелевскую награду также и иностранные номинаторы. Академик М.А.Марков, будучи в начале 60-х годов в Триесте по приглашению директора Международного института теоретической физики, лауреата Нобелевской премии Абдус Салама, встретился с членом Нобелевского комитета профессором Иваром Валлером. В одной из бесед шведский профессор завел речь о Завойском. «Вначале мне было непонятно то волнение, которое слышалось в его речи, — продолжил Марков. — Но затем я понял, что речь идет о большой неудовлетворенности Валлера тем, что работы Е.К.Завойского не были удостоены Нобелевской премии» [11; С.166]. Описанный эпизод определенно свидетельствует о том, что Ивар Валлер, вполне компетентный ученый в области резонансных эффектов, был одним из номинаторов советского ученого и на заседаниях Нобелевского комитета несомненно отстаивал его кандидатуру.

Но время Завойского после 1952 г., когда премия была присуждена за открытие ЯМР Феликсу Блоху и Эдуарду Перселлу, безвозвратно ушло. Нобелевские учреждения избегают повторных награждений за открытия, внутренне близкие ранее отмеченным работам. Открытие ЯМР было именно такой работой, поскольку в основе его лежали те же резонансные явления. Если бы кандидатура Завойского была представлена своевременно, в середине 40-х годов, сразу после его публикации об ЭПР, он, без сомнения, стал бы реальным претендентом на Нобелевскую премию и получил бы ее единолично или, произойди это после 1947 г., когда в США открыли ЯМР, вместе с двумя американцами.

Однако рассчитывать на такой исход событий в середине 40-х годов было нелепо. В условиях, сложившихся в нашей стране после победы в Великой Отечественной войне, когда в политике возобладал крен на тотальную конфронтацию с западными цивилизациями, все контакты советских ученых с нобелевскими учреждениями были насильственно прерваны. Письма, направлявшиеся во Всесоюзное общество культурных связей с границей для дальнейшей пересылки в нобелевские комитеты, задерживались и оседали в архивах, а приглашения из Стокгольма в адрес советских номинаторов до адресата не доходили.

Вот конкретный пример. Осенью 1949 г. в посольство СССР в Швеции из комитетов при Королевской академии наук поступили четыре письма с приглашениями академикам Иоффе, Капице, Семенову и Фрумкину предложить своих кандидатов на очередную Нобелевскую премию. Но адресаты их не получили. На телефонный звонок из МИД СССР, что делать с письмами, начальник иностранного отдела при президиуме АН СССР Н.В.Светайло лаконично ответил: «Академия наук не намерена выдвигать кандидатуры», и стокгольмские приглашения осели в архиве дипломатического ведомства... [13].

Но и без этих роготок номинация Завойского, будь она подготовлена кем-то из соотечественников, не имела бы в сталинские времена никаких шансов дойти до Нобелевского комитета. Вакханалия арестов 30-х годов не обошла и семью Завойских. Как поведала автору дочь ученого Н.Е.Завойская, в июле 1937 г. был арестован муж его сестры. В ноябре того же года взяли родного брата Бориса, который 26 декабря был расстрелян. Все эти события происходили в Киеве, где жили брат и сестра. Сам же Евгений Константинович работал тогда в Казани.

В архивных документах НКВД СССР, к которым была допущена Наталья Евгеньевна, упоминаний об отце не нашлось. Однако в хранящейся в Российском государственном архиве экономического состава университетов страны, составленной на начало 1938 г., такие сведения обнаружились. Завойский упоминается как «имеющий брата, арестованного органами НКВД». А отсюда может следовать лишь один непреложный вывод: представление Завойского, кто бы из советских ученых ни номинировал его, не прошло бы в сталинские годы ни президиум АН СССР, ни тем более цековские структуры. Номинацию, правда, можно было бы попытаться переправить в Стокгольм нелегальным путем. Но опасность такой фронды была настолько очевидна, что едва ли на-

шелся бы такой смелый, а лучше сказать, безрасудный номинатор, кто бы решился на этот самоубийственный шаг.

Реальность очевидной безысходности подтверждается на конкретном примере, касавшемся иного лица. Относится этот пример как раз к тем годам, когда следовало предлагать кандидатуру Завойского.

В начале 1948 г. академик Скобельцын по тем или иным причинам был освобожден от должности советника при представительстве СССР в Комиссии по контролю над атомной энергией при Совете Безопасности ООН. Управление кадров ЦК ВКП(б) 3 февраля 1948 г. предложило назначить на это место научного сотрудника Физического института АН СССР Черенкова, будущего нобелевского лауреата. Секретарь ЦК А.А.Кузнецов, курировавший на Старой площади кадровые вопросы, по существовавшему регламенту переправил предложение кадровиков в МИД СССР, а оттуда его переадресовали заместителю председателя Совета министров СССР В.М.Молотову. 3 марта Молотов ставит на письме визу: «Согласен. Но надо спросить т.Берия». Л.П.Берия, также заместитель председателя правительства, ответственный за все, что было связано с атомными делами, сообщает 15 марта Молотову: «По сообщению МГБ — отец Черенкова в 1938 г. приговорен к ВМН (высшей мере наказания, т.е. расстрелу. — А.Б.), и приговор приведен в исполнение. Поэтому отсылки Черенкова надо воздержаться». История эта завершается итоговой резолюцией: «Придется отказаться от отсылки Черенкова. В.Молотов. 15/III» [3; Ед.хр.29. Л.161].

Приводимый документ исчерпывающим образом показывает всю тщетность надежд на получение Завойским в ту пору, за его впечатляющий прорыв в познание глубин материи, нобелевской награды. Даже если сталинский режим не пошел бы тогда на тотальный разрыв контактов советских ученых с нобелевскими учреждениями...■

Литература

1. Архив Королевской академии наук (КАН). Фонд нобелевских комитетов по физике и химии за 1946 г. Л.293.
2. Александр Наумович Фрумкин: Очерки. Воспоминания. Материалы / Под ред. Я.П.Страдыня. М., 1989. С.251.
3. Российский государственный архив социально-политических исследований (РГАСПИ). Ф.17. Оп.118.
4. Государственный архив РФ (ГАРФ). Ф.5283. Оп.20. Ед.хр.270.
5. Воспоминания о В.И.Векслере / Под ред. М.А.Маркова и А.Н.Горбунова. М., 1987. С.10—11.
6. Центральный архив общественных движений Москвы (ЦАОДМ). Ф.6862. Ед.хр.7.
7. Архив КАН. Фонд нобелевских комитетов по физике и химии за 1947 г. Л.81—82.
8. Архив КАН. Фонд комитетов за 1948 г. Л.468.
9. Болдин А.М. К столетию академика Д.В.Скобельцына. Дубна, 1992. С.4.
10. Архив РАН. Ф.579. Оп.1.
11. Чародей эксперимента: Сборник воспоминаний об академике Е.К.Завойском. М., 1993. С.59.
12. Гинзбург В.Л. О науке, о себе и о других. М., 2001. С.393.
13. Архив внешней политики РФ (АВП РФ). Ф.0140. Оп.40. Папка 159. Ед.хр.48. Л.81.

Новости науки

Космология

Вселенная расширяется с переменной скоростью

Со времен открытия Э.Хабблом «разбегания галактик» (1929) считалось, что расширение Вселенной должно постепенно замедляться под воздействием гравитации заполняющего ее вещества. Однако три года назад А.Рисс (A.Riess; Институт Космического телескопа, США) и его коллеги установили, что в действительности расширение Вселенной происходит с ускорением¹. Такой результат получен по наблюдениям в далеких галактиках сверхновых типа Ia — термоядерных взрывов на белых карликах. Эти объекты активно используются в качестве индикаторов расстояния благодаря тому, что мощность излучения в максимуме блеска у всех сверхновых типа Ia почти одна и та же (по крайней мере так считается). Когда в какой-то галактике вспыхивает сверхновая типа Ia, ее видимый блеск сопоставляется с известным (по наблюдениям сверхновых, дистанция до которых установлена каким-либо иным способом) истинным значением, что дает расстояние до самой сверхновой и до ее родительской галактики. Определенное таким способом, оно называется фотометрическим.

Но расстояние до сверхновых в относительно близких галактиках (в диапазоне от нескольких до сотен мегапарсеков) можно определить и другим методом. Хаббл установил, что в метагалактических окрестностях Млечного Пути расстояние до галактики прямо пропорционально скорости ее

движения по лучу зрения, т.е. доплеровскому смещению линий в ее спектре. Сохраняет ли закон Хаббла свою силу для более далеких в пространстве и времени объектов?

При поисках ответа на этот вопрос сверхновые типа Ia незаменимы: в силу высокой яркости они видны на очень больших расстояниях. Три года назад Рисс и его коллеги обнаружили, что вычисленная по доплеровскому смещению космологическая скорость сверхновых, которые удалены от Земли на несколько миллиардов световых лет, оказывается меньше той, что предсказывается для данного фотометрического расстояния законом Хаббла; они интерпретировали это как свидетельство более медленного, чем сейчас, расширения Вселенной в прошлом. Их противники утверждали, что истинная причина несогласия кроется в переоцененном фотометрическом расстоянии до очень далеких сверхновых; в реальности, говорили скептики, они находятся ближе, а слабый блеск связан с тем, что их излучение частично поглощено межгалактической пылью, или с тем, что в прошлом при взрывах сверхновых выделялось меньше энергии.

Окончательный ответ могли дать только наблюдения еще более далеких сверхновых. Найти одну из них Риссу и его коллегам помог счастливый случай. Точнее, Сверхновую 1997ff еще в конце 1997 г. обнаружил Р.Джиллиленд (R.Gilliland; Институт Космического телескопа), но измерить ее красное смещение тогда не удалось. Лишь в 2000 г. Рисс узнал, что ту же область неба через несколько недель после Джиллиленда с помощью инфракрасной камеры Ко-

смического телескопа Хаббла изучала другая группа астрономов. На этих изображениях Сверхновая 1997ff также имелась, что позволило построить ее кривую блеска (определив тем самым тип вспышки), измерить максимальную яркость и установить, что красное смещение сверхновой равно 1.7. Это означает, что Сверхновая 1997ff — самая далекая из известных: расстояние до нее приблизительно равно 10 млрд св. лет. У предыдущего «рекордсмена» красное смещение — 1.2.

Если бы несовпадение параметров далеких сверхновых с предсказаниями закона Хаббла действительно было кажущимся (связанным с меньшей абсолютной светимостью или с межгалактическим поглощением), то у столь далекой сверхновой оно должно было проявиться в еще большей степени. На практике же несоответствие хотя и существует, но направлено «в другую сторону». Если определять расстояние по закону Хаббла, Сверхновая 1997ff оказывается ярче, чем должна быть стандартная сверхновая типа Ia с таким красным смещением. Ни поглощением, ни пониженным выделением энергии это уже не объяснить.

Рисс и его коллеги считают, что Сверхновая 1997ff в действительности не отличается от аналогичных объектов в наших близких окрестностях, а ее высокая яркость означает, что она находится ближе, чем предсказывает закон Хаббла. В обобщенном виде вывод американских ученых таков: сверхновые, удаленные от нас на несколько миллиардов световых лет, движутся медленнее, чем предсказывает закон Хаббла; это значит, что расширение Вселен-

¹ Riess A.G. et al. // *Astrophys. J.* 2001. V.560. P.49–71; Turner M.S., Riess A.G. // *Ibid.* 2002. V.569. P.18–22.

ной с той поры заметно ускорилось. Самая далекая сверхновая, напротив, удаляется от нас быстрее, чем предсказывает закон Хаббла, а значит, расширение Вселенной в ту эпоху замедлялось. По мнению авторов работы, и то, и другое — верно. Сейчас предполагается, что ускорение «разбега галактик» связано с наличием во Вселенной «темной энергии», которая заставляет тела отталкиваться друг от друга, а в ранней Вселенной гравитационное притяжение было сильнее отталкивания, и потому разлет вещества замедлялся. Около 8 млрд лет назад расклад сил изменился, и с тех пор Вселенная расширяется с ускорением.

Конечно, не стоит забывать, что столь важные выводы сделаны на основании исследований единственного объекта. Авторы работы уверяют, что все основные источники ошибок приняты ими во внимание и на окончательный результат существенно повлиять не могут. Тем не менее возможность неверной интерпретации наблюдений не исключена. Вопрос о реальности ускорения и замедления Вселенной можно решить лишь после накопления большего объема данных о космологических сверхновых. Их поиск станет одной из основных задач Космического телескопа нового поколения (NGST), проектируемого сейчас под руководством НАСА.

© Д.З.Вибе,

кандидат

физико-математических наук

Москва

Астрофизика

Молодое Солнце: тусклое или яркое?

Наше дневное светило стало звездой примерно 4.6 млрд лет назад. До того оно было протозвездой — газовым шаром, в котором еще не началась термоядерная реакция превращения водорода в гелий. Тем не менее эта протозвезда была ярче современного Солнца, поскольку ее светимость в значительной степени обеспечивалась

аккрецией остатков вещества молекулярного облака, из которого образовалось прото-Солнце. Считается, что светимость Солнца в ту эпоху примерно в два раза превышала современное значение. Однако в моделях, на основе которых были получены эти оценки, эволюция протозвезды рассматривалась фрагментарно, без должного согласования между различными этапами. Более тщательное компьютерное моделирование, выполненное Г.Вухтерлем и Р.Клессеном (G.Wuchterl, R.Klessen; Институт внеземной физики Общества Макса Планка), свидетельствует, что молодое Солнце было еще более ярким и горячим.

С помощью специализированного суперкомпьютера GRAPE они впервые построили комплексную модель образования звезды — от фрагментации родительского молекулярного облака до начала термоядерных реакций — и выяснили, что на протозвездной стадии Солнце было в четыре раза ярче, чем сейчас, а температура его поверхности превышала современную на 500 К. Эти результаты могут существенно повлиять на современные представления о звездообразовании. Дело в том, что светимость и температура протозвезд используются для оценки их масс и возраста в предположении, что со временем блеск протозвезды падает. Если начальная светимость протозвезд более высока, чем считается сейчас, значит, возраст этих объектов недооценивается.

Косвенно выводы немецких ученых могут сказаться и на представлениях о ранней эволюции земного климата. Современные астрофизические модели указывают, что через несколько сотен миллионов лет после начала термоядерных реакций светимость Солнца упала до 70% от современного значения, а затем на протяжении следующих 4 млрд лет постепенно возрастала. С другой стороны, по геологическим данным, даже в период минимума солнечной светимости температура на Земле не опускалась ниже точки замерзания воды. Несовпадение между низкой солнечной

светимостью и относительно высокой температурой планеты известно в астрономии как «парадокс тусклого молодого Солнца». Если верить результатам Вухтерля и Клессена, молодое Солнце могло быть не таким уж и тусклым. Правда, нужно учитывать, что модель немецких ученых охватывает лишь первые несколько миллионов лет жизни Солнца и потому непосредственного решения парадокса предложить не может, оставляя открытым вопрос, распространялось ли влияние повышенной светимости и температуры прото-Солнца на более поздние этапы его эволюции.

Astrophysical Journal Letters. 2001. V.560. №2. P.L185 (США).

Астрофизика. Техника

Астрофизики объединяют усилия

Все больший успех приносит радиоастрономам всего мира использование метода интерферометрии с очень длинной базовой линией. Американская сеть радионаблюдений состоит ныне из 10 антенн, раскинувшихся на пространстве 13 тыс. км — от Гавайских о-вов в Тихом океане до Виргинских — в Атлантике. Аналогичная европейская сеть насчитывает 18 антенн. Теперь подобная сеть начинает строиться в Азии. В конце 2001 г. японские астрофизики подписали соглашение с коллегами Республики Корея о создании новых радиоастрономических установок на территориях обеих стран.

Сейчас в Южной Корее, у берегов Желтого моря, работает всего одна радиоастрономическая обсерватория — Тэдук, а в Японии, на о.Хонсю, их четыре, в том числе такие крупные, как Митака и Нобеяма, и две меньшие — на о.Кюсю. Расстояние между наиболее удаленными друг от друга станциями Тэдук и Нобеяма — 1 тыс. км. К 2005 г. планируется довести объединенную сеть до десятка радионантенн, что придаст ей отличную разрешающую способность.

Основная задача новой сети будет состоять в изучении мазеров — малоизученных источников когерентного радиоизлучения, подобного когерентному световому излучению лазеров. Для наблюдения за космическими мазерами предстоит объединить три корейских (две из них еще будут построены) и семь японских (в том числе три новых) астрономических радиообсерваторий с 20-метровыми антеннами. На строительство японской сети, получившей название VERA (Very Long Base Line Exploration of Radio Astrometry), ассигновано 58 млн долл.; она должна вступить в строй уже в 2002 г. Корейская часть системы стоимостью 16 млн долл. заработает в 2005 г.

Первая задача, которую поставили перед собой японские ученые, — уточнить местоположение мазеров в широкой полосе Млечного Пути и регистрировать движения галактических спиральных рукавов. Корейский же коллектив для начала приступит к изучению активных галактических ядер и областей, где рождаются звезды. В более отдаленном будущем корейско-японская сеть станет частью Азиатско-Тихоокеанского телескопа — общей системы всех радиоастрономических учреждений огромного региона, в который предстоит включиться и Австралии. Всего предполагается участие 21 обсерватории в 10 различных странах.

Science. 2001. V.294. №5544. P.977 (США).

Физика

Квантовый предел плотности магнитной записи

С 1997 г. плотность магнитной записи удваивается ежегодно. Если такая возможность сохранится, вскоре понадобятся очень маленькие и стабильные магнитные гранулы. Для каждого магнитного материала и температуры существует критический размер гранул, ниже которого они могут спонтанно перемагничиваться из-за термических флуктуаций. Иными

словами, при меньших размерах гранул материал становится суперпарамагнитным¹. Для преодоления этого ограничения стали использовать материалы с высокой анизотропией. Гранулы стали меньше, но поле намагничивания — выше.

Другой путь заключается, естественно, в понижении температуры и подавлении термических флуктуаций. Действительно, состояния с исходной и обратной намагниченностью гранулы, находящейся в перемагничивающем внешнем поле соседних гранул, разделены потенциальным барьером. Преодолеть барьер можно за счет термической активации, и такой процесс перехода может быть существенно подавлен понижением температуры. К сожалению, еще один канал — туннелирование — не зависит от температуры. Он и дает квантовый предел, установленный самой природой.

Сотрудники Исследовательского центра Т.Уотсона компании IBM рассчитали этот предел на основе теории макроскопического квантового туннелирования для различных материалов². В качестве типичного критерия стабильности магнитной записи было выбрано следующее: каждый бит должен сохранять 95% своей намагниченности в течение 10 лет.

Каковы же прогнозы? У сплавов кобальта, на которых была продемонстрирована магнитная память с плотностью записи 10 Гбит/дюйм², плотность можно довести до 1.9 Тбит/дюйм² при температуре 0.1 К, после чего вступает в силу квантовое ограничение. Среда с железоплатиновыми наночастицами является материалом с высокой анизотропией и кандидатом на достижение плотности 100 Гбит/дюйм². Для этого материала авторы получили ограничение 43 Тбит/дюйм² при температуре 1.3 К.

<http://perst.issph.kiae.ru/inform/perst/p117/index/html>

¹ Подробнее см.: Звездин А.К., Звездин К.А. Суперпарамагнетизм сегодня: магниты-картики на пути в мир квантов // Природа. 2001. №9. С.9—18.

² Applied Physics Letters. 2001. V.79. P.150.

Зоология

Насекомых на Земле не более пяти миллионов видов

Двадцать лет назад в специализированном журнале колеоптерологов, т.е. специалистов по жукам (отряд Coleoptera), была опубликована наделавшая много шума статья американского исследователя Т.Эрвина¹, утверждавшего, что в тропических лесах может обитать более 30 млн видов членистоногих, главным образом насекомых. Основанием для такого смелого вывода стала проведенная им оценка числа видов насекомых, специфически связанных только с одним видом деревьев из семейства бобовых (*Luebea see-manni*) в тропическом лесу Панамы. Используя фумигацию (окуривание инсектицидом) крон деревьев и собрав всех упавших членистоногих на растянутую внизу полиэтиленовую пленку, Эрвин подсчитал общее число видов жуков (из которых многие, как он полагал, неизвестны науке) и пришел к выводу, что *L.seemanni* служит кормовым растением всего для 136 из них. Приняв ряд допущений, он рассчитал также, что число видов всех членистоногих, связанных с одним видом деревьев (включая тех, что живут на земле) достигает 600, а так как древесных видов в тропиках около 50 тыс., то простое перемножение давало 30 млн; вместе с уже известными науке (около 1 млн) это составляло 31 млн.

Некоторые энтомологи отнеслись к расчетам Эрвина весьма скептически: приняв его логику, следовало ожидать, что большинство насекомых, находимых исследователями в тропиках, должны относиться к новым, еще не известным науке, видам, на самом же деле таковые встречаются не столь уж часто.

Свои расчеты Эрвин строил на широко распространенном мнении о том, что животные и растения тропических лесов прошли

¹ Erwin T.L. // Coleopterist's Bull. 1982. V.36. P.74—75.

очень длительную коэволюцию, приведшую к строгой стенофагии — приуроченности конкретных видов растительных животных к определенным видам растений. Эту гипотезу и проверил недавно В.Новотный (Институт энтомологии Чешской академии наук) совместно с коллегами из США, Панамы, Швеции и Чехии².

Обследуя в течение нескольких лет участок низменного тропического дождевого леса в Новой Гвинее, ученые собирали насекомых с листьев 51 вида растений, в том числе с 13 видов рода *Ficus* и четырех — рода *Psychotria*. Всего было собрано более 50 тыс. насекомых, относящихся к 935 видам, среди которых преобладали жуки, гусеницы бабочек (чешуекрылых) и прямокрылые. Кроме того, исследователи выращивали гусениц на разных растениях, стараясь довести их до куколки.

Анализ всего этого обширного материала показал, что одни и те же виды растительных насекомых обычно кормятся листьями нескольких видов растений какого-либо одного рода, многие (примерно треть) питаются и на совсем неродственных растениях. В среднем на одном виде деревьев в обследованном лесу находят пропитание около 32.9 ± 1.7 вида жуков, 26.1 ± 2.4 — чешуекрылых (гусениц) и 20.6 ± 0.9 — прямокрылых. Если же считать узких специалистов, то их в расчете на один кормовой вид приходится 7.9 вида жуков, 13.3 — бабочек и 2.9 — прямокрылых. Таким образом, представление о чрезвычайной распространенности в тропиках стенофагии оказывается не более чем мифом.

Новотный и его коллеги рассчитали также, сколько видов насекомых может быть связано с кормовыми растениями на уровне родов, а затем, исходя из полученных данных, вычислили общее число видов членистоногих: их оказалось около 4.9 млн, но не 31 млн, как предполагал Эрвин.

© А.М.Гиляров,
доктор биологических наук
Москва

² Novotny V., Bassett Y., Miller S. et al. // Nature. 2002. V.416. P.841—844.

Зоология. Охрана природы

В Африке два вида слонов, а не один!

По современной систематике, в семействе слоновых всего два вида: африканский слон (*Loxodonta africana*) и индийский (*Elephas maximus*). Различаются они (помимо места обитания) размерами тела (первые намного крупнее), а также формой и величиной ушей и бивней.

Африканского слона, живущего в облесенной саванне Восточной и Южной Африки, относят к подвиду *L.a.africana*, а того, что населяет дождевые тропические леса, — к подвиду *L.a.cyclotis*. Правда, иногда их рассматривают как самостоятельные виды.

Теперь это подтвердили генетики А.Л.Рока и С.Дж.О'Брайен (A.L.Roca, S.J.O'Brien; Национальный онкологический институт в Фредерике, штат Мэриленд, США) и Н.Георгиадес (N.Georgiades; Исследовательский центр Мпала в Наньюки, Кения). Они проанализировали ДНК 195 диких слонов, принадлежащих к 21 популяции, и установили последовательность 1732 нуклеотидов из каждого образца. Оказалось, генетическое различие между лесным и саванновым, или кустарниковым, слонами вдвое больше, чем между африканским и индийским. Исходя из этих результатов, ученые полагают, что подвиды африканского слона следует считать полноправными видами.

Такой вывод важен не только для «сухой» систематики. Меры по охране африканского слона разработаны на основе того, что все 500 тыс. этих животных представляют единый вид. Но если в действительности их два, а численность одного из них — лесного — вряд ли составляет больше трети всего поголовья, то для обеспечения сохранности именно этого вида нужны совсем иные меры.

Science. 2001. V.293. №5534. P.1414 (США).

Экология

Проблема синезеленых

В Каспийском научно-исследовательском институте морского рыбного хозяйства и океанографии (г.Астрахань) ведутся исследования, связанные с органическим загрязнением водоемов, в частности с растущей год от году биомассой синезеленых водорослей.

Как выяснилось, среди большого разнообразия фитопланктона наибольшую биомассу образуют: зимой — диатомовые, весной — зеленые, летом — синезеленые, осенью — эвгленовые водоросли. Принято считать, что в кормовом отношении наибольшую ценность представляют зеленые. Так оно и есть, но эти водоросли обильны преимущественно в мае; в июне клетки замирают, готовясь к делению, их остаточная биомасса падает до $1-7 \text{ г/м}^3$. Самое обильное в году минеральное питание расходуется на рост многоклеточных водорослей — макрорифов. В июле биомасса зеленых одноклеточных водорослей (микрофитов) еще растет, но в мелководных прогреваемых водоемах свыше 90% фитопланктона составляют синезеленые с общей биомассой до 60 г/м^3 . Выделяемые ими токсины часто ведут к гибели гидробионтов даже в реках.

Мелкие размеры (менее 20 мкм в диаметре) и токсичность делают синезеленые водоросли для потребителей непривлекательными; в основной своей массе они после отмирания становятся пищей для бактерий. Однако и бактерии все реже справляются с их утилизацией, водоемы быстрее вступают в фазу деградации и загнивают.

Чтобы спасти водоемы, стоит вселять в них рыбу-санитара — белого толстолобика *Hypophthalmichthys molitrix*. Но даже эти ценные рыбы не всегда способны справиться с синезелеными. Рекомендованное летнее азотно-фосфорное удобрение (соотношение азота и фосфора 6:1) призвано увеличивать биомассу зеленых, но на самом деле фосфор при высоких

температурах быстро связывается грунтами, а соотношение N:P 10:1 стимулирует развитие уже синезеленых. Избыточное внесение фосфора приостанавливает фотосинтез. При высоких температурах мы в лучшем случае можем лишь сдвинуть замещение зеленых синезелеными на более поздние сроки, но не предотвратить их цветение. Реальный способ подавить цветение синезеленых заодно с зелеными — внести магний в критические моменты жары и безветрия.

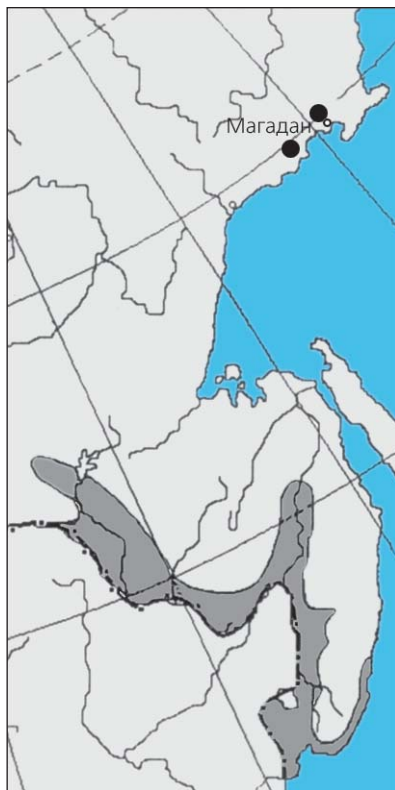
Дешевым источником магния, фосфора и кальция служит рыбный фарш, приготовленный из сорных видов рыб, выловленных в том же водоеме. Даже небольшое, но ежедневное внесение его с конца августа по начало ноября ускоряет смену синезеленых на эвгленовые. Уже с сентября биомасса эвгленовых составляет 10—20 г/м³. В совокупности с такой же биомассой бактериопланктона эти питательные водоросли продлевают вегетационный сезон на пару месяцев, обеспечивая дополнительный рост гидробионтов. Из числа рыб оптимальным потребителем такого корма являются толстолобики рода *Aristichthys* (*A.nobilis* и *A.vinogradovi*). В результате получается многосторонний положительный эффект: водоем спасается от излишнего цветения синезеленых, повышается продуктивность гидробионтов на всех ступенях трофической пирамиды и рыбы указанных видов вырастают за один сезон от личинок до товарной массы.

© В.Н.Еловенко,
кандидат биологических наук
Астрахань

Экология

Интродукция полевой мыши в Магаданскую область

До недавнего времени в Магаданской обл. был известен лишь один вид из рода лесных и полевых мышей — азиатская лесная (*Apodemus peninsulae*), однако с 1995 г. в уловах стали регулярно появляться также полевые мыши



Ареал распространения полевой мыши на Дальнем Востоке (В.А.Костенко, 2000) и места обнаружения вида на территории Магаданской обл. (черные кружки).

(*A.agranus*). Сотрудники лаборатории экологии млекопитающих Института биологических проблем Севера ДВО РАН Н.Е.Докучаев, В.В.Поспехов и А.Н.Лазуткин считают, что вселение в регион нехарактерного для него вида мышей — свершившийся факт.

Полевые мыши — это среднего размера (длина тела до 127 мм) грызуны, отличающиеся от других видов рода проходящей вдоль всего хребта черной или темно-бурой узкой полосой. За сезон размножения у них бывает три-четыре помета по четыре—девять детенышей, которые в трехмесячном возрасте способны к размножению. Оптимальные для их обитания земли — сельскохозяйственные в сочетании с осоково-разнотравно-злаковыми или осоково-вейниковыми лугами, поросшими кустарниковыми зарослями. По доли-

нам рек и вдоль транспортных путей этот вид проникает в лесные массивы, кроме того, он характерен для населенных пунктов, в том числе крупных городов.

Ареал полевой мыши состоит из двух частей: западной (от Центральной Европы до Байкала) и восточной (северо-восток Китая, п-ов Корея, о.Тайвань, север Бирмы, а также южная часть российского Дальнего Востока — здесь он за последние десятилетия значительно расширился, главным образом в связи с интенсивным вырубанием лесов)¹. В Магаданскую обл. полевые мыши, несомненно, попали при случайном завозе с сельскохозяйственной продукцией или комбикормами. Судя по всему, на юге области, где земли разработаны под посевы, а также в поселках они нашли для себя благоприятные условия.

Полевые мыши — переносчики возбудителей многих опасных инфекций, таких как чума, туляремия, лептоспироз, сибирская язва, клещевой энцефалит. Учитывая эпидемиологическую опасность вида и вред, наносимый сельскому хозяйству, необходимо наладить контроль за его численностью и четко определить освоенную животными территорию. Желательно провести мероприятия по истреблению этих грызунов.

Колымские вести ДВО РАН. 2001. №14. С.19—20 (Россия).

Экология

Хищник и его «наивная» жертва

Появление нового хищника или возвращение после длительного отсутствия некогда здесь обитавшего всегда опасно для его потенциальных жертв: у них нет опыта взаимоотношений и инстинкта, позволяющего сохранить свою жизнь. Считается, что в голоде вымирание крупных (массой свыше 44 кг) животных, приведшее к исчезновению половины из 168 родов, произошло в основном из-за первого контакта с древним

¹ Костенко В.А. Грызуны (Rodentia) Дальнего Востока России. Владивосток, 2000.



Хищники, реинтродуцированные за последние 10 лет: волк красный (штат Северная Каролина); собака енотовидная (ЮАР, Намибия, Зимбабве, Кения); пума (штат Флорида); калан (штаты Аляска, Вашингтон, Орегон, Калифорния и канадская провинция Британская Колумбия); хорек черноногий (штаты Вайоминг, Монтана, Аризона, Северная и Южная Дакота); медведь бурый (Польша, Австрия, Франция, Италия, штат Монтана).

человеком. Подобные ситуации возникали и в более поздние времена: по статистике, 81% всех млекопитающих, исчезнувших с лица Земли за последние 500 лет, были эндемиками, столкнувшимися с неизвестными для них хищниками. Вот довольно яркий пример: когда «неизвестный хищник» Ч.Дарвин, высадившись на Фолклендских о-вах, решил обзавестись для коллекции образцом местной разновидности волка, он просто подошел вплотную и пристрелил первую попавшуюся особь. Все это следует учитывать даже при попытках реинтродукции хищника в места, где он некогда обитал, поскольку его бывшие «соседи» успели от него отвыкнуть.

Группа американских и норвежских исследователей под руководством Дж.Бергера (J.Berger; Университет штата Невада в Рино, США) изучила опыт интродукции и реинтродукции гризли (подвид бурого медведя) и серого волка. Из 173 подобных случаев вселения, имевших место во всем мире, около 19% относятся к континентам, 18% — к прибрежным, а 63% — к сравнительно удаленным островам. Более или менее безболез-

ненно этот опыт прошел лишь на материках, вообще же успешными оказались не более 42% попыток.

В разных местах события развивались по-разному. Гризли, введенные в Скандинавию, быстро уничтожили значительную часть тамошней популяции взрослых лосей, пока те не избавились от своей «наивности». А в районе Йеллоустонского национального парка, куда после длительного отсутствия были возвращены волки, многие самки лосей, потеряв детенышей, стали проявлять сверхчувствительную реакцию на удаленный волчий вой. В центре Аляски у лосей, даже после долгой «разлуки» с волками и гризли, оставалась крайне обостренная реакция на запахи и звуки, связанные с этими хищниками; воронье карканье, ассоциирующееся с присутствием врага, и то заставляло лосей проявлять бдительность. Напротив, в национальном парке «Гранд-Титон» (штат Вайоминг), где лоси отвыкали от медведей и волков лишь 75 лет (около 10 поколений), реакция на их возвращение или имитацию возвращения (проигрывание магнитофонной записи волчьего воя, предъявление запахов мочи хищника и т.п.) практически от-

сутствовала. Столь быстрая потеря рефлекса, выработавшегося ранее в результате длительного сосуществования, была для ученых полной неожиданностью.

Исследователи отмечают, что после 50—130 лет «разлуки» с хищником и тяжелых последствий первичной встречи с ним приспособленческие реакции возобновляются обычно через одно поколение. Возможно, перед интродукцией хищника в местность, где он долго отсутствовал, следует предупреждать вероятных его жертв об опасности и «обучать» их, для чего, например, выпускать туда сначала небольшое число хищников.

Science. 2001. V.291. №5506. P.997, 1036 (США).

Океанология. Охрана природы

Как возродить коралловые рифы

Как известно, в последние десятилетия коралловые постройки сильно страдают от потепления, загрязнения вод и других факторов¹. Все это нанесло значительный ущерб, в частности Большому Барьерному рифу — величайшему в мире природному сооружению, протянувшемуся вдоль восточного побережья Австралии более чем на 2 тыс. км.

Биологи Австралийского института морских наук во Фримантле предложили метод восстановления гибнущих коралловых рифов. Еще в 1997 г. они отметили массовое размножение полипов в ходе эксперимента в заливе Корал-Бей (западное побережье страны). Ученые ведрами черпали из воды крошечные личинки кораллов и размещали их в плавучих садках, заякоренных над поврежденным местом рифа. Уже созревших личинок помещали на черепицу или плитку, в неглубоком месте опускали на дно и следили за их развитием, защи-

¹ См. также: Спасение кораллов с помощью Интернета // Природа. 2000. №2. С.84; Несис КН. Эль-Ниньо и судьба коралловых рифов // Там же. 2001. №3. С.82.

щая от хищников с помощью сетчатых укрытий.

Опыт показал, что таким способом можно вырастить до 24 тыс. молодых коралловых полипов на каждом квадратном метре дна, тогда как в естественной обстановке их число в среднем составляет лишь около 27 на 1 м². Похоже, ученые нашли способ возрождения Большого Барьерного рифа. Местные власти, заинтересованные в притоке туристов, средств на это, конечно, не пожалеют.

Science. 2001. V.294. №5544. P.991 (США).

Гидрология

Водоснабжение в глобальном масштабе

Пресные воды не только незаменимый питьевой ресурс: орошаемые ими земли дают около 40% общемирового урожая; на ГЭС производится примерно 20% всей электроэнергии; из потребляемой людьми рыбы 12% составляют речные и озерные виды. Однако используют воду слишком интенсивно и нередко бездумно¹. В сухой сезон некоторые реки (например, Колорадо, Амударья и Хуанхэ) уже не доходят до своего устья. С 1950 г. число высоких (выше 15 м) речных плотин в мире возросло с 5,7 тыс. до 41 тыс., что привело к значительному раздроблению районов обитания многих водных и сухопутных видов. На орошение идет до 70% всей используемой воды, однако более половины влаги теряется по пути к полям, просачиваясь в почву или испаряясь.

Американские специалисты из Института мировых ресурсов (Вашингтон) и Университета штата Нью-Гэмпшир (Дарем) исследовали проблемы водоснабжения в глобальном масштабе. Оказалось, что около 2,3 млрд человек, живущих в бассейнах рек, ежегодно получают менее 1700 м³ воды, причем 1,7 млрд из них испытывают острый дефицит, используя в год менее 1 тыс. м³. Если ны-

нешний характер потребления сохранится, к 2025 г. по меньшей мере 3,5 млрд человек (к тому времени 48% населения Земли) будут страдать от недостатка воды.

Сегодня примерно 3,3 млрд человек не имеют доступа к чистой воде. В развивающихся странах до 90% отходов сельского хозяйства и жизнедеятельности человека сбрасывают в реки и озера неочищенными. Около 1,5 млрд людей берут питьевую воду из подземных источников, однако большую ее часть добывают из неглубоких слоев, связанных с теми же экологическими системами, что и загрязненные поверхностные. Излишняя эксплуатация подземных резервуаров может лишить многие реки и ручьи значительной части стока, а загрязнение — сделать воду непригодной для использования.

Исследователи видят выход из положения в том, чтобы установить на воду ту цену, которая отражает все последствия изъятия ее из природной среды. Такие меры в Чили позволили сократить расход воды для ирригации на 22–26% и сэкономить около 400 млн долл., а в Индонезии, в г.Богор, — сократить бытовое потребление воды на 30%. Расходы по созданию вдоль ручьев и рек буферных зон (где запрещено строительство дорог, распашка, использование пестицидов) также должны оплачиваться теми, кто изымает воду. Когда подобные решения были приняты в американских городах Портленде (штат Орегон), Портленде (штат Мэриленд) и Нью-Йорке, оказалось, что на каждый доллар, потраченный на охрану пресных вод, удалось сберечь от 7,5 до 200 долл., — иначе эти деньги пришлось бы выделить на строительство новых водоочистных сооружений. Наконец, необходима система штрафов за активное загрязнение водных источников. Положительные результаты таких мер уже получены в штатах Мичиган, Висконсин и Миннесота.

Science. 2001. V.292. №5519. P.1071 (США).

Вулканология

Цепь подводных вулканов

24 апреля 2001 г. сейсмологическая станция «Помприорио» на атолле Рангира в архипелаге Туамоту (Французская территория в южной части Тихого океана) зафиксировала «взрыв» на морском дне. Анализ сейсмических волн, выполненный сотрудниками Геофизической лаборатории в Поматаи на о.Таити (Французская Полинезия), показал, что их источник расположен в пределах Марианских о-вов, приблизительно в точке с координатами 20,3°с.ш., 145,0°в.д. (±15 км). В этом районе на морском дне расположена подводная гора Ауди, вершина которой находится в 140 м под поверхностью моря. Именно вулканическая активность Ауди и предполагается с тех пор, как в 1979 г. экипаж рыболовного судна отметил появление здесь необычных волн, а также изменение цвета воды, сопровождавшееся сильным запахом серы.

К северу от Ауди лежит вулканический остров Фаральон-де-Пахарос (другое его название — Уракас). Этот двухкилометровый клочок суши относится к числу самых активных вулканов Марианских о-вов. Своими частыми землетрясениями и извержениями он известен с середины XIX в. — мореплаватели даже прозвали его «маяком Западной Пацифики». В 1967 г. вулканическая деятельность отмечалась также на склонах подводной горы Маханас (к юго-западу от Ауди), а в 1969 г. — на рифе Сапплай, что несколько южнее Ауди.

Акустическая съемка позволила установить, что риф Сапплай на самом деле — колоссальный подводный вулкан конической формы: он возвышается на 8 км над дном и является одной из самых грандиозных гор в мире и соперником высочайших действующих вулканов на суше. В 10 км к юго-востоку от него расположен о.Мауг, представляющий собой надводную часть еще одного подводного вулкана, присоединенного к рифу Сапплай низким горным седлом;

¹ Ограничения на водопользование неизбежны // Природа. 1997. №3. С.121–122.

здесь также не раз отмечались сейсмические события.

Ученые пришли к заключению, что в этом регионе существует мощная вулканическая горная система, активность которой может быть поставлена в один ряд с известными на суше.

Bulletin of the Global Volcanism Network. 2001. V.26. №5. P.8 (США).

Вулканология

Вулкан угрожает папуасам

На о.Новая Британия (территория Папуа—Новой Гвинеи) находится вулкан Улавун — самый высокий из вулканов здешней островной дуги, окаймляющей море Бисмарка, к тому же — один из самых активных в данном регионе. 30 апреля 2001 г. американский искусственный спутник «GMS» («Geostationary Meteorology Satellite») зарегистрировал появление над ним облака пепла. Находящаяся в Рабауле (крупнейшем городе Папуа—Новой Гвинеи) вулканологическая обсерватория подтвердила факт очередного пробуждения Улавуна, дремавшего с октября 2000 г.

Свежий девятикилометровый выброс пепла, вытянувшись под напором ветра более чем на 100 км к северо-западу от источника, достиг высоты 13 700 м над ур.м. Через трое суток извержение пошло на убыль, но руководство Рабаульской обсерватории не отменило тревогу II степени, посчитав, что опасность пока не миновала.

Еще до завершения видимой стадии извержения спектрометр, установленный на спутнике, зафиксировал над Новой Британией плотное скопление SO₂, сконцентрировавшееся в воздушном пространстве примерно в 400 км к юго-западу от Улавуна. Общая масса выброшенного в атмосферу диоксида серы достигала, вероятно, 5 тыс. т.

Верхняя тысяча метров этой вулканической горы, сложенной базальтами и андезитами (ее общая высота 2334 м над ур.м.) полностью лишена растительности. На склонах высится несколько по-

бочных вулканических конусов, а в долину спускаются языки застывшей лавы.

Первые документально зарегистрированные извержения Улавуна относятся к началу XVIII в. В 20-м столетии извержения вплоть до 1967 г. сопровождалась слабыми взрывами, но затем, в особенности после 1970 г., из кратеров стали «мирно» истекать потоки лавы, причинявшие существенный ущерб населению.

Наблюдения за развитием событий ведут австралийские метеорологи и американские специалисты Центра геотехнологии при Университете штата Мэриленд (США). Bulletin of the Global Volcanism Network. 2001. V.26. №5. P.9 (США).

Палеоантропология

Эцти: знакомство продолжается

Десятилетняя годовщина со дня находки в Эцтальских Альпах мумии человека эпохи неолита¹ ознаменовалась новой информацией. Приглашенные из Австралии специалисты во главе с геохимиком В.Мюллером (W.Müller; Национальный университет в Канберре) изучили состав его зубной эмали. Соотношение в ней ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr показывает, что в детстве и в юные годы Эцти употреблял в пищу растения, обычно встречающиеся на гнейсовых почвах, характерных для нынешней итальянской провинции Южный Тироль, а не на известковых, что обычно для Австрии.

Анализ изотопов кислорода в тканях Эцти говорит, что во взрослом состоянии он жил на больших высотах над уровнем моря, чем в детстве. Археологи полагают, что местом его жительства могла быть стоянка человека в местности Юваль, которая также находится в Южном Тироле.

¹ Первые публикации в «Природе»: «Изумительная находка» (1992. №9. С.117); «Как погиб Эцти?» (1993. №5. С.118); ЕН.Мащенко «Мумия «ледяного человека» из неолита» (1994. №2. С.50—53); «Новые сведения об Эцти» (1995. №1. С.121); «Волосы Эцти содержат медь» (1996. №8. С.120); «Эцти становится музейным экспонатом» (1999. №1. С.115) и др.

Теперь производится биопсия тканей Эцти, чтобы установить, не было ли у него опухоли простаты; это позволит решить давний спор, является ли рак болезнью современного человека, или же им страдали и в древности. Первые попытки выделить Y-хромосому ДНК, возможно, сохранившуюся за 5310 лет (таков возраст находки), оказались неудачными. Если же они увенчаются успехом, можно будет судить о том, как человек распространялся по территории древней Европы. Обсуждается также вопрос, следует ли рассечь лопатку и извлечь недавно обнаруженный наконечник стрелы, которой, вероятно, Эцти и был убит². Интересно также определить происхождение и способ изготовления медного топора, лежавшего рядом с телом.

Австро-итальянские руководители исследовательских работ заключили соглашение с перуанским музеем в Леймебамбе. Этот музей в 1998 г. был организован частично на деньги австрийского правительства для сохранения 220 мумифицированных людей из индейского племени чачапоя, которые были погребены здесь в XVI в. Методика сохранения и изучения подобных объектов, разработанная на примере Эцти, теперь может быть применена и к перуанским мумиям. Заодно предстоит определить генетические и культурологические характеристики современного населения этой страны. В 2003 г. предполагается доставить из Америки в г.Болцано (Италия), где идут исследования Эцти, четыре южноамериканские мумии для их сопоставления.

Соглашение с чилийскими учеными предусматривает сотрудничество в исследовании так называемого принца Эль-Пломского. Это сохранившиеся в горном леднике останки восьмилетнего ребенка племени инков, принесенного в жертву примерно 400 лет назад. Хотя все эти находки значительно «моложе» Эцти, их параллельное изучение обещает быть очень плодотворным.

² Эцти — жертва убийства // Природа. 2002. №4. С.86.

Научные исследования Эцти возглавляет австрийский специалист Х.Зайдлер (H.Seidler). Тем временем изображение Эцти было нанесено на местную пластиковую телефонную карточку, коробки с мармеладом, почтовые марки, а некий композитор в честь него сочинил мюзикл под названием «Мороженный Фриц».

Science. 2001. V.293. №5539. P.2373 (США).

Морфология. Палеонтология

Родичей китов находят на суше

Известно, что предки китов переселились в море около 50 млн лет назад. Но вот с какими именно животными, оставшимися на суше, они состоят в родстве, долгое время вызывало споры среди палеонтологов и специалистов по млекопитающим. За последнее десятилетие накопилось уже много свидетельств того, что эти гиганты представляют собой высокоспециализированную форму копытных: остатки ранее неизвестных древних китообразных, найденные в Пакистане, Индии и Египте, заполняют собой морфологический пробел между млекопитающими, обитателями суши, с одной стороны, и китами и дельфинами — с другой.

Там, где были сделаны все последние открытия, десятки миллионов лет назад находился океан Тетис. Переселение в морскую среду требовало длительного и существенного приспособления организма, наиболее древние киты все еще сохраняли следы наземного образа жизни. Особенно заметны они у так называемого ходячего кита (*Ambulocetus*), жившего в раннем эоцене, около 48—47 млн лет назад: его конечности были неплохо развиты, на них еще сохранялись элементы, похожие на бывшие копыта, а плоскость симметрии проходила между третьим и четвертым пальцами.

Однако твердых доказательств близкого родства с теми или иными наземными животными все

еще не находили. Многие палеоморфологи предполагали, что такими родственниками были мезонихиевые — группа вымерших копытных хищников. С другой стороны, данные молекулярного анализа свидетельствовали: киты относятся к артиодактилям — парнокопытным растительноядным — и близки современным овцам, коровам, оленям, верблюдам, свиньям и бегемотам.

Палеонтологи Ф.Д.Гингерич (F.D.Gingerich; Университет штата Мичиган в Анн-Арборе, США) и М.уль-Хак (M.ul Haq; Геологическое управление Пакистана в Кветте) и их коллеги предъявили научному миру найденные недавно в восточной части пакистанской провинции Белуджистан остатки ископаемых китообразных *Artiocetus clavis* и *Rodbocetus balochistanensis*, живших в раннем эоцене (около 47 млн лет назад). Эти животные неизвестных ранее родов и видов имели весьма примитивное для китов строение, однако конечности у них развиты неплохо. Самое же важное то, что форма коленных суставов у этих ископаемых свойственна лишь парнокопытным, а не мезонихиевым. Конструкция суставов лучше приспособлена для плавания, чем для ходьбы и бега, и, следовательно, говорит об общем происхождении, а не о конвергентной эволюции далеких друг от друга форм.

Аналогичные черты строения колена у древних китообразных встречались ученым и ранее, но эти находки — первые хорошо сохранившиеся. Другие черты скелета тоже говорят в пользу родства *Artiocetus* и *Rodbocetus* с парнокопытными, от которых они, очевидно, и происходят. Так морфология и молекулярная систематика сошлись, наконец, во мнениях.

Авторы считают, что из ныне здравствующих обитателей суши самый близкий родственник китов — гиппопотам, у них был общий предок, пока еще не известный ученым. Искать его, видимо, следует также на территории Пакистана.

Science. 2001. V.293. №5538. P.2216, 2239 (США).

Археология

Древняя трехъярусная могила в Сирии

Международная группа археологов во главе с Г.Шварцем (G.Schwartz; Университет Дж.Гопкинса, США) вскрыла в поселении Умм-эль-Марра, что в 320 км к северо-востоку от Дамаска (Сирия), необычную постройку из глины и кирпичей. Возраст находки 4300 лет — ее относят к одной из самых древних в мире городских культур. Сооружение скрывало нетронутую трехъярусную могилу. В верхней части находились останки двух молодых женщин, покровы которых были щедро расшиты драгоценностями; возле каждой из них лежали останки запеленутого ребенка. Во втором ярусе захоронены двое мужчин и ребенок; их покровы украшены менее богато. В нижнем найдены скелет самого старшего по возрасту мужчины и серебряный кубок.

Искусно изготовленные золотые и серебряные ювелирные изделия, богатые орнаменты, глиняная посуда и другие предметы утвари свидетельствуют о принадлежности усопших к элите общества. Но кем именно они были? Шварц и его коллеги высказали несколько предположений: женщины могли быть местными правительницами, а мужчины и дети «сопровождали» их после смерти; или, наоборот, — именно женщин принесли в жертву; не исключено также, что все они умерли от эпидемии. Возможно, ответ будет получен при раскопках в соседнем поселении (к сожалению, в Умм-эль-Марре богатых могил для сравнения не обнаружено).

Когда в 1970-х годах в Сирии был открыт древний г.Ибла, археологи собрали около 17 тыс. клинописных текстов, в некоторых содержатся сведения о процветающем поселении Туба. Шварц предполагает, что необычная могила находилась на его территории, и надеется, что изучение древних текстов даст информацию об этом захоронении.

National Geographic. 2002. V.201. №1. P.17 (США).

Одиссея Зиновия Каневского

М.Ю.Зубрева
Журнал «Природа»
Москва

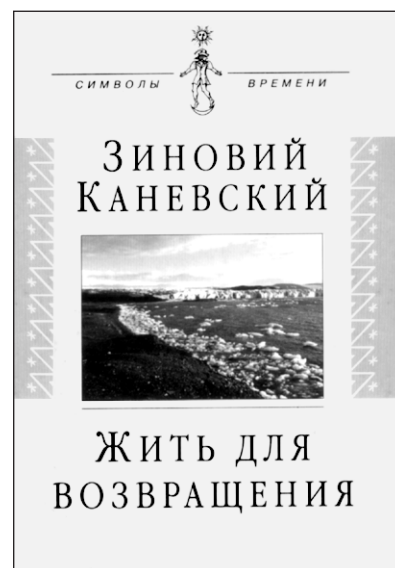
Над этой книгой журналист и писатель Зиновий Михайлович Каневский (1932—1996), по первой профессии географ, работал в последние годы жизни, а подготовила ее к печати через пять лет после его смерти Наталия Владимировна Давидович — жена и друг. Книга родилась нелегко — сначала была написана только первая ее часть, остальное — отрывки воспоминаний, записи разных лет — предстояло собрать, выстроить, нанизав на биографическую канву. Затем были хлопоты, обычные для нашего времени, — поиск подходящего издательства (оно прекрасно справилось с работой) и, конечно же, денег. Надежда на обещанную помощь со стороны известных путешественников рассеялась, спонсором оказался скромный Институт географии РАН. Но основную часть финансов добыла вовсе не богатая семья автора (в этом случае лучше бы писать это слово с большой буквы). И вот результат — Зиновий Каневский «вернулся» к тем, кто знал и любил его при жизни и, надеюсь, к тем, кто полюбит, прочитав эту книгу.

В каждой строке — личность автора, яркая, одаренная, уникальная, в которой гармонично соединились талант и скромность, доброта и мужество, обаяние и деликатность. Но здесь — и время, и не

только трагические и героические его страницы, но и быт, описанный с мягким юмором. Примерно так во вступлении характеризуют книгу сотрудники журнала «Знание—сила».

Приоритет тесных отношений Каневского с этим журналом неоспорим: с конца 60-х годов в нем было опубликовано Зиновием Михайловичем около 60 очерков и репортажей, в основном на арктические темы, хотя начал он свою жизнь в научно-популярной литературе с перевода географических книг и публикаций отрывков из них в журнале «Вокруг света». Но только в «Знании—силе», куда его привел историк и замечательный писатель Н.Я.Эйдельман, Каневский состоялся как журналист и здесь родились темы некоторых его будущих книг (всего их вышло четырнадцать). Они о тех, кто осваивал Северный морской путь и просторы Арктики, прогнозировал погоду в регионе, часто называемом ее «кухней», и воевал с захватчиками в северных морях; о полярниках знаменитых и тех, чьи имена десятилетиями не упоминались, а зазвучали благодаря Каневскому.

Во второй половине 70-х по просьбе редакции он стал сотрудничать в журнале «Природа» и в других академических изданиях, хотя сначала отнекивался, не считая себя ни ученым, ни экспедиционным работником — всего-то, мол, зимовал пару раз.



З.М.Каневский. ЖИТЬ ДЛЯ ВОЗВРАЩЕНИЯ: Автобиографическая повесть.

М: АГРАФ, 2001. 445 с. (Символы времени)

© М.Ю.Зубрева



В редакции журнала «Украина». Октябрь 1985 г.

Впервые о журналисте Каневском, обморозившем и потерявшем руки в результате трагедии, разыгравшейся в 1959 г. близ полярной станции «Русская Гавань», что на архипелаге Новая Земля, мы услышали от нашего автора, историка Арктики, участника и начальника многочисленных, но не слишком знаменитых арктических зимовок, — Бориса Александровича Кремера. Именно он (уже после смерти в 1975 г.) стал героем первого очерка Каневского с лаконичным названием «Полярник» — проникновенного повествования о труженике и романтике, беззаветно преданном полярным широтам [1]. Затем на страницы «Природы» благодаря Зиновию Михайловичу пришли «потерпевшие ужасное разочарование» англичанин Р.Скотт [2] и русский Г.Я.Седов [3], так и не добравшиеся до своих полюсов, один — Южного, другой —

Северного; погибший в застенках ГУЛАГа блестящий ученый и «директор Арктики» Р.Л.Самойлович [4], выдающийся полярный исследователь Г.А.Ушаков [5]; а также ледокольные суда — «Челюскин», «Сомов», «Красин» [6, 7]. Списки героев Каневского в других изданиях привести не берусь — они заняли бы слишком много места.

О том, как писал Каневский, лучше всего, пожалуй, сказала его жена в послесловии к книге*: «Художественно-документальная проза — так обычно определяют жанр его произведений. Тут одинаковый вес имеют оба этих слова. Художественный — потому что всегда написано эмоционально, ярко, свежо, увлекательно, с большой теп-

* В нем использовано письмо Н.В.Давидович, написанное в мае 1996 г. (спустя два месяца после смерти З.М.Каневского) М.Блинковой, автору очерка о Каневском, опубликованного в Израиле.

лотой, а зачастую и искренней любовью к своим героям. Документальный — потому что все основывалось на тщательно выписанных архивных данных, статьях и заметках, публиковавшихся в старых изданиях, оригинальных работах и документах, и, конечно же, на многочисленных беседах со старыми и молодыми зимовщиками, моряками, летчиками, учеными, беседах, магнитофонные записи которых он потом расшифровывал или, если не было магнитофона, сразу же по памяти записывал на машинке. Один старый капитан (а эти люди никого напрасно не хвалят) написал Зинку (так З.М.Каневского звали дома с детства. — М.З.): «Мне казалось, что З.Каневский — писатель моих лет. Поразительно, как Вы, не бывавший на войне, так здорово о ней пишете. Написано так, будто Вы присутствовали при всех этих эпизодах». Никто, наверное, лучше не знал до мельчайших деталей истории полярных исследований, недаром его почти официально называли летописцем Арктики» (с.431).

Но вернемся на несколько десятилетий назад. Познакомились мы — в ту пору молодые сотрудники «Природы» (я — редактор отдела географии и О.О.Астахова — наш биолог, работавшая тогда в отделе «Новости науки») — с Каневским в 1975 г. на конференции, посвященной 100-летию известного полярного исследователя В.Н.Русанова и проходившей на его родине, в Орле. Там было много интересных людей, и многие из них были моложе и, возможно, внешне привлекательнее Зиновия (мы приехали в Орел с компанией известного путешественника Д.И.Шпаро, возглавлявшего полярную экспедицию «Комсомольской правды»), но больше тянуло именно к Каневскому, и это было отнюдь не любопытство, а скорее восхищение. Там мы впервые увидели, как Зиновий Михайлович с помощью протезов записывает что-то, готовясь к выступлению (вообще-то он печатал на машинке, используя специально сконструированные молоточки). Выяснилось, что Каневский отличный

оратор и блестящий рассказчик (чем мы и наши коллеги из других изданий неоднократно пользовались на модных в ту пору устных выпусках журналов) и внимательный собеседник. На вечерних посиделках, которые тогда практиковались после заседаний, мы буквально умирали со смеху — анекдоты, байки, историйки от Каневского. До сих пор помню вот такую: «Графа в анкете. Если малограмотный, указать в каком ВУЗе преподает». (Сегодня можно было бы продолжить в его стиле: «И в какой академии состоит».) Рядом с Каневским было легко и радостно, ему можно было запросто пожаловаться на жизненные передряги, попросить совета.

Женская часть нашего коллектива у Зиновия Михайловича ассоциировалась со строками из стихотворения Б.Ахмадулиной: «Природа, прислонясь к твоим плечам, объявит свои детские секреты». И объявляли, забывая о его «бездурности» (этот странный медицинский термин я узнала из книги «Жить для возвращения») и куче болезней. Каневский помогал не только советом — не раз находил мне авторов и рецензентов. Пока не стало плохо с глазами, он кое-что для нас читал, доставал телефоны и связывал с нужными людьми.

Сам он «писал (это опять цитата из уже упомянутого послесловия к книге, с.432) быстро, легко, по вдохновению, но потом внимательнейшим образом себя редактировал, проверял все факты, особенно тщательно следил за правильным написанием имен и очень расстраивался, если, например, в инициалах случались опечатки, считал это неуважением к людям».

Со временем его собственных работ становилось больше, но претила мысль, что он (далее последуют слова самого Каневского) «постепенно становился как бы штатным «певцом арктических просторов», героики и романтики высоких широт. Звучит, согласитесь, слащаво... И все-таки хочу думать, что мое «пение» имело вполне благородный оттенок: я писал о полярниках, истинных ге-

роях, причем в первую очередь о тех, кто был забыт, либо преданно вычеркнут из истории, возвращал имена Самойловича, Ермолаева, Урванцева, Колчака.

С последним, кстати, трудности продолжались до самого конца 80-х годов, даже тогда, когда перестройка и гласность всю набирала темп. Я опубликовал в журнале «Природа» статью о Георгии Седове. Там у меня было ровно два абзаца о другом полярном гидрографе, воине-адмирале, прославившемся изысканиями в Ледовитом океане на рубеже XIX и XX столетий — Александре Васильевиче Колчаке, бывшем Верховном правителе России, расстрелянном советской властью зимой 1920 года под Иркутском. На рукописи моего очерка один из заместителей главного редактора, почтенный академик <...> и вовсе не плохой человек, написал такие примерно слова: «Не для того я сражался на фронтах Отечественной войны, чтобы в моем журнале появлялось имя ярого врага Страны Советов, адмирала-вешателя» и т.п. Тот очерк вышел «без Колчака» (с.365).

Цензура попортила нам немало крови, а Каневскому особенно: в Арктике многое было совершенно секретно — от испытаний ядерного оружия на Новой Земле до нефти и газа, залегающих на шельфе (кстати сказать, Каневский относился к «выбросам» текста легко, считая, что писать «в стол» нерационально). В свое время его книга о Самойловиче вышла без некоторых подробностей биографии — не было известно, когда и где погиб основатель и первый директор Арктического института, и где оказалась его семья, — и только в новой книге они имеются (с.364).

Для названия своей автобиографической повести Каневский взял часть поразившей его фразы А.Сент-Экзюпери: «Нужно жить для возвращения», — ведь автор «Маленького Принца» так и не вернулся из последнего полета над Средиземным морем. «Мне же, — пишет Зиновий, — повезло, я начал возвращаться и уже не

имел права останавливаться». Этот переломный момент в своей жизни автор выразил в стихотворной форме:

*Приснилось мне, как светлой ночью,
В пургу, в снегу, в аду, в бреду
Я полз бескомпасно, бессрочно
По черному морскому льду.*

*И миг не стало жизни прежней,
Текущей ровно, без затей,
И наступил он, неизбежный
Момент кусания локтей.*

*Вокруг китит судеб возвращенье,
Судьба-струна, судьбинка-нить...
И надо жить для возвращенья
Ко всем, кто продолжает жить.*

В книге замечательно, с легкой самоиронией, свойственной Каневскому, описана и жизнь до того, как он начал «возвращаться» после трагедии на станции «Русская Гавань». Это в общем благополучные детство и юность, если не считать, что мать Каневского умерла при его родах и воспитывали его дядя и тетя, не слишком образованные, но любившие сына-племянника как родного и ни в чем ему не отказывавшие. Как водится в еврейских семьях, его серьезно учили музыке — сначала дома, потом в музыкальной школе.

Война, эвакуация, полуголодный быт и вдруг добытая отцом путевка в Артек в 45-м году, где почему-то не оказалось пионер-героев, а все больше сынки и дочки ответственных работников. Школьные годы и шалости (достаточно злые в те послевоенные годы), поступление в МГУ — несостоявшийся (явно из-за пятого пункта) филфак, поступление через год на кафедру полярных стран нашего (т.е. и автора этих строк) любимого географического факультета с его редкими звездами на преподавательском небосклоне, основной военной кафедрой и, главное, экспедициями по всему Союзу. Первые дальние северные практики Каневского и первые возвращения. Счастливый брак (у нас на факультете многие пережились, но мало

кто вместе прожил до конца жизни), зимовки семейной пары Каневских на Новой Земле. Наконец, трагическое дежурство на припайном льду. И больничная палата, где «оптимист» (так его назвал хирург в ответ на просьбу сохранить столь важные для пианиста фаланги пальцев) Каневский ждет, когда обозначится «демаркационная линия» между живой и приговоренной к ампутации плотью. Нетвердой походкой (без пальцев на ногах) он выходит из больницы, чтобы начать осваивать новую науку — жить «ну прямо как без рук» (шутка Каневского — так называется глава в книге). И совсем не скоро наступят счастливые моменты — когда он снова сядет за рояль и заиграет, подглядев, как это делает культурами другой «бездвурукий», когда начнет писать и отправится в Арктику уже как журналист (вообще-то Каневский в новой жизни путешествовал немало, в книжке есть описания его поездок — и смешные, и грустные). В горе и в радости всегда рядом (кроме экспедиций — дело святое для географа!) жена, потом сын и его семья, потом внуки. Вот и получается полноценная жизнь.

Люди, хорошо знавшие Каневского, частенько называли его героем, человеком феноменальным, вся жизнь которого — настоящий подвиг. И вновь дадим ему слово: «Подвиг <...> должен быть непременно связан со смертельным риском во имя других — вот два необходимых и, быть может, совершенно недостаточных условия для того, чтобы называть этим емким словом поступок храброго и рискованного человека. Альпинист храбр, но он лезет в гору в первую очередь ради себя само-

го. Милиционер и пожарный действуют в опасных ситуациях по служебному долгу. Не умеющая плавать мать бросается в воду за собственным ребенком — это не «подвиг матери», но если за чужим — бесспорный Подвиг Женщины. Словом, если у человека есть возможность постоять в стороне либо добровольно ринуться в смертельный огонь во имя чьей-то чужой жизни и он бросается «на амбразуру», чаще всего с голыми руками, не успев принять мер личной безопасности, — он совершает героический поступок, имеющий право называться подвигом.

По всему по этому я резко возражаю, когда в приложении ко мне звучит слово «подвиг», — ничего подобного я никогда не совершал. Ничем не смог помочь другому — Толе Афанасьеву, когда мы с ним замерзали на баренцевоморском льду. Я спасал исключительно себя самого, и здесь никакие слова о подвиге, мужестве и верности долгу не уместны». Вот такая философия.

Хорошо помню, что Зиновий не слишком жаловал альпинистов, которые сами идут на смертельный риск, но пуще всего тех, кто не жалел чужой жизни, даже ради благородной цели. Таким, по его мнению, был в своей последней экспедиции Г.Я.Седов, охваченный стремлением достичь Северного полюса во что бы то ни стало. До полюса оставалось 800 км, когда смертельно больной (и знающий об этом!), он вышел в путь, взяв с собой двух матросов, чудом уцелевших [4].

В сентябре 2002 г. Зиновию Михайловичу Каневскому исполнилось бы 70 лет... В своей среде он был известным человеком,

но люди, далекие от географии и научно-популярной литературы, когда-то путали его с однофамильцем — актером из модного когда-то телевизионного сериала «Следствие ведут знатоки». В середине 90-х с нашим Каневским, знатоком Арктики (и не только!), познакомилась многомиллионная аудитория — на телевидении в «Клубе путешественников» прошла передача с его участием, о своей Одиссее он рассказывал в программе, сделанной Тюменским телевидением. Выступал Каневский несколько раз и на радио «Эхо Москвы», но с той поры много воды утекло — шесть лет, как его нет с нами. В последний раз его голос звучал в эфире не так давно, в феврале 2002 г., — это были отрывки из старых записей. Он не только говорил, но и пел песни Б.Окуджавы, аккомпанируя себе на рояле. (Мне посчастливилось слышать игру и пение Зиновия Михайловича у него дома, и это незабываемо.) Передача была посвящена новой книге Каневского. Ее, как водится на «Эхе», разыгрывали — выигрыш доставался знатокам — вопросы были мудреные (каюсь, почти не знала ответов). Их сочинила Н.В.Давидович, кандидат географических наук, жена (не нравится мне это похоронное слово «вдова»). В повести ей посвящена не одна страница, ведь главные герои книги, по словам одной пожилой женщины, произнесенным на обсуждении книги «Жить для возвращения» в Географическом обществе, — он, она и любовь. Наталья Владимировна очень волновалась, рассказывая о муже и его книге, все боялась, что главное забыла. Мы же будем помнить, что книга никогда бы не вышла без ее усилий. ■

Литература

1. *Каневский З.М.* Полярник // *Природа*. 1976. №6. С.156—159.
2. *Каневский З.М.* Ужасное разочарование // *Природа*. 1978. №10. С.94—96.
3. *Каневский З.М.* Не сотвори себе кумира // *Природа*. 1988. №8. С.71—79.
4. *Каневский З.М.* Северянин по призванию // *Природа*. 1976. №10. С.124—138.
5. *Каневский З.М.* Его диссертация — на всех картах мира // *Природа*. 1991. №6. С.70—83.
6. *Каневский З.М.* От «Челюскина» до «Сомова» // *Природа*. 1986. №1. С.72—85.
7. *Каневский З.М.* Легендарный «Красин» // *Природа*. 1992. №7. С.92—101.

Ботаника

И.А.Губанов, К.В.Киселева, В.С.Новиков, В.Н.Тихомиров.
ИЛЛЮСТРИРОВАННЫЙ ОПРЕДЕЛИТЕЛЬ РАСТЕНИЙ СРЕДНЕЙ РОССИИ. Т.1.: Папоротники, хвощи, плауны, голосеменные, покрытосеменные (однодольные). М.: Т-во науч. изд. КМК, 2002. 526 с.

Определитель подготовлен на биологическом факультете Московского государственного университета им.М.В.Ломоносова и представляет собой универсальное иллюстрированное руководство для изучения растений Средней России. Планируется выпустить четыре тома, где будет размещено свыше 1600 рисунков сосудистых растений, произрастающих в регионе.

Первый том включает общие разделы: «Важнейшие морфологические термины, используемые при описании и определении растений», «Ключ для определения семейств», а также характеристики около 500 видов сосудистых растений. Приведено 411 их черно-белых изображений. Регион Средняя Россия охватывает Московскую и соседние с ней области: Брянскую, Владимирскую, Воронежскую, Ивановскую, Калужскую, Костромскую, Липецкую, Нижегородскую, Орловскую, Рязанскую, Смоленскую, Тверскую, Тульскую, Ярославскую.

Определитель охватывает только часть флоры Средней России — сосудистые растения. Ни водоросли, ни лишайники, ни мхи, ни тем более грибы определить с помощью этой книги невозможно. Отделы, классы и семейства растительного царства расположены в порядке широко распространенной в России системы А.Энглера. Роды внутри семейств и виды внутри родов приведены в алфавитном порядке латинских названий.

Гидробиология

БИОЛОГИЯ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ СИСТЕМ. Отв. ред. А.Б.Гебрук. М.: КМК Press, 2002. 543 с.

Глубоководные гидротермальные источники были обнаружены еще в 1977 г., но до сих пор ученые считают это открытие сенсацией, самым значимым событием в океанологии XX в.

В этой книге систематизирован обширный материал по проблемам, имеющим не только узкое тематическое значение, но и общебиологическое. Отдельные главы охватывают все важнейшие аспекты биологии гидротерм — от первичной бактериальной продукции до ископаемых находок. Рассматриваются проблемы микробиологии, роль планктонных организмов, особенности мейофауны, биота мелководных гидротерм, трофическая, пространственно-экологическая структуры и биография гидротермальных сообществ.

Центральное место в книге занимает глава, в которой описаны таксономический состав, биология и адаптация фауны, геологические особенности гидротермальных источников. Во вступительной статье говорится об исследованиях гидротерм глубоководными обитаемыми аппаратами. Особое внимание уделяется истории создания и техническим возможностям аппаратов «Мир-1» и «Мир-2».

Океанология

ОПЫТ СИСТЕМНЫХ ОКЕАНОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В АРКТИКЕ. Под ред. П.А.Лисицына, М.Е.Виноградова, Е.А.Романкевича. М.: Научный мир, 2001. 644 с.

Конец XX в. ознаменовался в Арктике появлением крупных судов — плавучих научно-ис-

следовательских институтов с 60-80 учеными на борту. Первым из них, вероятно, был «Дмитрий Менделеев» — судно, работавшее в Карском море в 1993 г. Огромный материал был получен на судне «Академик Мстислав Келдыш» в ходе исследований места гибели атомной подводной лодки «Комсомолец» в Норвежском море. Несколько рейсов в Баренцево и Печорское моря выполнил «Академик Сергей Вавилов».

Все эти суда не имеют ледового класса, а потому полевых деятельности могли быть только не скрытые льдами части Арктики, а время работы ограничено коротким арктическим летом. Поэтому важным событием последних лет стало применение автоматических станций для круглогодичных исследований. В 14-м рейсе «Академика Федорова» на дрейфующих льдах были установлены две автоматические метеостанции, акустическая система для определения средней температуры вод и седиментационная станция С-80 для изучения потоков вещества в высоких широтах. В море Лаптевых появились автономные доплеровские системы для трехмерного сканирования течений в водной толще.

В книге впервые представлены результаты системных океанологических исследований, проведенных в Арктике на перечисленных судах. Рассмотрены физика, химия, биология, геология Северного Ледовитого океана на пробах, полученных и обработанных в лабораториях на борту плавучих институтов. Изучены литология и геохимия морского льда и снега, гидрооптика с учетом спутниковых наблюдений, внутренние волны, органический углерод и его роль в изменении климата.

Геология. Тектоника

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОБЩЕЙ ТЕКТониКИ. Под ред. Ю.М.Пушаровского. М.: Научный мир, 2001. 520 с.

Тектоносфера — базовое понятие в тектонике, но с появлением новых данных о строении Земли оно получило иное содержание. Если представить тектоносферу как совокупность геосфер, в которых происходит образование тектонических структур (а такое понимание представляется единственно верным), то сведения о глубинных минеральных преобразованиях позволяют считать тектоносферой всю область планеты: от ее поверхности до границы мантии и ядра.

В 1998 г. Межведомственный тектонический комитет при Отделении геологии, геофизики, геохимии и горных наук РАН на очередном годичном совещании рассмотрел отдельные общетектонические проблемы. Решено было подготовить сборник статей по фундаментальным проблемам тектоники Земли, как они видятся на современном этапе.

В книге рассматривается широкий круг вопросов: глубинная тектоника и главная структурная асимметрия Земли; геодинамика континентов, океанов и переходных зон; тектоническая цикличность, воздействие внеземных факторов, нелинейная тектоника и др.

В работе приняли участие ученые различных институтов РАН — Геологического, Литосферы краевых и внутренних морей, Физики Земли, Океанологии, а также геологического факультета МГУ им. М.В.Ломоносова. Идейная ориентация авторов различна, но это скорее достоинство книги, чем не-

достаток. Всех их объединяет признание важнейшей роли горизонтальных движений в тектоногенезе планеты.

Геология. Сейсмология

Б.П.Важенин. ПРИНЦИПЫ, МЕТОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ ПАЛЕОСЕЙСМОГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА СЕВЕРО-ВОСТОКЕ РОССИИ. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2001. 205 с.

Необходимость повышения полноты и точности сейсмического прогноза до максимально возможного уровня требует усовершенствования традиционной палеосейсмогеологической методики. Развитие новых дистанционных методов изучения Земли — космических — сделало решение проблемы возможным.

В основу работы положены полевые геолого-геоморфологические исследования, проводившиеся в течение 17 полевых сезонов в горах северо-востока России (в бассейнах Колымы, Индигирки, рек северного побережья Охотского моря), а также в зонах сильных землетрясений — Дагестанского (1970), Артыкского в Якутии (1971). Территориально это площадь юго-восточной половины сейсмического пояса Черского, простирающегося от устья р.Лены до Охотского моря, а также некоторые районы Чукотки, Камчатки, Верхоянья и Сахалина, хребта Джугджур.

При полевых исследованиях наряду с традиционными методами (картирование, радиоуглеродное и дендрохронологическое опробование дислокаций) выполнялись разномасштабная наземная стереоскопическая и панорамная съемки, черно-белая и цветная фотосъемки. Материалы стереосъемки использовались при

дешифровке объектов вместе с космо- и аэроснимками.

История науки

В.В.Бабков, Е.С.Саканиян. НИКОЛАЙ ТИМОФЕЕВ-РЕСОВСКИЙ. Отв. ред. Б.С.Соколов. М.: Памятники исторической мысли, 2002. 672 с.

Книга посвящена жизни, научному вкладу и посмертной судьбе Николая Владимировича Тимофеева-Ресовского (1900—1981), одного из крупнейших ученых XX в. Материалы подготовлены в Институте истории естествознания и техники им.С.И.Вавилова РАН.

Вместе со своим учителем С.С.Четвериковым Тимофеев-Ресовский положил начало экспериментальной генетике популяций и учению о микроэволюции; с Г.Дж.Меллером он стал сооснователем радиационной генетики; внес решающий вклад в основание фенотипетики — биологии развития. Развивая идеи своего учителя Н.К.Кольцова о хромосоме как макромолекуле и о матричном принципе ее воспроизведения, Тимофеев-Ресовский сформулировал принцип конвариантной редупликации, иначе говоря мишени и попадания в радиобиологии. Оценил размеры гена и показал, совместно с физиками К.Г.Циммером и М.Дельбрюком, возможность трактовки гена с позиций квантовой механики и тем самым дал импульс открытию структуры ДНК и созданию всей современной биофизики и молекулярной биологии. Объединив свои натуралистические и экспериментальные интересы, Николай Владимирович заложил основы экспериментальной радиационной биогеоценологии, которую связывал с традициями В.И.Вернадского и В.Н.Сукачева.

Рысь: «львиный страж» северного неба

А.В.Кузьмин,

кандидат физико-математических наук

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

Москва

Польский астроном Ян Гевелий (1611–1687) стал широко известен благодаря своим трудам в области небесной картографии. Им были созданы лучшие карты неба (включая лунную) конца XVII в.

Гевелий ввел новые созвездия, которые астрономы и сего-

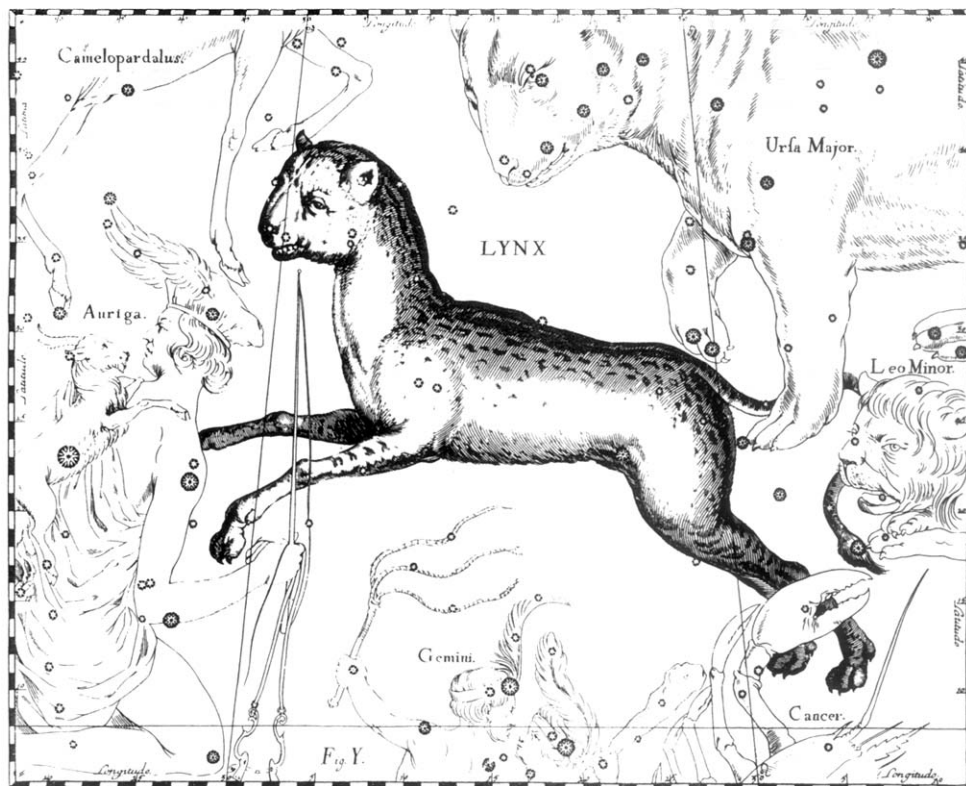
дня используют при составлении каталогов переменных звезд. Впервые эти созвездия увидели свет на картах «Описания всего звездного неба» или «Уранографии», изданной в 1690 г. в Гданьске [1].

Помимо значимого историко-научного документа атлас Гевелия представляет собой памятник изобразительного ис-

кусства — гравюры созвездий с художественной точки зрения остались непревзойденными.

На современной карте сохранилось семь созвездий Гевелия. Два из них — представители семейства кошачих — Малый Лев и Рысь. Они обозначили участки вблизи главного ориентира Севера — Большой Медведицы. Эти области неба не содержат ярких

© А.В.Кузьмин



Рысь (Lynx) в окружении созвездий Большой Медведицы (Ursa Major), Малого Льва (Leo Minor), Рака (Cancer), Близнецов (Gemini), Возничего (Auriga) и Жирафа (Camelopardalus).

звезд, поэтому астрономы древности именовали их просто звездами «около» созвездий, «не входящими в фигуры». Присутствие Малого Льва, или Львенка, рядом со Львом, одним из самых древних созвездий, достаточно логично. В истории уранографии такое соседство встречается с давних времен. (Вспомним, например, два расположенных рядом созвездия Большого и Малого Псов, не говоря уже о всем известных Медведицах). Немного севернее Малого Льва и к востоку от Большой Медведицы значительную область неба по воле Гевелия навеки заняла Рысь. Но почему именно она?

Гевелий писал: звезды здесь столь слабы, что разглядеть их может только человек с рысьим зрением. Возможно, он намекал и на себя, ибо обладал зрением редкой остроты, благодаря которому на традиционных измерительных приборах без какой-

либо оптики получал лучшие результаты, чем его оппоненты, которые доказывали преимущества наблюдений с визирными приспособлениями, где использовались полированные линзы. Но это, по-видимому, не главное.

Великим мастером гравюры и тонким знатоком культуры, каким был Ян Гевелий, вне всяких сомнений руководило еще и желание, не нарушая древнего традиционного сюжета, увековечить на небесной карте мифологический образ Севера Европы. Лучшего персонажа, который, с одной стороны, был бы неподражаемым представителем Севера, а с другой — смысловым символом, идеально сочетающимся со своими соседями, вряд ли можно представить.

Рысь появляется в тех мифологических системах и традициях, где крупные хищники не присутствуют в ритуальном

представлении. В этом случае Лев уступает место более скромному хищнику, а именно — Рыси (которая тем не менее способна поразить оленя). Рысь имеет совершенно особое значение в позднейших славянских и балтийских традициях, оспаривая у медведя право быть северным «царем зверей». В восточнославянских княжеских погребальных обрядах Рыси отведена одна из наиболее значимых ролей: важным элементом ритуала было принесение в жертву ее когтей вместе с когтями медведя [2]. Имеющие равные права на северных землях, Рысь и Медведица оказываются рядом и на северном небосклоне.

Не это ли стало (вместе с легким тщеславием великого польского творца небесных образов) главной причиной появления на обширном участке северного неба неподражаемого небесного символа — царского величия? ■

Литература

1. Гевелий Я. Атлас звездного неба. Ташкент, 1970.
2. Гамкрелидзе Т.В., Иванов В.В. Индоевропейский язык и индоевропейцы. Тбилиси, 1984.

ПРИРОДА

Над номером работали

Ответственный секретарь
Е.А.КУДРЯШОВА

Научные редакторы
О.О.АСТАХОВА
Л.П.БЕЛЯНОВА
Е.Е.БУШУЕВА
М.Ю.ЗУБРЕВА
Г.В.КОРОТКЕВИЧ
К.Л.СОРОКИНА
Н.В.УЛЬЯНОВА
Н.В.УСПЕНСКАЯ
О.И.ШУТОВА

Литературный редактор
М.Я.ФИЛЬШТЕЙН

Художественный редактор
Т.К.ТАКТАШОВА

Заведующая редакцией
И.Ф.АЛЕКСАНДРОВА

Младший редактор
Г.С.ДОРОХОВА

Перевод:
П.А.ХОМЯКОВ

Набор:
Е.Е.ЖУКОВА

Корректоры:
В.А.ЕРМОЛАЕВА
Л.М.ФЕДОРОВА

Графика, верстка:
Д.А.БРАГИН

Свидетельство о регистрации
№1202 от 13.12.90

Учредители:
Президиум РАН,
Издательско-производственное
и книготорговое
объединение «Наука»
Адрес издателя: 117997,
Москва, Профсоюзная, 90

Адрес редакции: 119991,
Москва, ГСП-1, Мароновский пер., 26
Тел.: 238-24-56, 238-25-77
Факс: (095) 238-26-33
Подписано в печать 10.07.2002
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 6440
Набрано и сверстано в редакции

Отпечатано в ППП типографии «Наука»
Академиздатцентра «Наука» РАН,
121099, Москва, Шубинский пер., 6