

ПРИРОДА

4 13



В НОМЕРЕ:

3 Никонов А.А.

Катавасия каталогов катастроф

Что такое природные катастрофы по сравнению с личностными эмоциями и амбициями? Однако, когда же в нашей стране будет создана единая сеть сейсмических данных, базовый, отработанный на современном уровне каталог — узнать хотелось бы.

11 Нестеренко А.Р.

Видел ли Ломоносов атмосферу Венеры?

М.В.Ломоносов, наблюдая в 1761 г. прохождение Венеры по диску Солнца, открыл атмосферу планеты. Однако многие наши современники сомневаются, что он мог видеть атмосферу. В прошлом году, во время Транзита-2012, выпал шанс проверить это.

20 Володин И.А., Володина Е.В., Авилес Э., Фрай Р., Ландете-Кастильехос Т.

Испанский олень и испанский певец

Самцы благородных оленей — все как один прекрасные певцы. Сравнение вокальных возможностей оленя и человека (профессионального певца и эксперта в постановке певческого голоса) позволило разобраться в механизме формирования звуков и их изменчивости.

27 Келлер Н.Б.

О поведении склерактиний

Одиночные и колониальные шестилучевые кораллы — склерактинии — оказываются не столь примитивными организмами, как когда-то предполагали. Им свойственны различные способы питания, агрессивная борьба за жизненное пространство, необыкновенная способность полипов покидать свой скелет и находить новое место для прикрепления, размножение личинками, которые разносятся течениями по всему океану и способны у некоторых видов к реверсивному морфогенезу.

37 Колбин В.А.

Формирование фауны птиц Палеарктики

В зоогеографии рассматриваются не только ландшафтные единицы районирования, но и фаунистические комплексы. Возникают они не случайно, а за счет сложного сочетания ареалов видов животных. И примеров тому немало...

42 НА БЕЛОМОРСКИХ БИОСТАНЦИЯХ

Хлебович В.В.

К 75-летию ББС МГУ (42)

Лайус Д.Л., Иванова Т.С., Шатских Е.В., Иванов М.В.

«Волны жизни»
беломорской колюшки (43)

Коновалова О.П., Бубнова Е.Н.

Симбиоз водорослей и грибов (53)

57 Газаев М.А., Атабиева Ф.А., Тогузаева Л.А.

Заповедное высокогорье

Апрельский факультатив

62

Слоны перелетные

Расцветаева Р.К.

Хан Уран и страна Уранофания
Минералогическая сказка (64)

73 Карнаухов В.А.

Физика Флерова = трансурановые
элементы + тяжелые ионы
К 100-летию со дня рождения
Георгия Николаевича Флерова

78 Саксонов С.В., Сенатор С.А.

Карл Клаус: он предавался любви
к химии и ботанике

Рецензии

86 Расницын А.П.

Систематика — народная и научная
(на кн.: Павлинов И.Я., Любарский Г.Ю.
Биологическая систематика: эволюция идей)

91

Новые книги

В конце номера

92 Раменская М.Е.

Библиографическая редкость —
журнал «Тиетта»

CONTENTS:

3 Nikonov A.A.

Confusion With Catalogs of Catastrophes

What are natural catastrophes compared to personal emotions and ambitions? But when, at last, in our country will be compiled an unified network of seismic data, a basic catalog, developed on a modern level of scientific knowledge – that is what we want to know.

11 Nesterenko A.R.

Had Lomonosov Seen the Atmosphere of Venus?

M.V.Lomonosov discovered presence of atmosphere of Venus performing observation of transit of this planet across solar disk. But many our contemporaries doubt whether he could see this atmosphere. Last year, during Transit-2012, we got a chance to check it out.

20 Volodin I.A., Volodina E.V., Aviles E., Frey R., Landete-Castillejos T.

Spanish Deer and Spanish Singer

All red deer stags are excellent singers. Comparison of vocal abilities of a red deer and a human (a professional singer and an expert in training singers) allowed to understand the mechanism of forming sounds and their variability.

27 Keller N.B.

On Behavior of Scleractinians

Single and colonial six-rayed corals – scleractinians – turned out to be not so primitive organisms as it was once supposed. They have different ways of eating, engage in aggressive struggle for living space, possess unusual ability of polyps to abandon their skeleton and to find a new, more convenient place for attachment to substrate, they reproduce by larvae that are disseminated by currents across the whole ocean and in some species are capable of reversible morphogenesis.

37 Kolbin V.A.

Forming of Avian Faunas of Palaearctic

Zoogeography deals not only with landscape-based zoning, but also with faunistic complexes. They arise not randomly but as a result of complex association of areals of zoological species. And there are many examples of this.

42 AT WHITE SEA BIOLOGICAL STATIONS

Khlebovich V.V.

To 75th Anniversary of BBS MSU (42)

Laius D.L., Ivanova T.S., Shatskih E.V., Ivanov M.V.

«Waves of Life» of White Sea Stickleback (43)

Konovalova O.P., Bubnova E.N.

Symbiosis of Kelp and Fungi (53)

57 Gzaev M.A., Atabaeva F.A., Toguzueva L.A.

Warren Highlands

April Lectures

62 Migratory Elephants

Rastsvetaeva R.K.

Khan Uran and Land Uranofania
A Mineralogical Fairy Tale (64)

73 Karnaukhov V.A.

Physics by Flerov = Transuranic Elements + Heavy Ions

To Centenary of Georgy Nikolaevich Flerov

78 Saksonov S.V., Senator S.A.

Karl Klaus: He Was in Love with Chemistry and Botany

Book Reviews

86 Rasnitsyn A.P.

Taxonomy: Folk and Scientific

(on book: Pavlinov I.Ya, Lubarsky G.Yu. Biological Taxonomy: Evolution of Ideas)

91 New Books

In the End of the Issue

92 Ramenskaya M.E.

Bibliographic Rarity: Journal «Tietta»

Катавасия каталогов катастроф

Следует продолжать реализовывать целенаправленные исследовательские программы по развитию зависящих и независящих от времени прогностических моделей с целью улучшения карт долговременной сейсмической опасности, ориентированных на практическое использование в прогностических целях.

Международная комиссия по прогнозу землетрясений. 2009 г.

А.А.Никонов

Эта правдивая, малоприятная, но, быть может, слегка поучительная история попала в мое поле зрения (а затем и действия) примерно 30 лет назад. И вряд ли нашелся бы для такого бытописания стимул, а потому и время, если бы не некий удар в голову через сердце, состоявшийся всего за неделю до того, как пишутся эти строки. К тому же больница (во всяком случае академическая) — самое подходящее место поразмышлять и выложить назревшее. Тоже вполне академическое. В Академии наук, как и в других равно и равноуважаемых учреждениях, истории, можно не сомневаться, случаются разные. И не было бы смысла воспроизводить очередную, достаточно специфическую, произошедшую в отдельном вятском институте, если бы...

Если бы речь не шла, в конечном счете, о катастрофах. Происходивших и реально возникать могущих. Притом в тех же, что и ранее, местах, но теперь уже с гораздо более серьезными и даже трагическими последствиями.

Каталоги и катастрофы — какая связь?

«Мы живем в век катастроф» — понятие расхожее. Образованные люди понимают: человечес-



Андрей Алексеевич Никонов, доктор геолого-минералогических наук, профессор, главный научный сотрудник Института физики Земли им.О.Ю.Шмидта РАН. Область научных интересов — сейсмотектоника, палеосейсмичность, природные опасности. Постоянный автор «Природы».

кая цивилизация достигла такого состояния, что некоторые последствия этой самой цивилизации, плохо прогнозируемые даже в странах высокоразвитых («цивилизованных?»), к этим самым по природе природным (хотя не до каламбуров) катастрофам добавили вполне определенную долю собственных. О чисто социальных, экономических, а тем более политических, распространяться не будем. Обратимся к катастрофам природным и природно-техногенным, т.е. человеческой же деятельностью приготовленных или спровоцированных.

Речь пойдет о землетрясениях. И не только о катастрофических, о которых теперь можно узнать сразу и которые так старательно нам демонстрируют (даже вдалбливают) освободившиеся от цензурных оков и моральных помех СМИ. Страсти нагнетать не будем, но напомнить не слишком хорошо известные цифры и тенденции вполне уместно. Если в начале XX в. в год возникало в среднем 10 крупных природных катастроф, в середине — 65, то к концу века их количество возросло до 200! От землетрясений за это время погибло до 1.5 млн человек. Экономические потери от природных катастроф возросли вдвое каждые семь лет. Рост ущерба вдвое превышает рост валового продукта. Это ли не показатели?

Землетрясения, во всяком случае сильные, всегда ранее воспринимались как угроза, опасность. Речь о них шла и в обыденной жизни, и в научных разработках, да и в документах о сейсмической опасности. Но вот в начале XXI в. на глазах одного поколения все перевернулось. Сами опасности (и это признается без оговорок)

возросли на порядки. Внимание к проблеме, усилия по изучению угрозы землетрясений тоже резко возросли. Но в разного рода программах и документах говорится о безопасности. Например, наша государственная программа идет под шапкой «Безопасность России». Название из грозного превратилось как бы в успокоительное. Что это? Игра слов? Психологический феномен «чур меня»? Вызов природе?

Попробуем разобраться.

С тех пор как «человек стал геологической силой», опасность природных землетрясений дополнилась природно-техногенными разрушительными событиями и даже катастрофами. Над первыми человечество не властно. Вторые в определенной степени (пока они локальны) подвластны разуму, воле и технической вооруженности общества. В этом случае обеспечение безопасности достижимо. А как с чисто природными землетрясениями? И если реально оценивать современные возможности человечества, то рассчитывать можно только на ограничение, т.е. снижение степени опасности.

Давно известно, что убивают (и гораздо чаще ранят) не землетрясения, а дома. А теперь и коммуникации, и высокотехнологические монстры. Снижение опасности — проблема в первую очередь строительства, предвидения вероятных последствий. Проблема огромная, разносторонняя, многозатратная. Упирается она, а точнее, опирается ее решение на знание — обширное, глубокое, достоверное. Вот и вернулись «к истокам». К научным основам — сейсмическим каталогам. От омеги — к альфе. Разумеется, дело далеко не сводится только к ним. Но без них — полных, достоверных, надежных — оно и не двинется.

Знание сейсмического потенциала — начало обеспечения сейсмической безопасности. Первый шаг к безопасности — глубокое познание опасности.

Дела недавно минувших дней

Сама история началась до того, как я стал заниматься сейсмическими событиями вплотную. В 1952 г. вышла объемистая широкоформатная книга «Атлас землетрясений в СССР» с приложением каталога оных. Прежде каталоги появлялись описательные, дескриптивные. Составителям же «Атласа» удалось каталог сделать параметрическим, т.е. с приведением стандартных значений параметров каждого

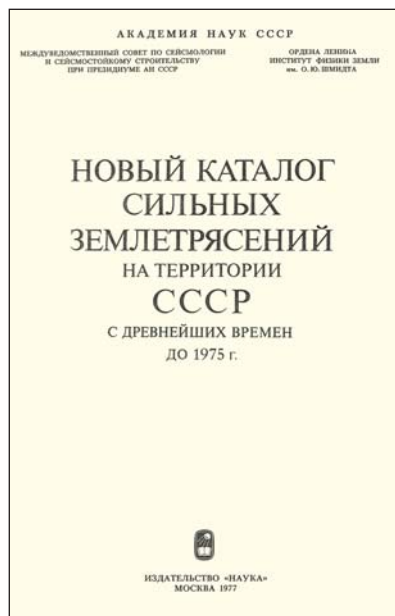
события. Это стало прорывом. Но для нужд научных и практических оказалось недостаточным, поскольку в обработку включались в основном землетрясения, зарегистрированные инструментально. Исторические же удавалось численно охарактеризовать лишь частично, малонадежно. Соответственно, и история землетрясений получалась усеченной, слишком краткой для основательного суждения о сейсмическом процессе с его трудно познаваемыми особенностями.

Подлинный прорыв совершился, когда один из советских сейсмологов нашел способ превращать исторические, сугубо описательные данные в систему. Открылась возможность количественно определять весь набор основных параметров — не только интенсивность сотрясений на поверхности, но также позицию эпицентра, глубину очага и магнитуду каждого выявленного события. Естественно, с учетом разброса возможных величин. К тому же дифференцированно, применительно к основным геолого-структурным регионам страны.

Путь к полному, сквозному, в едином ключе составленному каталогу всего множества сейсмических событий в стране (и исторических, и инструментальных) был открыт. Значение этого можно понять уже исходя из того, что большинство крупных, самых важных землетрясений относилось к историческим. Предстояло собрать, оценить, систематизировать, обчислить тысячи событий по многим районам страны.

Близился срок составления очередной карты общего сейсмического районирования (ОСР) СССР — главного, государственного уровня и значимости сейсмического документа страны. Как тогда водилось (и как многое неизжито до сих пор), «пятилетку» надо было выполнять даже не в четыре, а в три года. Работа, можно не сомневаться, шла на пределе человеческих сил. И вот результат — вышел мощнейший, в 536 страниц, крупного формата фолиант под титулом «Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 года».

Основными исполнителями и редакторами стали два известных сейсмолога. Здесь назовем их Она и Он, а лучше, Дама (можно даже Супердама) и Мэтр. Они главные герои этой истории, если переходить на личности. Дама — крупный организатор, координатор сейсмических наблюдений в стране, руководитель сейсмической службы и обработки инструмен-



Титульный лист базового каталога, который остался неиспользованным при составлении Карты СР-78.

тальных записей, в своем деле специалист признанный. Дама, естественно, отвечала за инструментальную часть каталога. Мэтр, владевший методами изучения и инструментальных событий, и исторических, отвечал за землетрясения исторического периода и раннеинструментального, т.е. за их преобладающее большинство (и львиную долю сильнейших). Все признали, что каталог — крупное научное событие в сейсмологических исследованиях (через несколько лет его переиздали американцы!).

Наука торжествует. Прогресс налицо!

Но тут...

Парадокс первый

Каталог появился в конце 1977 г., карта сейсмического районирования СССР — в следующем. Все по очереди?! Ничуть не бывало. Карта составлялась без использования высокого каталожного порыва и прорыва. Государственная, утвержденная Госстроем как основа строительных норм. И телегу поставили впереди лошади. Точнее, лошадь оставили на будущее, а сами тащили за оглобли. Надо ж было точно к сроку, а еще лучше — к государственному празднику.

Как такое могло случиться? Точно не знаю, было до меня. Но что стало дальше, при мне, может прояснить произошедшее. Главный редактор той карты — назовем его Директор — в детали, какой каталог использован, какова его представительность, что получится без нового издания и т.п., само собой разумеется, не вникал. Карта поступила в Госстрой вовремя и скоро стала действующей нормой. За последующие 18 лет разные районы страны потрясло более полудюжины разрушительных землетрясений. В местах, картой не предусмотренных. С предыдущей картой (1968 г.) происходило примерно то же самое, так что и пенять не пришлось.

Но в 60-х годах дело было не только в каталогах — общий уровень знаний и представлений сейсмологов оказался недостаточным.

Посмотрим, что происходило уже с моим участием, так сказать, на моих глазах, а точнее, на моей памяти. Все началась с 1832 г. С землетрясения того времени. При работе в Афганистане в 1965—1967 гг. наша экспедиция неоднократно посещала горный массив Бадахшан. Позднее, начав основательно знакомиться с литературой, я быстро обнаружил, что едва ли не первым европейцем в тех местах побывал английский путешественник (очевидно, и агент) Дж.Вуд. Он описал последствия сильного землетрясения, поразившего (с большим числом жертв и крупными разрушениями) тот удаленный глухой район. Заглянув позднее в «Новый каталог», я удовлетворенно обнаружил соответствующую параметрическую строку землетрясения. Но ссылки на публикацию Вуда, вышедшую в сере-

дине XIX в., там не было. Снова достал его книгу и стал выписывать все конкретные указания путешественника, по пунктам. Нанес на карту. Определил интенсивность в каждом месте. Попытался оценить основные параметры события, благо методика подобной работы была подробно изложена в том же каталоге. Получалось совсем не так, как гласила параметрическая строка справочника. Это показалось странным. В каталоге землетрясение фигурировало как глубокофокусное (подобное тем, что до сих пор случаются под горами Гиндукуша и Памира). У меня же оно получилось нормальным, т.е. возникшим в земной коре (на сотню километров ближе к земной поверхности) и 9-балльным, разрушительным (что для глубокофокусных сейсмических событий не характерно).

Проверив все еще раз, но будучи в этих делах совершенным новичком, набрался смелости и обратился к высшему авторитету по историческим землетрясениям. Показал, изложил, задал главный вопрос. Реакция Мэтра была неожиданно-ожиданной. Он согласился с моими доводами и решениями. Позднее я рассказал об этом сейсмическом событии и привел свою карту изосейст в книге «Землетрясения» 1984 г. и на том успокоился (как теперь выясняется, напрасно). Этот эпизод — так сказать, факт личной биографии — вспоминать было бы малоинтересно, если бы...

Если бы он не послужил поводом обратиться к другим сильным (а потом и не очень) историческим событиям. Чем и занимаюсь вот уже треть века. А следовательно, и каталогами. А следовательно, и катастрофами. А следовательно, кое-что знаю и понимаю в этом деле. А следовательно, могу (и обязан) кое о чем немаловажном поведать.

После того памятного обращения к Мэтру по поводу афганского землетрясения общение с ним было нередким, но неравномерным и неравнозначным.

Как-то в начале 90-х годов Мэтр высказался по существу: «Вы занимаетесь единичными событиями, а нужен каталог».

Такой упрек принять было трудно. Моя позиция состояла в том, что путь к базовому каталогу лежит через исчерпывающее исследование каждого значимого события. Значит, или «через час по чайной ложке», или «пятилетка в два года». Представить себе, что у меня впереди еще 20 лет, что доживу до ОСП-12, было невозможно. Теперь, через два десятка лет, отвечаю Мэтру (мысленно) — каталогом. И отвечаю за сам каталог.

В 1994 г., когда пришло время готовить новый вариант карты ОСП-97, Мэтр только сухо кивал в коридоре. Со своей командой он продолжал работать как над историческими, так и над текущими сильными землетрясениями. У меня к тому времени уже были заново проработаны и перепределены десятки крупных (и не слишком) событий и опубликованы новые значения лишь по некоторым.

По ряду признаков стало ясно, что очередной каталог собираются выпускать те же гранды — Она и Он. Они продолжают свое дело, они вполне дееспособны и самодостаточны. Ну а появилось что-то новенькое, так это легко использовать. Так бы и случилось. Но случилось гораздо хуже. Сначала пришлось включить в команду меня — под supervision Мэтра, которому я отчитывался регулярно.

Два редактора Карты 1978 г. ушли в тот мир, где сейсмические события, даже катастрофы, уже не имеют никакого значения. Мир праху и память достойная. Во главе бригады по подготовке новой карты встал не менее опытный сейсмолог. Новый руководитель, станем величать его Шефом, в институте был новичком. Он хотя и знал меня, но главным образом как популяризатора. О чем мне неоднократно радостно и сообщал. Спасибо.

Работа, столь же напряженная, как и по предыдущей карте, шла полным ходом. С обязательным условием: «Необходимо все каталожные дела закончить к 1995 г. А то вы можете всю жизнь заниматься каталогами. А нам считать надо». Ничего не скажешь — позиция! Та же пятилетка, только в два года! И все же многое успели: например, исторический каталог расширить по числу событий, по реалистичности и достоверности оценок крупных событий. И успели бы еще больше. Но подошел срок. Бронепоезд государственного задания помчался к светлому будущему, а мы со своими наработками и недоработками остались на полустанке. «Хорошо хоть так», — думалось тогда. Но оказалось нехорошо.

Он и Она еще раньше разошлись, «как в море корабли», на этот раз бесповоротно — на твердой, идейной, протрясающе-колеблющейся сейсмической почве. Одним словом, Мэтр хлопнул дверью (двери хлопают при 5- и более-балльных землетрясениях), забрал свои (а заодно и наши) игрушки (хотя даже при самых сильных землетрясениях игрушки, бывает, сохраняются). Среди них оказался и обновленный каталог сильных ис-

торических землетрясений — между прочим, коллективно 18 специалистами составленный.

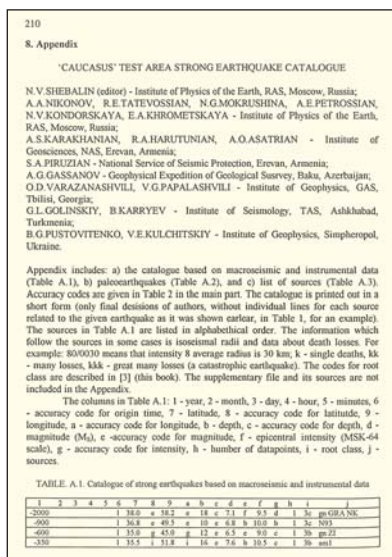
Хлопанье дверью, видимо, вполне устроило сильную слабую сторону. Главная трудность в выполнении государственной работы исчезла. Эта — сильная в других смыслах — сторона была не в состоянии что-либо предпринять нового по историческим событиям и, скорее всего, не считала такие действия обязательными. Ее вполне устраивало использование прежних, опубликованных совместно с Мэтром сведений и оценок исторических событий. Нарастить каталог инструментальными событиями — вот и все дело.

Вскоре уже больной до того Мэтр стал совсем плох. Мы не виделись. Мне ничего не сообщали. Только гораздо позже, после его кончины (был в то время в экспедиции) я узнал, что исторический каталог 18 авторов с Мэтром во главе публикуется в международном издании на английском языке. Правда, в виде приложения к статье Мэтра и его ученика совсем на другую тему. Остальные 15 соавторов, скорее всего, не узнали и этого. В «лихие 90-е» каталог (до публикации) был переправлен за границу. Свобода нравов росла пропорционально масштабам развала страны. Тогда и не такие массивы данных государственного и общественного значения становились предметами частного извоза, то бишь торгова.

Хороша картинка: прогрессивный и практически многозначимый каталог используется в Европе, но не в стране составления, где о его судьбе (да и о полном содержании) не знают даже составители. Русская версия каталога так и не появилась, коллективно не обсуждалась ни при жизни Мэтра, ни позднее. (Занятная ситуация, малюсенький парадокс российской действительности, никем не замеченный и в историю войти не достойный. И в нашем сюжете не нумеруемый: повседневность. Поэтому выделять его жирным заголовком здесь не будем. Тем более что настоящие парадоксы еще впереди.)



Титульный лист международного издания, опубликованного «Kluwer Academic Publishers» в 1997 г., в котором приводится усовершенствованный каталог по Кавказскому региону.



Первая страница каталога по Кавказскому региону 1997 г., который до 2011 г. оставался неиспользованным российскими сейсмологами.

Узнал только, что все мои наработки и согласованные с Мэтром решения по 46 сильнейшим историческим землетрясениям Кавказа вошли в тот каталог. Ну ладно, хотя бы так. Ведь опубликовано, да еще в международном издании. Надо радоваться: мой 15-летний труд (только дилетанты и специалисты по инструментальной сейсмологии могут думать, что 46 крупнейших событий можно отработать одному человеку за пару лет!) вышел в свет. Я и радовался. Умеренно. Ибо каталог опубликован лишь как приложение к статье других двух авторов, и ссылаться приходится на них.

Мэтр здесь ни при чем. Да, он ревностно держался за свое детище. Имел для этого все основания, ибо его труд колоссален. И в присвоениях у него не было необходимости, и воспитание не позволяло. В его подходе примечательно другое: он не боялся делать исправления. Так, к 90-м годам в его личном экземпляре изданного в США «Нового каталога» («New catalogue...», 1982) появилось немало рукописных уточнений, чаще с увеличенными значениями силы событий. В конце жизни Мэтра на одном из собраний я услышал его собственный афоризм: «Каталог — это не догма, а руководство к действию». Будучи ученым высокого ранга, он и ценил высоко совершенствование, приближение к истине на основе фактов. При всех всплесках и провалах это оставалось главным. Его афоризм я понял в двойном смысле: и как стремление к совершенствованию каталога, и как необходимость идти дальше на основе усовершенствованного каталога.

И попытался продолжить: «Каталог — альфа и омега сейсмологических исследований». Эта изреченная мной прописная истина была одобрительно встречена сейсмологами на международной ассамблее в Греции в 1997 г. Мэтра уже не было в живых.

Парадокс второй

Упомянутое английское издание с кавказским каталогом опубликовано в 1997 г. Очередная карта (ОСР-97) выпущена тогда же, утверждена новым директором Института (уже другим академиком), а затем и Госстроем. Под руководством Шефа она построена по новаторским, разносторонне учитывающим нестационарность сейсмического процесса правилам с уточненными оценками вероятности возникновения событий. Карта стала более информативной для проектировщиков и строителей. Новый прорыв, реальный прогресс. Получила Государственную премию. Шеф — само собой, на первом месте, заслуженно, ибо основные идеи и методические разработки от него. Имя Дама, единственной и неповторимой, за именем Шефа.

Ура-а-а-а!

Увы-ы-ы-ы!

В списке основных исполнителей фамилия Мэтра, одного из признанных лидеров советско-

русской сейсмологии, не значилась. Да ее там не было изначально.

Исторический каталог, гораздо более полный и надежный — фактическая основа расчетов и оценок, — не использован. Почему? Он и Она разошлись в эпоху «правления» Шефа. Шеф не имел каталога в руках? Почему? Забыл? Не знал о нем? Не считал важным? Не принимал Мэтра по-человечески?

Вы спросите, может ли такое быть? Отвечаю: может. Да читатель и так давно знает, что может быть всякое, даже «то, чего не может быть».

Жизнь и научная работа продолжались. В том числе над историческими землетрясениями. В Европе и некоторых других странах весьма энергично, у нас потихоньку, одиночными охотниками за забытыми и былшем поросшими фактами. Россия после распада СССР оторвалась от многих высокосейсмичных районов (или они от нее), да и от своих, дальних. Пришло наконец время заняться собственной территорией, в первую очередь европейской частью. К этому времени, оправившись от чернобыльского шока, атомное ведомство воспрянуло. Необходимо стало соблюдать и международные нормы безопасности. Да и методы исследования исторических землетрясений кардинально изменились. Мне же посчастливилось близко познакомиться с итальянской школой исследования древних исторических землетрясений.

В новых условиях надо было пересматривать подходы и вообще собственное сейсмическое «хозяйство» в наиболее плотно населенной, насыщенной коммуникациями, промышленными предприятиями (в том числе особо ответственными) части страны. Тут катастрофические землетрясения, похоже, не происходили. Однако все чаще и чаще выяснялось, что большая часть территории вовсе не асейсмична. Потихоньку стал пересматривать район за районом европейской (тоже необъятной, как оказалось) части родины. Начав с родины малой — Ленинградской области. Да ведь при академическом бюджете 90-х и нулевых годов на дальнее было и не замахнуться (как и ныне, впрочем).

Одно за другим, снова и снова, выбирал опорные, наиболее значимые события: искал первоисточники — русские и зарубежные; штудировал статьи, воспоминания, записки путешественников, официальные реликвии, случайные заметки — перелистал сотни книг, журналов, газетных подшивков. Обзавелся десятками папок, сотнями, тысячами выписок, отпечатков, ксероксов, заметок. Проверки, перепроверки, варианты, вопросы, сомнения, разочарования, обнаружения... Хорошо еще, что гораздо раньше, во времена советские, удалось заказать и получить сводки о событиях из всех основных архивов страны. Немало чего нужного, сейсмологам неизвестного, удалось обнаружить.

На Русской платформе встали свои научные проблемы, в горных областях значения не имевшие. Понадобилась, например, отбраковка событий нетектонического генезиса. А это особые знания, особые способы дискриминации, специфические (непривычные сейсмологам) источники сведений — совсем новая литература. Но вот в час по чайной ложке стали выстраиваться на современный лад и каталоги.

И все в дополнение к работе, так сказать, официальной, плановой. Кто же в институте, где царят точные науки и правят бал физики и геофизики, признает нужным копание в пыльных хранилищах в поисках заметок далекого прошлого. Тут в цене современные инструментальные наблюдения и прямые измерения. Но и пресекать макросейсмические исследования после признанных прорывов Мэтра в этой области вроде бы стало неудобно. Даже к публикации допускают. Только не употребляют слова «ревизия» (хотя давно уже «ревизионистами» у нас не бранятся). И не высказывайся на конференции или семинаре, что прежние версии каталогов России устарели, не отвечают современным возможностям и требованиям. При каждом моем выступлении особенно свирепствовал в полном отрицании новостей бывший монополист Европейской России в области сейсмологии. Не раз публично возмущалась и Дама (после ухода Мэтра державшая 100% акций, хотя и не «прибыльного» Каталога).

К тому времени, кстати, бывшие «Унифицированный» и «Специализированный» каталоги, долго существовавшие только в электронном виде (возможно, именно потому часто менявшиеся, так что неизвестно было, как и на что ссылаться), стали называться именами Дамы и Шефа. Ведь это их сотрудницы добросовестно включали в каталог все, что обрабатывалось и публиковалось Обнинской обсерваторией, за выпуск бюллетеней текущих событий ответственной. Один хлопок дверью закрывал многолетние труды? Что ж, так бывает. Выискивать и читать публикации по отдельным землетрясениям (да и по отдельным районам) людям на высоком посту ответственных редакторов обычно недосуг. А с рядовых тружениц какой спрос.

Шеф однажды в присутствии сотрудников лаборатории на мои суждения о ляпах и несуразностях в их с Дамой каталоге так разволновался и разгневался (а он сердечник), что не оставалось иного выхода, как тихонечко закрыть дверь снаружи. «Выход» продолжался несколько лет. Я упорно не прекращал работать. И так бы, скорее всего, и покинул этот светлый и радостный, богатый парадоксами мир (ну оставив десятки статей и несколько каталогов по историческим землетрясениям), если бы...

Если бы не пришло время очередной карты сейсмического районирования — ОСР-12. Начиная с 1935 г. работы по сейсмическому райониро-

ванию в СССР велись Академией наук — сначала в Сейсмологическом институте, а затем в его приемниках, вплоть до Института физики Земли. Работа, считаясь приоритетной, на всех этапах всегда обсуждалась на ученом совете, семинарах и собраниях института. На этот раз все было не так — тихо, в одном-двух кабинетах.

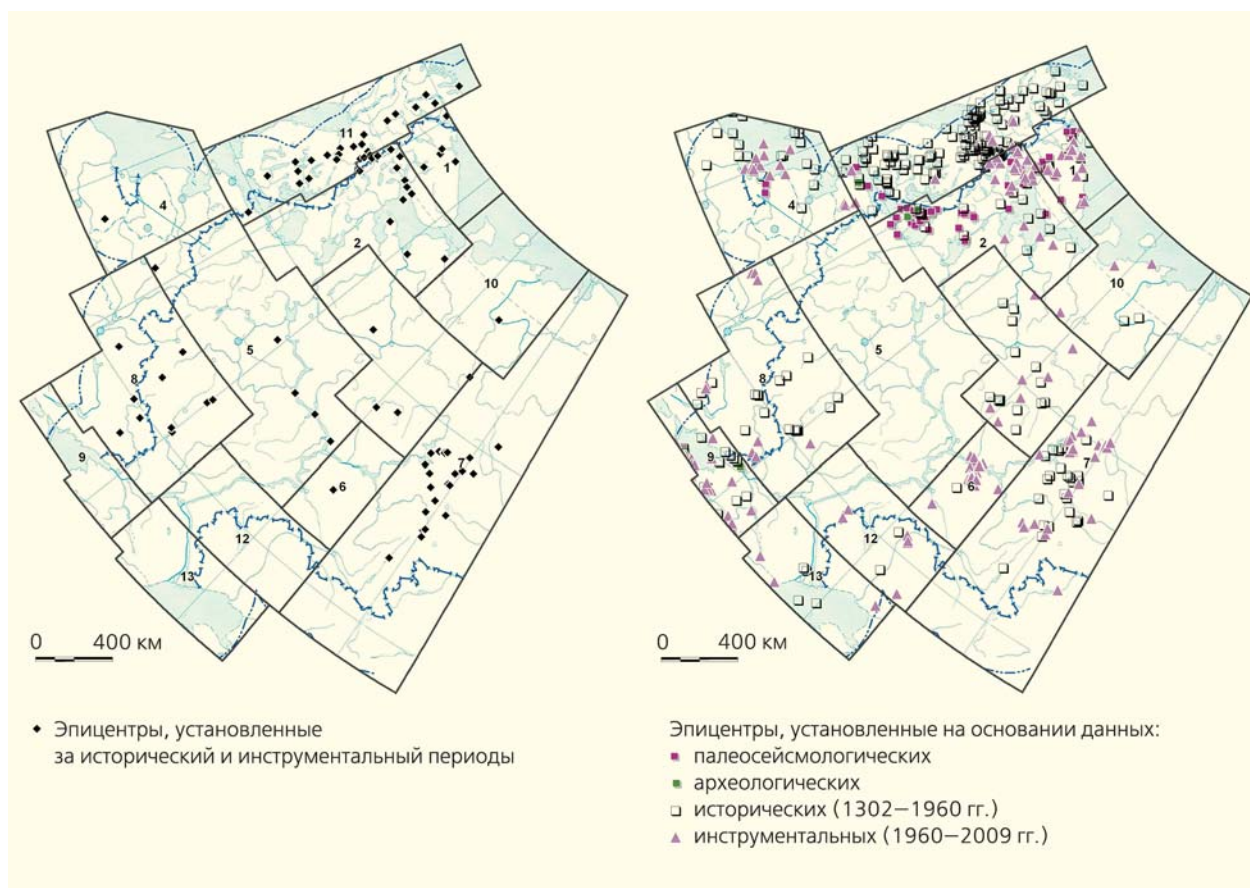
В начале 2010 г. до меня дошел неясный слух. Обдумав ситуацию и обладая без малого готовой усовершенствованной версией каталога сейсмических событий в Европейской России, посчитал необходимым еще раз «вылезти». Последний шанс реализовать многолетние наработки для действительно важного дела. Послал message Шефу. Отклик пришел незамедлительно: «Уважаемый... я сам хотел Вам предложить участие...». Неплохо, хотя сверх всего планового.

Выяснилось: работа началась в 2009 г. Но не в институте. Порядки, иерархия и действующие лица осовременились. Как водится в бизнесе, на выполнение проекта был объявлен тендер (что-то вроде залогового аукциона?). Институт तो ли не знал, то ли... одним словом, проморгал, прогляпил, прозевал — как угодно. Тендер выиграл строительный институт, у которого своих специалистов-сейсмологов не было. Прознавший о том Шеф проявил более чем уместную активность, благо имел отличные наработки и репутацию в Госстрое. Официальный Институт физики Земли не обеспокоился.

Так дело «с большой буквы» Институту перепало в виде специального соглашения, «с буквы маленькой» (и суммы тоже). Меня с помощником пригласили, когда тяжеловесный и крупногабаритный бронепоезд под девизом «Дашь ОСР-2012!» мчался на полном ходу. Надо было догонять, вскочить, а потом — бегом по составу. На сей раз пятилетку нужно было выполнить уже в один год! Наверное, это называется прогрессом, ускорением... Я бы выразился иначе, только, извините, не в печати.

Все недоделанное, «задолженное» и плановое бросаю и... бегом... Кончался 2011 г., а с ним и крайний срок передачи всех (абсолютно всех) необходимых для расчетов исходных данных по сейсмичности, по каталогу. И так уже по ряду причин dead line («что не будет представлено к... [следовала дата], то не войдет в Карту») переносился несколько раз.

Я вернулся из экспедиции в середине сентября, срочно приводил в окончательный вид два дополнения к историческому каталогу — архео- и палеосейсмические данные по Европейской России. Тут выяснилось, что ее южное «подбрюшье» — Кавказ — вызывает у Шефа вопросы и сомнения по части выделения активных разломов. Руководитель проекта настоятельно просил просмотреть материалы и определиться. Мне, много на Кавказе работавшему, такая необходимость была понятна.



Карты эпицентров землетрясений Восточно-Европейской платформы, составленные согласно версиям каталогов 1977 (слева) и 2011 гг. Цифрами на картах обозначены субрегионы.

Пришлось тут же обратиться к Кавказу, хотя формально я за него не отвечал. И обнаружил на подготовленной к обсчету карте очаги событий только кавказского направления. Как так? Я же точно знал, что целый ряд сильных землетрясений исторического времени имели поперечное к горному массиву, антикавказское простирание — обычное для горных, тектонически и сейсмически активных стран явление. Оно обнаруживалось многими специалистами не только на Кавказе. Для оценки сейсмической опасности региона и параметров воздействий это принципиально, во многом может изменить картину. В чем же дело?

Обратился к каталогам. На всякий случай проверил поздний каталог Мэтра (и многих), выпущенный в международном гроссбухе в 1997 г. (в котором и сам принимал участие). Там содержатся самые проверенные и уточненные данные, внесенные под контролем Мэтра. Первая же, выборочная, сверка показала: англоязычная кавказская часть каталога осталась неиспользованной при составлении карты ОСР-12.

Невероятно. Немыслимо. Абсолютно неприемлемо.

Парадокс третий

И все выясняется в последних числах октября, при сроке полнейшего окончания 1 ноября. Катастрофа! С каталогом, с картой, с так называемой актуализацией исходных данных. С возможностью дать действительно обновленные, максимально доступные, исчерпывающие материалы для расчетов и оценок по самому активному на европейской территории страны региону.

С помощницей Шефа срочно все проверяем, соотносим, составляем таблицы, карты с уточнениями. Надо довести до сведения Шефа, да так, чтобы его, перегруженного, не с крепким здоровьем, не ошарашить, не выбить из колеи. Вот все готово...

И тут скорая помощь увозит меня в больницу с сердечным приступом («удар по голове»).

Каталого-парадоксы: 1978, 1997, 2011. Третий раз на одни и те же грабли. Для отдавшего каторжно-каталожному (даром что не по принуждению, а по призванию) делу десятилетия — это ли не удар? Не граблями по лбу. Дротиком в сердце.

Что же произошло? Как мог случиться такой, скажем по-академически мягко, казус?

Прежде к базовому каталогу (ныне исчезнувшему из Интернета) имени Дамы и Шефа меня не привлекали. Попытки указывать на несовершенство издания по части событий исторических (особенно самых крупных) вызывали только раздражение и гнев. Потому доподлинную картину произошедшего дать затрудняюсь. Но суждение иметь смею, по опыту и признакам известным, косвенным. Казус с каталогом уже в третий раз произошел — *casus belli*! Термин, как известно, военный. Так как раз война-то и происходила. Точнее, последствия той давней войны сказывались еще долго и после ухода со сцены главных героев.

Примитивно, просто, обыденно. До ужаса и отчаяния.

Попытка постижения

Препятствия на пути к выполнению научной задачи, как известно, многообразны и многочисленны. И объективные, и субъективные. Наверное, разработаны их перечни и даже классификация. Однако фигурируют ли в них такие номинанты, как «камни». Например, «подводный камень», «камень преткновения». Или, скажем, антоним — «краеугольный камень». А еще — «пальма». В наших случаях как раз она и сыграла главную, решающую роль. Пальма первенства. Не заработки и суть дела, не его судьба, нет — борьба за первенство, главенствование, единоличие. Возобладало Эго! Можно иначе определить, более современно и политкорректно, — человеческие качества.

Как тут не вспомнить суждения психологов о мотивациях, генетических наклонностях, привычках... Самое безобидное — привычки. Например, нередко люди предпочитают не то, что выгодно (в науке — прогрессивно, доказательно, перспективно), а что привычно.

Итак, обычная история. Что такое природные катастрофы по сравнению с личностными эмоциями, амбициями, позициями, предпочтениями? Великий «человеческий фактор»! Великий, но буква «ч» в этом контексте никак не выводится заглавной. Кому-то может показаться: автор ломится в открытую дверь. Каталоги были всегда. Со временем они пополняются и даже уточняются. Качество. Все дело в качестве — качестве продукта, качестве жизни, человеческих качествах.

Собирался говорить о катастрофах природных, а скатился на катастрофы в душах и поступках человеческих. Случайно ли?

Совершенствование человека и общества — путь долгий, процесс многих столетий и тысячелетий, практически непостижимый. А вот когда в стране будет создана единая база сейсмических

данных, базовый, отработанный на современном уровне каталог — узнать хотелось бы. Для создания службы срочных донесений о сильных землетрясениях понадобилась Ашхабадская катастрофа 1948 г. — с числом жертв не менее 70–80 тыс. Для создания Министерства по гражданской обороне и чрезвычайным ситуациям — Спитакская катастрофа 1988 г. — с числом жертв до 45 тыс. и колоссальными убытками. Какое по силе и числу жертв землетрясение должно случиться, чтобы наконец создать в стране постоянно действующую, ответственную *службу* поддержания и обновления базового сейсмического каталога?

Автор вполне отдает себе отчет в том, что вообще-то речь идет о капле. Той самой, что камень точит (тысячелетиями)...

Мэтр уходил из жизни, исповедуясь и каюсь, оставляя фундаментальные труды. Дама, надо полагать, — в гордом сознании побед и превосходства. Он и Она стояли у алтаря науки, но по разные стороны. Они поклонялись разным богам, не слышали друг друга и, устремляясь к одной цели, пели разноголосом.

Получилась катавасия — сумбур, ссора, беспорядок (В.И.Даль). Владимир Иванович не измерял свой титанический труд пятилетками и не понуждаем был окриками «Темпо! Темпо!». И словарь его (чем не каталог?) живет — и жить будет веками. У нас же ремонт на каждом шагу.

И попутно: Даль держал корректуру своего «каталога» знаете сколько раз?

Ч-е-т-ы-р-н-а-д-ц-а-т-ь.

P.S. Статья в «Природу» уже пошла в набор, но, едва выползая из-под глыбы каталога по европейской части России, за который был последние два года ответствен, решил посмотреть, а что же делается в Сибири. Нашел довольно пухлую папку. В ней лежали давние, годами собиравшиеся выписки и копии сейсмических бюллетеней разных сейсмостанций мира за первую половину XX в. Собирали на всякий случай. Теперь выбрал, структурировал, составил список. Добрая дюжина событий — заведомо высокомагнитудные ($M \geq 6$). Более слабые события дальние станции в то время просто не умели записывать. Сверил с базовым каталогом. Больше половины в нем «блестяще» отсутствовали, часть приводилась с огромными погрешностями (координаты $\pm 1-2^\circ$).

Пытаюсь выяснить, кто ответствен за каталог по Сибири, кто и когда с ним работал? Нет ответственного! Использованы ли записи зарубежных станций — скольких, каких? Нет ответов. Они принципиально важны.

А карта ОСР-12 теперь выпущена, пошла по инстанциям...

Катастрофа. В одной, отдельно (от тела и дела) взятой голове? ■

Видел ли Ломоносов атмосферу Венеры?

А.Р.Нестеренко

Словами, вынесенными в эпиграф, начинается статья Михаила Васильевича Ломоносова, которую он посвятил наблюдениям транзита Венеры (прохождения планеты по видимому диску Солнца) в 1761 г. [1]. Я постараюсь тоже как можно короче рассказать об аналогичном событии наших лет, о подготовке к наблюдениям и повторению работы Ломоносова на телескопе того времени. Тогда, 250 лет назад, наш великий соотечественник открыл атмосферу Венеры — он увидел ее в моменты, в которые контур планеты касался края солнечного диска (таких моментов во время транзита четыре: два в самом начале, когда планета «вплывает» на диск, и два в конце, когда она его покидает). Мог ли Михаил Васильевич, используя современные ему телескопы, действительно заметить атмосферу этой планеты?

Сомнения и аргументы

Некоторые зарубежные ученые, в том числе наш американский друг Джей Пассачефф из Хопкинской обсерватории при Вильямс-колледже в штате Массачусетс (известный астроном и популяризатор науки, «солнечник», с которым мы проводили совместные наблюдения полного солнечного затмения в 2008 г.), не верят, что Ломоно-

Польза наблюдения светил небесных, а особливо тех перемен, кои редко бывают и великую пользу приносят, не нужно упоминать здесь пространно...

М.В.Ломоносов



Альфия Рашитовна Нестеренко, заведующая лабораторией атомной физики и спектроскопии и обсерваторией «Вега» физического факультета Новосибирского государственного университета, действительный член международной астрономической организации АСТРО. Область научных интересов — атомная и молекулярная спектроскопия, физика солнечной короны, наблюдение Луны и лунных вспышек, автоматизация оптических наблюдений.

сов мог видеть атмосферу Венеры. Вместе со своими коллегами Джоном Вестфаллом из американской Ассоциации лунных и планетных исследований, Паоло Танга из Обсерватории Лазурного Берега (Ницца, Франция) и др. он опубликовал несколько статей, в которых возможность наблюдения атмосферы Венеры в телескопы того времени ставится под сомнение и высказывается предположение, что Ломоносов видел некий оптический эффект [2–4].

К сожалению, в Европе принято считать, что открыли атмосферу Венеры известные астрономы XVIII в. англичанин В.Гершель и немец И.Шрётер. Оба они в конце века, через 30 лет после транзита Венеры в 1761 г., независимо друг от друга обратили внимание на то, что фаза планеты в форме полумесяца, подобного лунному, у острых концов имеет несколько иные пропорции, чем лунная, — «рога» чуть длиннее. Они объяснили это удлинение наличием у Венеры атмосферы. Данные наблюдения более просты, чем отслеживание так называемых касаний, или контактов, при прохождении планет по видимым дискам звезд. Но именно анализ преломления лучей на границе исследуемой планеты дает более достоверную и востребованную в наши дни информацию о том, есть у планеты атмосфера или нет, — таким образом сегодня ведутся поиски экзопланет (планет других звездных систем), которые в принципе можно приспособить для жизни. Как раз явления **рефракции** (преломления лучей) на краю Венеры при втором и третьем контактах, связанные с прохождением света через атмосферную оболочку, описывает Михаил Васильевич в своей статье. А вовсе не эффекты **дифракции** и **абберации**, сопутствующие наблюдениям с помощью оптики, о которых много и упорно говорят наши коллеги. Естественно, последние эффекты не могут служить ни доказательством, ни опровержением наличия атмосферы.

Действительно, светящийся тончайший волосок, окаймляющий Венеру, который замечен во время между первым и вторым, а также третьим и четвертым контактами с видимым краем диска Солнца, в телескопы той поры увидеть было крайне сложно, и я бы тоже согласилась, что это практически невозможно... Если бы не одно «но», касающееся личности нашего великого естествоиспытателя. Он имел огромный опыт наблюдения оттенков разных стекол в пламени стеклодувных печей. **Его глаза стали очень натренированными** за два года работы над образцами стекол для мозаики — за те два года, которые были отняты у науки и вызвали порицание некоторых его коллег. Поэтому он мог себе позволить кратковременное рассматривание Венеры на краю солнечного диска с использованием слабого фильтра. Хотя, как шутят астрономы, «на Солнце можно глядеть два раза. Один раз — правым глазом, другой раз — левым»... Никто сейчас не рассматривает Солнце без фильтров или в крайнем случае сильно подкопченных стекол. Михаил Васильевич указал, что заметил этот светящийся волосок атмосферы, «пупырь», в том месте, где и предполагал его увидеть. Но он использовал в своих наблюдениях «весьма не густо копченное стекло». В этом, скорее всего, и кроется успех наблюдения — **он рассматривал Венеру на диске Солнца практически напрямую, с самым небольшим ослабляющим фильтром**. О том, что ему удалось увидеть атмосферу Венеры, Ломоносов сообщил в известной статье «Явление Венеры на Солнце, наблюденное в Санкт-Петербургской Императорской академии наук мая 26 дня 1761 года» [1]. Там приведены не только наблюдения атмосферных

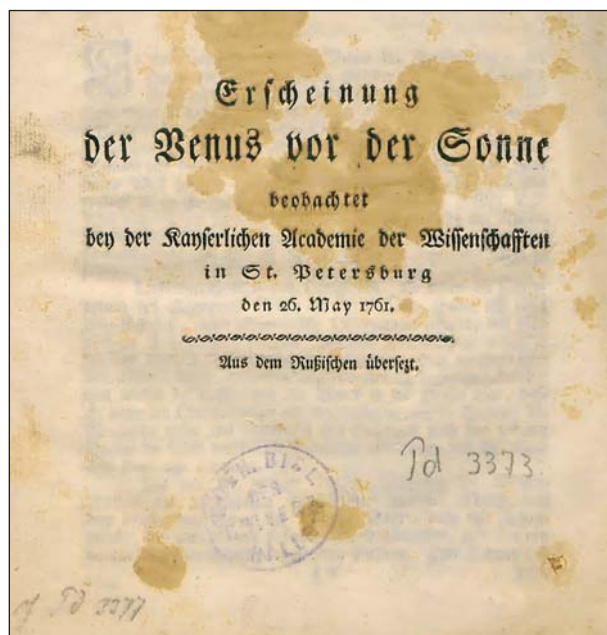
явлений, но и астрометрические наблюдения Крайильникова («адъюнкта астрономии») и Курганова («математических и навигационных наук подмастера»), выполненные в обсерватории Императорской академии наук.

Статья вышла достаточно большим тиражом: 200 экземпляров в России на русском языке. И 200 экземпляров было выпущено на немецком языке*, который Михаил Васильевич хорошо знал.

Для нас факт наблюдения Ломоносовым атмосферы Венеры представляется достоверным. Но заставить наших зарубежных коллег отбросить свои сомнения можно было лишь одним способом — повторить опыт Ломоносова, используя аналогичные телескопы и экспериментальную методику, что я и предложила. Шанс сделать это выпал на 2012 г., когда взаимное положение Земли и Венеры в пространстве сложились таким образом, что можно было вновь изучать прохождение Венеры по диску Солнца.

Транзиты Венеры случаются парами, через восемь лет, с длительными промежутками между парами (в 105.5 или 121.5 года). Через такие интервалы времени планета оказывается на одной линии между Землей и Солнцем, и в течение приблизительно 6 ч можно видеть, как Венера закрывает собой часть светила. В XVIII в. транзиты пришлось на 1761 и 1769 гг., в нашем XXI в. — на 2004 и 2012 гг. (см. график транзитов [5]). Транзиты 2012

* Статью можно посмотреть на сайте по адресу <http://digitale.bibliothek.uni-halle.de/id/3908230> (наши многочисленные попытки получить подлинник статьи на русском языке в библиотечных и музейных фондах России не увенчались успехом).



Титульный лист статьи М.В.Ломоносова.

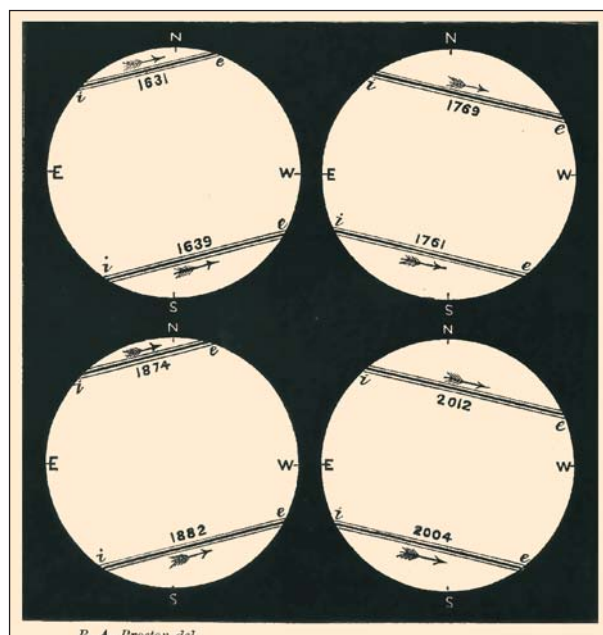


График транзитов — их пары начиная с 1761 г. [5].

и 1769 гг. совпали и по времени года, и по траектории, которую проходила Венера на фоне диска Солнца. Дело было за подходящим телескопом.

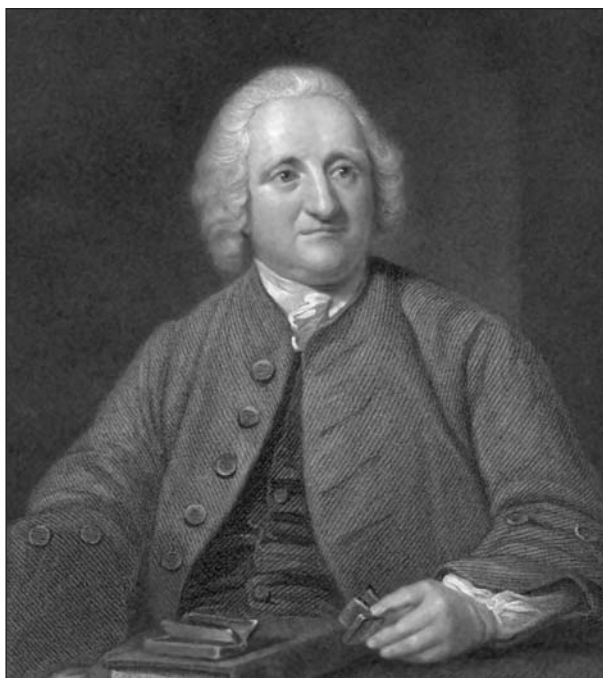
За помощью к музейщикам и антикварам

Насколько нам удалось выяснить, перед тем «явлением Венеры на Солнце» императрица Елизавета Петровна выделила значительные средства для покупки телескопов и другого необходимого оборудования. Более детальную информацию о телескопах обнаружил Юрий Петрунин (Компания по разработке телескопов, штат Колорадо, США). Были закуплены телескопы, изготовленные известными мастерами. В 1939 г. А.А.Немиро писал: «Наиболее многочисленной группой инструментов (музея Пулковской обсерватории. — А.Н.) являются приборы, заказанные для наблюдения прохождения Венеры по диску Солнца в 1761 и 1769 гг. К этой группе относятся ахроматические трубы Доллонда (Dollond), рефлекторы работы Шорта (Short). Одной из таких труб Доллонда знаменитый Ломоносов сделал крупнейшее открытие — обнаружил существование атмосферы Венеры во время прохождения ее через диск Солнца в 1761 году» [6]. К несчастью, коллекция старинных телескопов была утрачена в годы Великой Отечественной войны, поэтому нам осталось работать лишь с документами. В списке инструментов музея, составленном А.Ф.Вагнером и О.А.Баклундом в 1884 г. и опубликованном в 1886 г., удалось обнаружить телескопы с параметрами, которые указывал сам Михаил Васильевич, упоминая «ахромат о двух линзах длиной 4.5 фута»: аналогичные телескопы значатся под номерами 10 и 13. По фокусному расстоянию подходили также номера 9 и 11, но они не проходили по апертуре — параметру телескопа, который дает предельно различимые детали изображения (разрешение). Толщина светящегося ободка атмосферы, взятая с гравюры №4 статьи Ломоносова, имеет размер около 3.9". Этот размер и был критичным для нас при поисках того самого ломоносовского телескопа и при выборе аппаратуры, которой нужно было бы пользоваться нам и коллегам, также решившим принять участие в реконструкции наблюдения нашего естествоиспытателя.

Мы остановили свое внимание на телескопе под номером 13, он имел ту длину трубы, которую назвал Михаил Васильевич. Правда, судя по записям, год его выпуска был 1770-й, что дает возраст на 9 лет «моложе» транзита. Однако этот телескоп был передан музею из города Вильно, в котором он оказался, скорее всего, после тех самых «массовых закупок» инструментов в 1761 г. — не так часто и в то время выделялись столь крупные суммы под научный инструмент, а в работах по транзиту участвовало более 150 человек из разных стран. Год выпуска мог быть указан неверно в свя-



Михаил Васильевич Ломоносов (1711—1765).



Джон Доллонд (1706—1761).

зи с тем, что в обсерватории Вильно в 1777 г. был пожар (почему вся коллекция и была возвращена в Пулково). Во время пожара могла произойти путаница, и год выпуска поставили «круглый» — 1770-й. Но даже если год производства телескопа указан верно, Доллонд выпускал «ахроматы о двух

линзах» длиной 4,5 фута практически одинаковыми. Параметры ахроматического телескопа Доллонда таковы: диаметр объектива 2,75 дюйма (70 мм), фокусное расстояние 4,5 фута (1372 мм).

Используя сегодня такой телескоп или телескоп той поры с менее выдающимися параметрами (увеличением, фокусным расстоянием), с оптикой, сделанной в те времена, и увидев атмосферу Венеры во время нашего транзита, мы могли бы четко сказать — Михаил Васильевич **был способен** увидеть атмосферу в свой «ахромат о двух линзах» с 4,5-футовой трубой. Конечно, это было очень сложной задачей, на грани возможностей человеческого зрения.

В поисках подходящего инструмента мы с письмом от АСТРО обратились к сотрудникам санкт-петербургской Кунсткамеры, но безрезультатно: у музейных работников не было полной уверенности в том, какие линзы прилагались к 4,5-фунтовой трубе, да и сохранились ли в музее линзы нужного нам времени. Оставалось только одно — купить подобные антикварные телескопы.

И мы, и наши соотечественники в Америке стали их подыскивать. У Петрунина уже были подобраны телескопы. Современные аппараты в принципе мало отличаются от телескопов той поры, качество оптики, конечно, несколько лучше, но может быть и хуже, особенно если сравнивать с рефракторами Доллонда. Правда, сегодня приборы

снабжены автоматизированными системами наведения. Но главное отличие состоит в том, что в телескопах времени Ломоносова использовался окуляр Гюйгенса (две линзы, в которые направлено изображение, построенное телескопом), поле зрения которого хуже, чем у окуляров, используемых в настоящее время. К тому же на линзы окуляра тогда не наносилось просветляющее покрытие, уменьшающее потерю света. Конечно, для корректного решения спора нужно было искать аутентичные телескопы, с такими же окулярами.

Искомый телескоп нам удалось приобрести в Англии. По параметрам он несколько хуже того прибора, который использовал Михаил Васильевич. Но для выяснения существа спора чем слабее телескоп, тем доказательнее были бы наши наблюдения, ведь тем сложнее увидеть этот тонкий светящийся ободок.

Подготовка к наблюдениям

Кроме основного дела по реконструкции наблюдений Ломоносова в преддверии транзита мы готовили проведение он-лайн трансляции этого редкого события в Интернете. Для проведения трансляций в нашей обсерватории и Центре информационных технологий НГУ есть все необходимое — телескопы и ПЗС-камеры. Это наше мероприятие было третьим по счету — после трансляций полного солнечного затмения в 2008 г. и полного лунного затмения в 2011 г. Подбиралось также оборудование для публичных наблюдений. Специально был куплен рефрактор Deep Sky с хорошим качеством оптики и автоматической системой наведения. Остальные переносные телескопы обсерватории также были подготовлены к работе. Большой телескоп-рефлектор использовать в данном случае для нас не представлялось возможным, так как нужно было изготавливать специальный фильтр, способный снизить интенсивность солнечного излучения до безопасного уровня (для небольших телескопов солнечных фильтры мы изготавливаем сами).

Полностью повторять экспедиции Императорской академии наук от 1761 г. мы не пытались. Измерять в 2012 г. параллакс и определять астрономическую единицу, основу для шкалы расстояний в Солнечной системе, было уже ни к чему, это сделали наши предки в том далеком 1761 году, хотя в принципе это было возможно, так как мы проводили наблюдения согласованно из разных точек земного шара. Перезванивались с нашими коллегами и друзьями из Специальной астрономической обсерватории РАН на Северном Кавказе и соотечественниками из Чикаго, с В.Шильцевым, директором Центра физики ускорителей в американской Лаборатории им.Э.Ферми, чтобы подстраховывать друг друга на случай плохой погоды и передавать изображение транзита.



Старинный телескоп.



Телескопы южной наблюдательной площадки и купол обсерватории «Вега» (справа).

Вели наблюдения на своих площадках и другие наши соотечественники — Александр Кукарин и уже упоминавшийся Юрий Петрунин, с которыми мы также поддерживали связь.

Мы организовали наблюдательные места для студентов и сотрудников Новосибирского государственного университета. Как правило, во время заметных астрономических событий у нас бывало до 300 посетителей. Во время транзита их оказалось не меньше, что для скромных возможностей нашей небольшой обсерватории стало серьезной проверкой на прочность (например, в Московском планетарии во время транзита-2012 приняли всего 1 тыс. человек).

Подготовку к каким-либо знаменательным наблюдениям мы обычно начинаем загодя — за год-полтора до события. А в этот раз нам пришлось не только готовить комплекс оборудования, но еще и серьезно поработать с архивными документами для выяснения типа и комплектности того телескопа, на котором мог наблюдать транзит Ломоносов [7—11]. Из отдела редких книг Ленинской библиотеки нам удалось получить только черную копию с микрофильма со статьей Михаила Васильевича, а не факсимильную копию. Тем не менее, используя статью Ломоносова из собрания сочинений, немецкую статью, данные о его телескопах, консультируясь с коллегами и сотрудниками музеев, мы, как и наши коллеги, определились с параметрами телескопов той поры. Разо-



брались и с рисунками Михаила Васильевича, обсудили подробно, что именно он отразил на своих изображениях первого-второго и третьего-четвертого контактов Венеры с диском Солнца.

Вся эта деятельность заняла довольно много времени. Несколько месяцев длились обсуждения с Пассачеффом, его американскими и европейскими коллегами-астрофизиками с участием И.Н.Нестеренко, научного руководителя нашей обсерватории, который вносил в дискуссию четкие пояснения по существу используемой оптики и оптических явлений. Обсуждения жаркие, но не приведшие к согласию сторон. Насколько мы были уверены в том, что Михаил Васильевич мог увидеть это слабое свечение вокруг Венеры, правильно его истолковать и доказать в своих чертежах, что наблю-

даемое явление есть рефракция солнечных лучей в атмосфере Венеры, настолько же американские и европейские коллеги были уверены в обратном.

Поскольку наш антикварный телескоп оказался несколько слабее ломоносовского, нам было труднее готовиться к наблюдениям. Наши глаза не столь тренированы, и использовать «весьма не густо копченые стекла» я никому не советую. Поэтому и у нас были большие сомнения, что мы сможем увидеть тот знаменитый «пупырь» в наш старинный телескоп. В дни перед транзитом мы пытались натренировать глаза, рассматривая серпик Венеры в наш «новый старый» телескоп, и можем констатировать: наблюдать в подобные приборы очень и очень сложно. Я старалась вслед за Гершелем и Шрётером разглядеть удлинение серпика Венеры у острых концов — рогов.

«Рога» Венеры, видимые в современный телескоп ТАЛ 150К, который мы обычно используем для наблюдения Луны на убывающей фазе, по пропорциям были несколько длиннее по сравнению с правильной формой фаз «безатмосферной» Луны. За фазами Луны мы следим достаточно часто во время прохождения метеорных потоков — с тем, чтобы обнаружить вспышки на Луне. Параметры телескопа ТАЛ 150 следующие: диаметр входного зеркала 150 мм, фокусное расстояние 1575 мм.

Явление богини

Последние дни перед транзитом Венера выглядит как узкий «серпик», потому что освещенной и видимой для нашего глаза оказывается только малая часть (фаза) планеты, а не вся сфера, и чем ближе срок подходит ко времени транзита (в 2012 г. — 6 июня), тем тоньше и тоньше становился этот серпик. Расположение Венеры относительно Земли в эти дни становилось таковым, что мы могли видеть сначала этот уменьшающийся серпик, а затем само прохождение Венеры по диску Солнца: черный шарик планеты прокатился по верхней части диска Солнца. Транзит 2004 г. прохо-

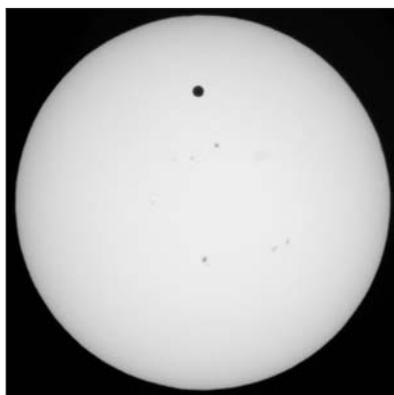
дил по нижней, южной части солнечного диска. Мы тоже пытались его наблюдать, но погода, к сожалению, была изменчивой, и хороших изображений нам получить не удалось.

А в 2012 г. наша сибирская погода не подвела и позволила нам провести хорошие наблюдения и трансляцию. За мониторами, камерами и телескопом следил Игорь Нестеренко, помогали ему Роман Белоусов, Аркадий Дробчик и Максим Нестеренко. Наша трансляция транзита была размещена на сайте вещания* (сжатая запись трансляции — видеоролик о транзите — размещен и в информационной ленте РИА «Новости», нашем давнем партнере по трансляциям), со временем сжатые записи транзита-2012 и затмений 2008 и 2011 гг. станут доступными на сайте нашей обсерватории**.

В ходе трансляции можно было видеть Солнце с пятнами активности: в то время на нем наблюдалось две группы пятен. По солнечному диску в течение 6 ч медленно «проползала» маленькая черная круглая «улитка» — Венера. Главные моменты транзита — это касания: первое — 05 ч 07 мин 10 с, второе — 05 ч 24 мин 48 с, третье — 11 ч 34 мин 32 с, четвертое — 11 ч 51 мин 52 с. Именно в эти моменты, когда Венера входит на диск Солнца и выходит с него, можно было пытаться увидеть тонкий волосок атмосферы.

Погода, немного пасмурная ночью, прояснилась, и розовое Солнце мы увидели ясным и чистым. Полная Луна тоже присутствовала на небосводе. Но все же ночная дымка немного мешала изображению края солнечного диска на экране — оно «бултыхалось» — это происходило и из-за турбулентности (изменения) атмосферы. При хорошем разрешении искажения очень заметны. При маленьком разрешении все более сглажено, и изображение кажется более четким.

По моим субъективным впечатлениям, Венера, сначала как бы запутавшаяся на краю солнечного диска, с трудом прорва-



Транзит Венеры — 2012: начало, середина и окончание.

* <http://translation.novo-sibirsk.ru>

** <http://vega.nsu.ru>

лась на диск. «Сражение» длилось более 5 мин — это было первым контактом с Солнцем. Вырвавшись, Венера, чуть постояла на краю — черным шариком — второй контакт. Конечно, скорость движения планеты по своей орбите постоянна и остановки быть не может, это только мое видение первого и второго контактов. Однако и в древности некоторые люди видели транзит так же, как я. Специалист по астроархеологии доктор исторических наук В.Е.Ларичев, находившийся в нашей обсерватории во время транзита, эту мнимую задержку пояснил с точки зрения древних верований словами: «Божество мечется на пороге царства мертвых». Вот из-за этого «сражения» Венеры на краю солнечного диска в начале транзита, из-за нестабильности атмосферы, мы ничего не смогли разглядеть над поверхностью планеты и во время второго контакта.

Далее Венера свободно прошла свой более чем пятиминутный путь по диску Солнца, и надежда оставалась на третий и четвертый контакты в конце транзита. Настроение у всех было приподнятым, Солнце в телескопах выглядело глубоким и ясным, и у меня легко сложились строчки в эпическом стиле:

*Венера, черной шалью укрывшись,
Поспешила пройти быстрее свой путь
Над Солнца глубиной.*

Есть!

К счастью, установившаяся после первых двух контактов хорошая погода продержалась до самого конца транзита. Облака стали пробегать по Солнцу именно тогда, когда Венера исчезла с солнечного диска.

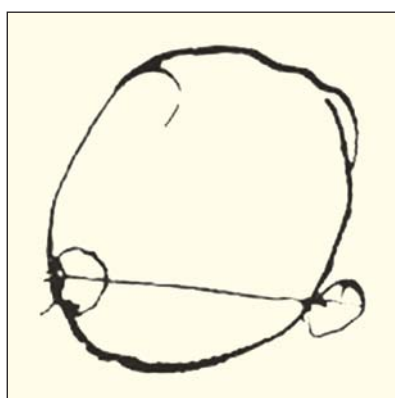
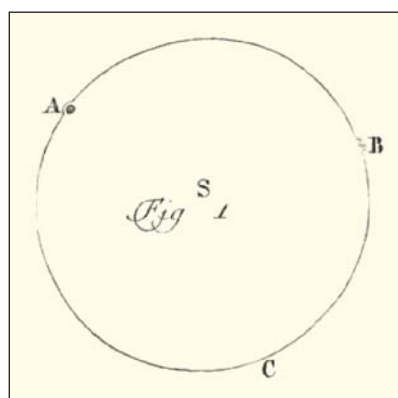
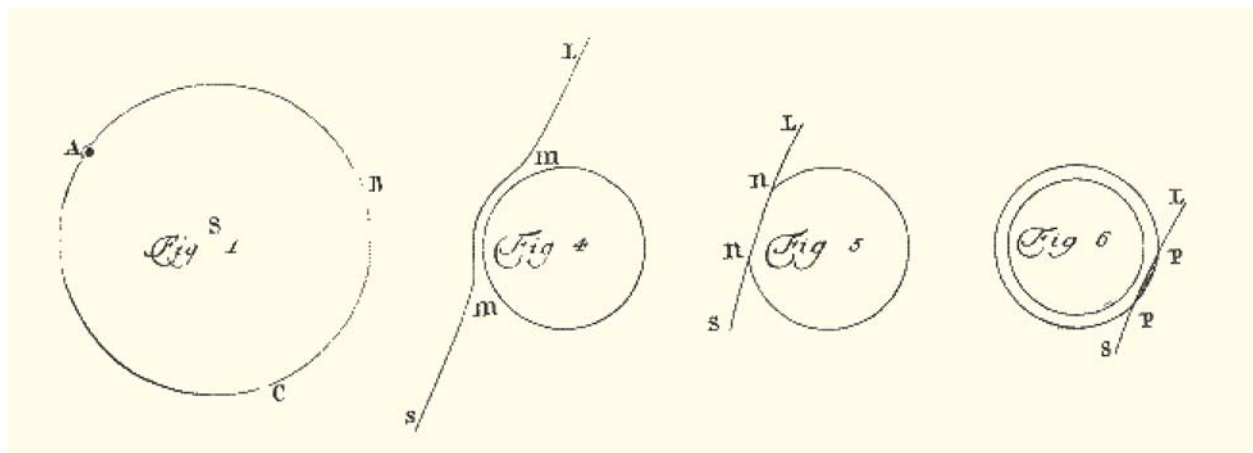
Удивительно, но такое при наших наблюдениях случалось часто. В 2006 г. частичное солнечное затмение мы наблюдали в просвете облаков, в 2008-м до полного солнечного затмения было облачно, и после затмения погода испортилась, да и лунное затмение мы также «вылавливали» из череды пасмурных ночей.

В этот раз сразу после ухода Венеры с диска Солнца тоже набежало множество тучек, затянув и Солнце, и экраны наших мониторов, до сей поры чистые, с четко различимыми изображениями. Нам повезло.

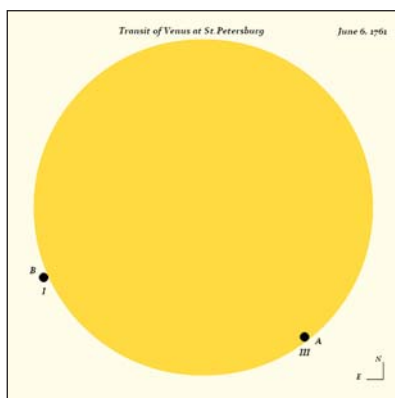
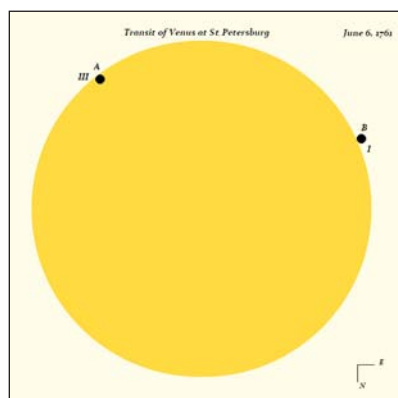
Третий и четвертый контакты Венеры с солнечным диском мы старались разглядеть как можно тщательнее. В разные телескопы. В современный ТАЛ 150К светящийся, более светлый ободок вокруг планеты во время третьего контакта был виден очень четко. На фоне огромного Солнца он казался сверкающим кольцом беловато-желтого цвета. После наблюдений на ТАЛ 150К и Deep Sky я подошла рассматривать третий контакт в наш старый, антикварный телескоп, нацелив глаза сразу же на краешек Венеры, и... увидела

очень тоненький светящийся слой над Венерой! Различить это слабенькое, но заметное, отличное от цвета короны Солнца, свечение и в моем случае помог многолетний опыт разглядывания спектральных линий в кассетной части старых спектрометров и опыт изготовления спектральных ламп с использованием разных типов стекол и горелок на разных газовых смесях. Более 25 лет я занимаюсь атомной спектроскопией, и мне часто приходилось «вылавливать» очень слабенькие линии, такие, как, например, H_γ в спектре водорода. Это тоже требует определенного зрительного опыта, глаз должен распознавать самые тонкие слабоконтрастные оттенки цветов. В принципе выловить темно-фиолетовую H_γ в темной, черной кассетной части старого спектрографа, да еще и за короткое время, нужное для помощи неуспевающим студентам, — это все равно что найти черную кошку в темной комнате. С той разницей, что ты знаешь: эта черная кошка в кассетной части есть, раз есть недавно наполненная атомарная водородная лампа, и она излучает все четыре линии спектра. Нужно лишь изловчиться и поймать боковым зрением слабоконтрастное сверкание зеленых глаз этой кошки. К сожалению, многолетний опыт наблюдения слабоконтрастных объектов и работы с разными типами горелок в нашей группе был только у меня, и только мне удалось разглядеть разницу в оттенке цвета всего диска планеты и края диска Венеры с внешней стороны Солнца. Человеческий глаз устроен так, что различает именно контраст оттенков в некотором выбранном диапазоне длин волн.

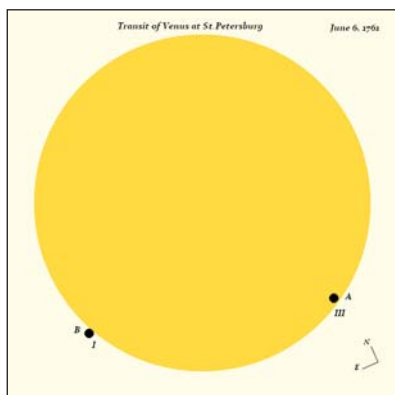
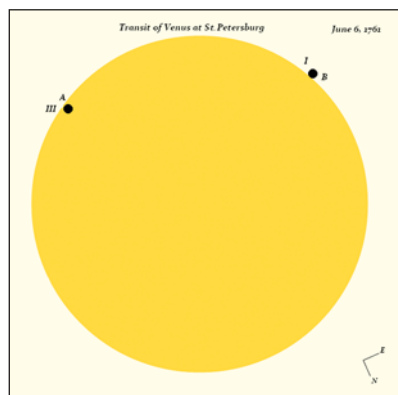
Вид и форма этого свечения напоминает то, что изображено на рисунках из статьи 1761 г. (с той разницей, что в 2012 г. транзит проходил по верхней, северной стороне солнечного диска). Начало третьего контакта. Солнце в окуляре огненно-оранжевое, Венера выглядит черным пятком на его краю. По краю всего Солнца его корона желто-бело-сверкающая, движущаяся, дышащая. Над этим черным пятком Венеры корона Солнца как бы обогнула и Венеру, укрыла ее, но цвет короны в этом месте изменился, став более прозрачным. Венера кажется «шишкой на теле Солнца», которая подняла «кожу»-корону над Солнцем. Это беловатое серебристое свечение над Венерой очень меня согрело и обрадовало! Увидела его и группа наших соотечественников в Америке, в аналогичные антикварные телескопы времен Ломоносова [12]. Наше общее дело получило достойную оценку — группа исследователей, в том числе и мы, были награждены в США дипломом и премией «Серебряный лучник», которая недавно учреждена в США (Попечительским советом Национальной премии в области развития общественных связей в номинации «Коммуникации в глобальном мире» — чтобы отмечать успехи в российско-американском сотрудничестве, в том числе в культурно-образовательной сфере).



Изображения транзита Венеры от 1761 г. Несколько гравюр по эскизу М.В.Ломоносова (из немецкого издания «Явление Венеры»): fig.1 дает общий вид характерного выпячивания, fig.4 показывает третий контакт (по схеме даже можно определить ширину ободки вокруг Венеры — 3.9"), fig.5 изображает положение Венеры между третьим и четвертым контактами, когда выпячивание из-за рефракции перестало быть видимым и планета оказалась без края, fig.6 объясняет, почему во время первого и четвертого контактов край Солнца стал нечеток, как бы ступшеван.



Касания тогда и сейчас. Вверху слева — тот же рисунок Ломоносова (fig.1), справа — набросок, сделанный им во время наблюдения транзита [1]. В середине — изображения, воспроизведенные программой The Sky 6, в экваториальной системе координат в соответствии с реальными размерами Солнца и Венеры: перевернутое изображение, которое дает астротруба (слева), и нормальное, прямое изображение, которое дает подзорная труба (справа). Как можно видеть, гравюра по эскизам Ломоносова сделана практически с фотографической точностью. Внизу — то же в азимутальной системе координат. Из картинок можно заключить: Ломоносов использовал и астротрубу (телескоп), и подзорную трубу, что было в характере этого великого естествоиспытателя — он подстраховывался и проверял свои наблюдения и опыты многократно, очень тщательно сверяя результаты всех наблюдений.



Теперь все сомнения в том, что Ломоносов действительно видел узенький ореол вокруг Венеры, рассеялись. Его объяснение, что этот светящийся волосок и есть атмосфера Венеры, и пояснение о ходе оптических лучей в результате преломления солнечных лучей на атмосфере Венеры — одно из его бесспорных открытий.

Вот как он описывает свои впечатления, отраженные на рисунке из его статьи, который мы можем сравнить с современной картинкой:

«...Ожидая вступления Венерина на Солнце... увидел наконец, что солнечный край чаемого вступления стал неясственен и несколько будто ступшеван, а прежде был весьма чист и везде равен... Вскоре оный пупырь потерялся, и Венера показалась вдруг без края; тп — отрезок, хотя весьма малый, однако явственный. Полное вырождение, или последнее прикосновение Венеры заднего края к Солнцу при самом выходе было также с некоторым отрывом и с неясностью солнечного края... При выступлении Венеры из Солнца, когда передний ее край стал приближаться к солнечному краю и был (как просто глазом видеть можно) около десятой доля Венерина диаметра, тогда появился на краю Солнца пупырь, который тем явственнее учинился, чем ближе Венера к выступлению приходила. LS значит край Солнца, тт — выпуклостое перед Венерою Солнце <...> планета Венера окружена знатною воздушною атмосферою, таковою (лишь бы не большею), какова обливается около нашего шара земного. Ибо, во-первых, перед самым вступлением Венеры на солнечную поверхность потеряние ясности в чистом солнечном крае В значит, как видится, вступление Венериной атмосферы в край сол-

Литература

1. Ломоносов М.В. Явление Венеры на Солнце, наблюденное в Санкт-Петербургской Императорской академии наук Майя 26 дня 1761 года. Выпущено Императорской академией наук в 1761 году; Полное собрание сочинений Михайла Васильевича Ломоносова с приобщением жизни сочинителя и с прибавлением многих его нигде еще не напечатанных творений. Ч.3. СПб., 1803. С.243—260; Ломоносов М.В. Полное собрание сочинений Ломоносова. Т.4. М., 1955. С.361—376.
2. Sunlight refraction in the mesosphere of Venus during the transit on June 8th, 2004 // Icarus. 2012. V.218. P.207—219.
3. Pasachoff J.M., Sheehan W. Lomonosov, the discovery of Venus atmosphere, and eighteenth century transits of Venus // Journal of Astronomical History and Heritage. 2012. V.15. №1. P.3—14.
4. Schaefer B.E. The transit of Venus and the notorious black drop effect // Journal for the History of Astronomy. 2001. V.32. P.325—336.
5. Proctor R.A. Transits of Venus. Plate I. L., 1882.
6. Немиро А.А. Астрономический музей Пулковской обсерватории // Сто лет Пулковской обсерватории: Сб. ст. М.; Л., 1945. С.269—271.
7. Отчет директора НГАО за 1883/1884 гг. ПФАРАН. Ф.703. Оп.1 (до 1917 г.). Д.62.
8. Годовой отчет директора НГАО за 1884/1885 гг. ПФАРАН. Ф.703. Оп.1 (до 1917 г.). Д.63.
9. Акты об ущербе, причиненном за время войны и блокады Главной астрономической обсерватории Академии наук СССР, 1944 г. Научный архив ГАО РАН. Ф.1. Оп.1. Д.76. Л.50-56, 58, 59.
10. Акт на временное поступление в Эрмитаж музейных предметов. АГЭ. Ф.1. Оп.5. Д.2659. Л.68.
11. Щеголев Д.Е. Астрономический музей // 150 лет Пулковской обсерватории. Л.: Наука. 1989. С.300-306.
12. Shiltsev V., Nesterenko J., Rosenfeld R. Replicating the discovery of Venus's atmosphere // Phys. Today. 2013. V.66. №2. P.64—65.



Диплом премии «Серебряный Лучник».

нечный. LS — край солнечный, PP — часть Венериной атмосферы. При выходе Венеры прикосновение ее переднего края произвело выпуклость. Сие не что иное показывает, как преломление лучей солнечных в Венериной атмосфере...»■

Испанский олень и испанский певец

И.А.Володин, Е.В.Володина,
Э.Авилес, Р.Фрай, Т.Ландете-Кастильехос



Искусство профессионального пения — довольно редкое умение среди людей. Просто иметь красивый голос недостаточно: даже одаренные певцы долго учатся, пока овладеют всеми потенциальными возможностями своего голоса. Кроме того, есть еще и такое понятие, как певческая долговечность, ведь если петь неправильно, то можно сорвать не аплодисменты, а голосовые связки.

Однако ни один, даже самый выдающийся, преподаватель вокального мастерства не сможет кратко объяснить, что значит петь правильно. К примеру, этой проблеме посвящены почти 600 страниц учебника, в котором профессор Московской консерватории В.П.Морозов обобщил более чем 45-летний опыт исследования техники пения выдающихся вокалистов (Ф.Шаляпина, С.Лемешева, И.Козловского, И.Архиповой, Е.Образцовой, Е.Нестеренко, И.Богачевой, В.Атлантова, П.Лисициана, Н.Гяурова, Э.Карузо, М.Каллас, П.Доминго, Л.Паваротти и многих других) [1]. Основное резюме этой книги — используйте резонанс! Так как же его использовать? Мы решили, что лучше всего попробовать узнать об этом у тех природных певцов, которые просто не могут обходиться без резонанса, — самцов благородного оленя (*Cervus elaphus*). У того из них, кто не может кричать громко, красиво и долго, шансы размножения сводятся к нулю, поэтому самцы оленя все как один — прекрасные певцы. Их рев во время гона отпугивает соперников и служит призывом для самок.

Басы и тенора

В зависимости от места обитания техника гонного пения самцов оленей сильно различается. Среди них есть басы, тенора, а есть и такие, которые способ-



Илья Александрович Володин, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории поведения животных кафедры зоологии позвоночных Московского государственного университета им.М.В.Ломоносова. Изучает социальное поведение млекопитающих и птиц, механизмы звукопродукции, биоакустический мониторинг популяций.



Елена Владимировна Володина, кандидат биологических наук, научный сотрудник отдела научных исследований Московского зоопарка. Область научных интересов — структура и функция звуков, индивидуальная и половая специфика криков.



Томас Ландете-Кастильехос, доктор философии по биологии, директор экспериментальной оленьей фермы Университета Кастилии-ла-Манча (Альбасете, Испания), вице-директор Института развития региона Кастилия-ла-Манча, певец (тенор). Область научных интересов — этология, биокоммуникация, биомеханика костной ткани, формирование певческого голоса.



Эмилиано Авилес, профессор музыкальной академии «Амадей» (Альбасете, Испания). Эксперт в области певческого исполнительского мастерства, певец (баритон). Область научных интересов — роль анатомии и физиологии вокального аппарата в постановке профессионального певческого голоса.



Роланд Фрай, доктор философии по биологии, сотрудник Института биологии животных в природе и в неволе (Берлин, Германия). Специалист в области эволюционной морфологии и сравнительной анатомии, занимается изучением адаптаций вокального тракта млекопитающих под влиянием полового отбора.

© Володин И.А., Володина Е.В., Ландете-Кастильехос Т., Авилес Э., Фрай Р., 2013

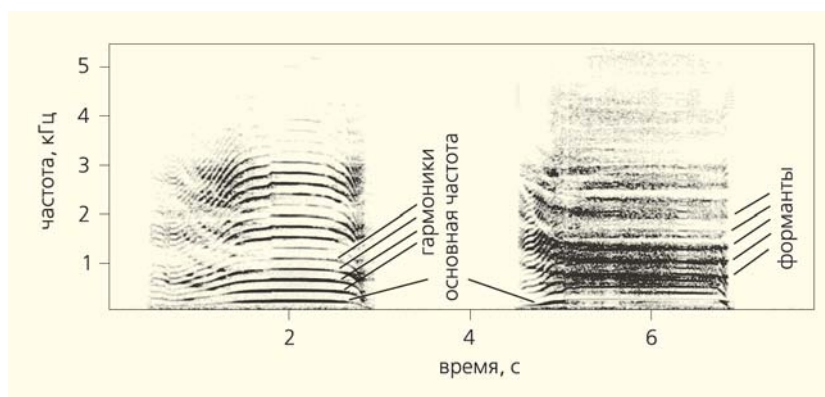


Рис.1. Испанский олень и спектрограммы его гонного рева — обыкновенного (слева) и шумового. В первом случае хорошо видны основная частота и ее гармоника, а во втором — форманты. Основная частота — это частота вибрации голосовых связок, которая на визуальном изображении рева рисуется в виде нижней полосы. Стопка кратных полос над основной частотой — это ее гармоника. Они всегда появляются при работе голосовых связок, даже если над ними нет резонаторов вокального тракта — глотки, ротовой и носовой полостей.

ны петь и басом, и тенором, а также скользить с очень высоких нот на низкие в изящнейшем глиссандо*. Эти разные «вокальные школы» возникли в хо-

* Крики самцов разных подвидов благородных оленей можно послушать на сайте http://www.bioacoustica.org/gallery/mammals_rus.html#Artiodactyla.

де эволюции благородных оленей. Их ископаемые остатки и анализ ДНК современных оленей свидетельствуют о том, что произошли они из Центральной Азии и затем распространились в двух противоположных направлениях. Те, которые пошли на запад, дали начало всем современным благородным оле-

ням Европы [2], а те, которые отправились на восток, — сибирским маралам, дальневосточным изюбрям и американским вапити. По какой-то неизвестной пока причине все западные благородные олени кричат исключительно басом [3–5], а все восточные — высоким пронзительным тенором [6–8].

Классика и модерн

Вокальный резонанс используют самцы всех оленей, но по-разному. Западные, басистые, подвиды делают это в соответствии с классической теорией источника-фильтра: источником голоса служат вибрирующие голосовые связки, расположенные в гортани, а фильтром — находящийся над ними вокальный тракт, включающий глоточную, ротовую и носовую воздушные полости [9]. С физической точки зрения вокальный тракт любого млекопитающего представляет собой трубку определенного диаметра и длины. Каждая трубка имеет свои резонансные частоты, и при прохождении через

нее звук нарастает неравномерно. Области усиления звука резонансами вокального тракта называются формантами. Самый главный постулат теории состоит в независимости источника и фильтра. Это означает, что фильтрация вокальным трактом не влияет на частоту вибраций голосовых связок и, стало быть, не меняет высоту произведенного ими звука.

У самцов испанских оленей бывают разные типы крика. В шумовых ревах, где основная частота замаскирована хаосом, хорошо заметны признаки фильтра — форманты (рис.1, справа) [3, 5, 10]. А в обыкновенном реве, наоборот, хорошо видны признаки источника: основная частота и ее гармоники, которые на спектрограмме рисуются в виде стопки частотных полос (рис.1, слева). Самая нижняя из них, основная частота, совпадает с частотой вибрации голосовых связок, а гармоники — это кратные ей частоты. Результат фильтрации сигнала вокальным трактом хорошо виден в начале спектрограммы в виде сбегающих вниз формант. Это происходит из-за того, что олень в начале рева оттягивает гортань вниз до грудины, при этом длина вокального тракта сильно увеличивается и его резонансные частоты изменяются. Форманты снижаются, пассивно следуя за снижением резонансных частот. Ближе к середине звука форманты не видны. Они могут только усилить энергию, уже присутствующую в крике. Если резонансная частота фильтра оказывается между гармоник, где акустическая энергия отсутствует, она невидима, а если попадает на гармонику, то она от нее неотличима. В связи с этим форманты хорошо заметны либо в низкочастотных звуках, где гармоники расположены близко друг к другу, либо в шумовых звуках, где звуковая энергия не собрана в полосы основной частоты и гармоник, а рассеяна в виде облака (см. рис.1).

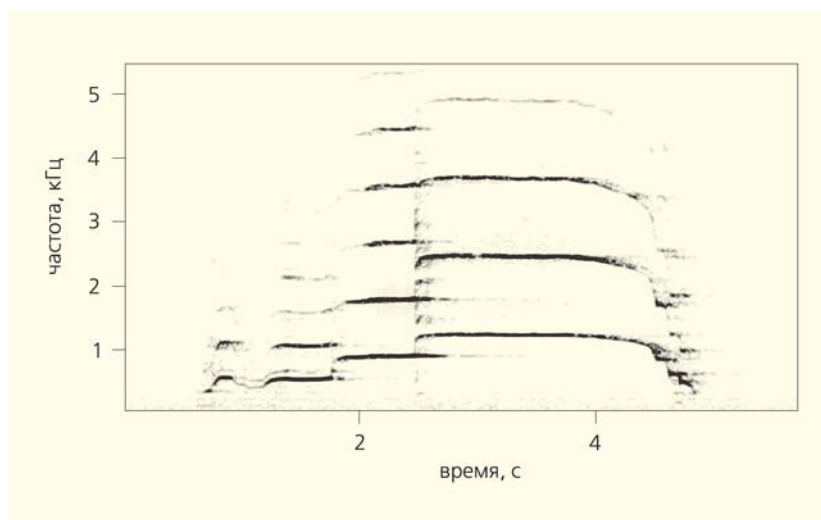


Рис.2. Сибирский марал и спектрограмма его гонного бугля. Форманты незаметны из-за того, что основная частота очень высокая и расстояние между гармониками очень велико. При подъеме и падении основной частоты видны характерные ступеньки.

В отличие от самцов западных подвидов благородных оленей, восточные кричат очень высоким тенором (рис.2). Этот странный пронзительный звук никак не назовешь ревом, поэтому для таких звуков лучше использовать термин «бугль» (от англ. bugle — горн, сигнальный

рожок, а также гонные крики вапити). До сих пор остается загадкой, каким образом восточные олени способны производить подобные крики, ведь трехсантиметровая голосовая связка оленя, чтобы произвести столь высокий звук, по всем законам физики должна быть натянута

так сильно, что неминуемо порвется [10–12]. Не задействован ли здесь принципиально иной механизм, позволяющий издавать очень высокие звуки без запредельного натяжения связок?

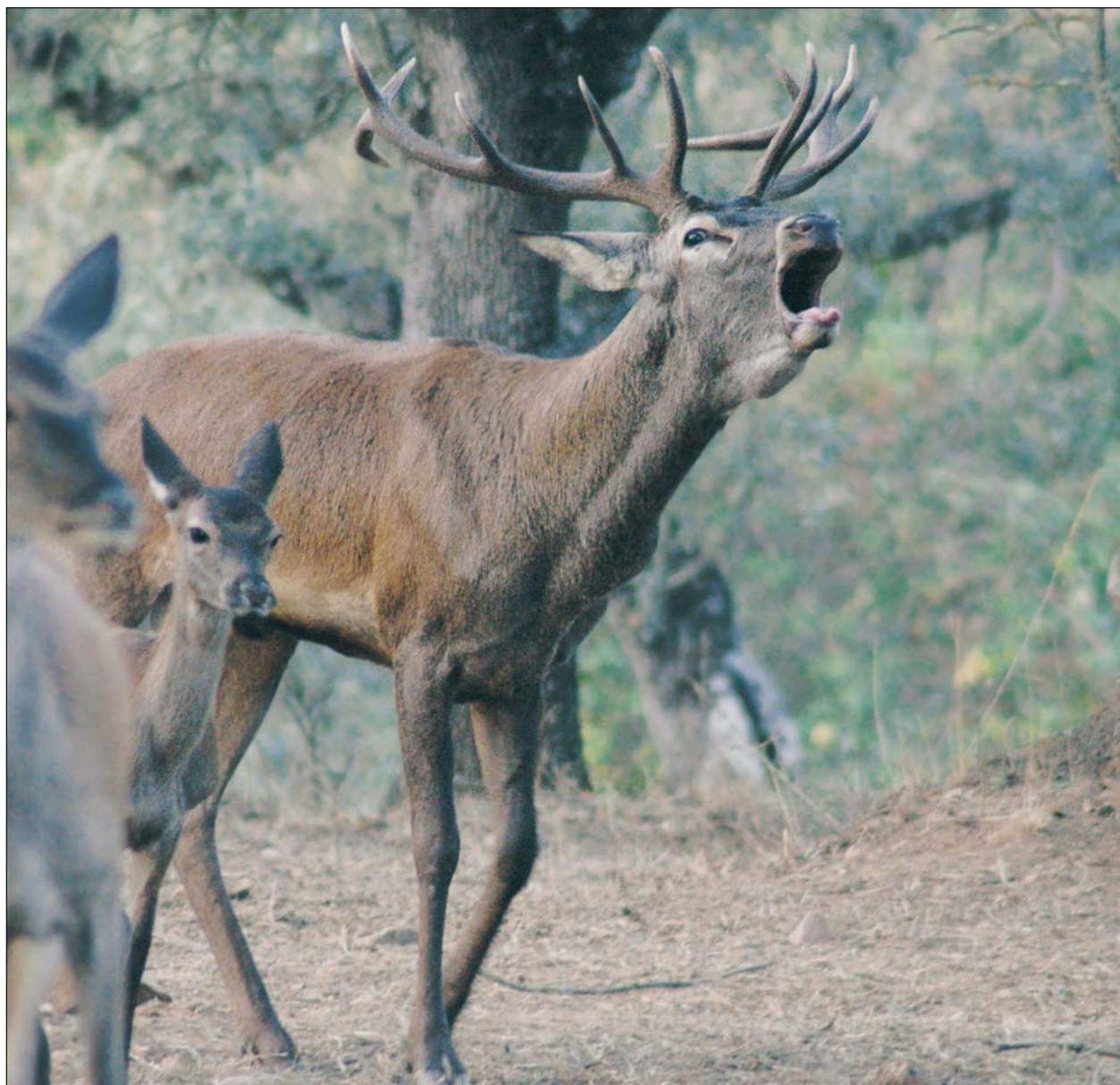
Такой механизм, основанный на силе резонанса, используется во многих духовых инструментах. К примеру, в органе источником звука служит маленькая тонкая пластинка, которая, подобно голосовым связкам оленя, при вибрации способна издавать довольно слабый звук. Вся мощь звучания органа достигается за счет того, что эти слабые колеба-

ния многократно усиливаются, когда пластинка начинает вибрировать на одной из резонансных частот органной трубы [1]. Возможно ли, что все восточные олени — и американские вапити, и наши сибирские маралы — трубят подобно духовым инструментам? Компьютерное моделирование предсказало, что этот механизм в принципе могут использовать и олени [12]. Такая настройка, иначе называемая сцеплением между источником и вокальным трактом, может повысить уровень звукового давления на 10 дБ, так что громкость

звука увеличится вдвое [13]! Однако до сих пор никто не наблюдал этот акустический эффект в реальных звуках живого оленя.

Что нужно, чтобы завывать сиреной

Для этого надо разорвать независимость источника и фильтра. Тогда звук от голосовых связок может «зацепиться» за одну из формант, и затем взаимодействие источника и фильтра должно заставить голосовые связки вибрировать на частоте



форманты. Именно это и произошло в одном из ревов испанского оленя (рис.3, слева). Мы нашли только один такой звук среди почти 3 тыс. ревов, записанных от многих десятков самцов, что говорит о чрезвычайной редкости этого акустического феномена у испанских оленей [10]. Но и среди других млекопитающих сцепление источника и фильтра — исключительный случай, а не правило. До сих пор такой эффект был известен только для людей, в вокальных упражнениях певиц сопрано [14]. В нашем исследовании

один из авторов этой статьи (Эмилиано Авилес — профессиональный преподаватель вокала и певец баритонального тембра) тоже смог, подражая испанскому оленю, воспроизвести звуки с очень похожим сиреноподобным резонансом (см. рис.3, справа).

Наряду со сходством звуков оленя и человека* между ними есть и существенное различие. Олень способен манипулировать длиной своего вокального тракта в большей мере, чем человек. Певец с помощью мышц может только наклонить и слег-

ка опустить гортань, лишь немного удлинив вокальный тракт. А олень с помощью мышц и растяжимой, как резинка, особой соединительной ткани, способен растянуть гортань вниз на 25 см, до упора в грудину. Возможно, по этой причине в вокальном тракте оленя частота колебаний голосовых связок смогла настроиться на четвертую форманту вокального тракта (F4), а в вокальном тракте певца, более коротком по сравнению с оленьим, — только на первую форманту (F1). Кроме того, у оленя форманта превращается в новую основную частоту со своими собственными гармониками, где именно вокальный тракт (фильтр) определяет основную частоту, как в духовых музыкальных инструментах. У человека же фильтр пассивно усиливает основную частоту и гармоники в тех местах, где они совпадают с резонансами вокального тракта (см. рис.3). С физической и биоакустической точек зрения это уже не сцепление источника и фильтра, а настройка источника на частоты фильтра. Тот же механизм настройки основной частоты на форманты используют белорукие гиббоны, чтобы петь громкие территориальные песни, слышные за пару километров в густом тропическом лесу [15]. Однако у гиббонов избирательно усиливалась только основная частота, а у человека — и вышележащие гармоники, совпадающие с соответствующими формантами.

Почему же сцепление источника и фильтра такая редкость в криках испанских оленей? Теоретически вокальный тракт оленя можно представить в виде полый трубки [3]. Резонансные (формантные) частоты такого вокального тракта можно рассчитать по формуле

$$F_n = (2n - 1)(C/4L),$$

где n — номер форманты, c — скорость звука (350 м/с для теплого влажного воздуха) и L — длина вокального тракта.

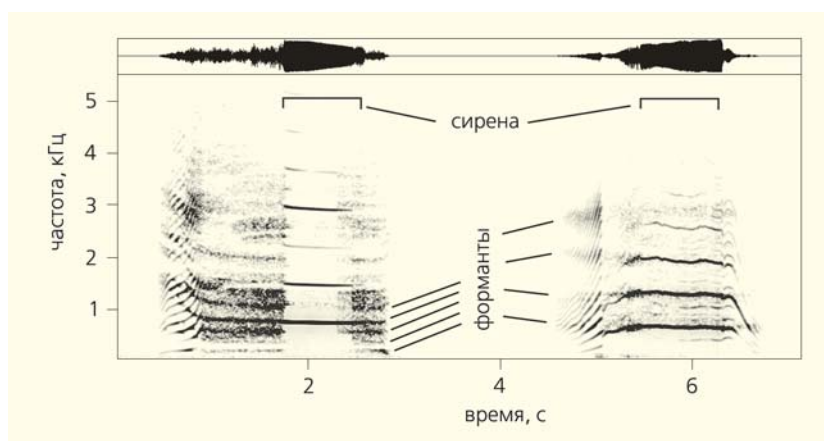


Рис.3. Спектрограммы сиреноподобных звуков испанского оленя (слева) и испанского певца и преподавателя вокала (одного из авторов этой статьи Эмилиано Авилеса), использующих похожие, по крайней мере внешне, вокальные приемы. Оба начинают с обычного пения, где основная частота соответствует частоте колебания голосовых связок. Затем оба настраивают голос на одну из формант своего вокального тракта (олень на четвертую, певец на первую). Как только им это удастся, голос начинает звучать как сирена и его интенсивность резко усиливается как у оленя, так и у человека. Это видно по увеличению амплитуды колебаний на осциллограмме сверху от каждого звука.

Поскольку олени издают гонные крики через широко открытый рот, для расчетов нам следует взять именно длину ротового вокального тракта, которая у самца испанского оленя с максимальной оттянутой гортанью составляет 765 мм [5]. В звуках, фильтруемых таким вокальным трактом, самая низкая ожидаемая форманта составляет 114 Гц, что намного ниже основной частоты (в среднем 186 Гц). В таком звуке взаимодействия источник—фильтр могут происходить только между формантными частотами и довольно далеко отстоящими друг от друга гармониками, поэтому вероятность, что одна из гармоник «зацепится» за одну из формантных частот и начнет на ней вибрировать, не слишком велика.

В очень высокочастотных буглях восточных оленей расстояние между гармониками еще шире, однако это не мешает им использовать сцепление источника и фильтра! Возможно, в этом самцам маралов и вапити помогает оттягиваемая вниз гортань. Она помогает не просто увеличить длину вокального тракта, как у западных оленей, но и установить сцепление с определен-

ной формантой. Так происходит, например, когда музыкант при игре на тромбоне двигает кулису (особую U-образную трубку), чтобы изменить объем воздуха, заключенного в духовом инструменте. Как бы быстро ни была продвинута кулиса при исполнении *legato*, неизбежно будут слышны проскальзывания звука при переходе между тонами из-за того, что в тромбоне используется сцепление источника и фильтра. На спектрограмме бугля оленя виден похожий эффект: когда марал или вапити «набирает высоту» своего бугля, появляются характерные «ступеньки» (см. рис.3).

И все же сиреноподобный резонанс не имеет ничего общего с профессиональным певческим голосом. Напротив, это одна из многочисленных певческих ошибок, которые преподаватели вокала советуют всячески избегать. Правда, высочайшее мастерство преподавателя состоит не только в том, чтобы спеть как надо, но и в том, чтобы суметь повторить любую из ошибок своих учеников, объясняя на собственном примере, как петь не надо! ■

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проект 12-04-00260а.

Литература

1. Морозов В.П. Искусство резонансного пения. Основы резонансной теории и техники: Учебно-методологическое изд. для вокалистов. М., 2009.
2. Mahmut H., Masuda R., Onuma M. et al. Molecular phylogeography of the red deer (*Cervus elaphus*) populations in Xinjiang of China: Comparison with other Asian, European, and North American populations // Zool. Sci. 2002. V.19. P.485—495.
3. Reby D., McComb K. Anatomical constraints generate honesty: acoustic cues to age and weight in the roars of red deer stags // Anim. Behav. 2003. V.65. P.519—530.
4. Kidjo N., Cargnelli B., Charlton B.D. et al. Vocal behaviour in the endangered Corsican deer: description and phylogenetic implications // Bioacoustics 2008. V.18. P.159—181.
5. Frey R., Volodin I., Volodina E. et al. Vocal anatomy, tongue protrusion behaviour and the acoustics of rutting roars in free-ranging Iberian red deer stags (*Cervus elaphus hispanicus*) // J. Anat. 2012. V.220. P.271—292.
6. Struhsaker T.T. The behavior of the elk (*Cervus canadensis*) during the rut // Z. Tierpsychol. 1968. V.24. P.80—114.
7. Feighny J.J., Williamson K.E., Clarke J.A. North American elk bugle vocalizations: male and female bugle call structure and context // J. Mammal. 2006. V.87. P.1072—1077.
8. Никольский А.А. Влияние амплитудной модуляции на структуру спектра звукового сигнала оленей // ДАН. Общая биология. 2011. Т. 437. С.426—429.
9. Fant G. Acoustic theory of speech production. Hague, 1960.
10. Volodin I.A., Volodina E.V., Frey R. et al. Spectrographic analysis points to source-filter coupling in rutting roars of Iberian red deer // Acta Ethol. 2013. V.16. P.57—63.
11. Riede T., Titze I.R. Vocal fold elasticity of the Rocky Mountain elk (*Cervus elaphus nelsoni*) — producing high fundamental frequency vocalization with a very long vocal fold // J. Exp. Biol. 2008. V.211. P.2144—2154.
12. Titze I.R., Riede T. A cervid vocal fold model suggests greater glottal efficiency in calling at high frequencies // PLoS Comp. Biol. 2010. V.6. №8. Doi:10.1371/journal.pcbi.1000897.
13. Titze I.R. Nonlinear source-filter coupling in phonation: Theory // J. Acoust. Soc. Am. 2008. V.123. P.2733—2749.
14. Titze I.R., Riede T., Popolito P. Nonlinear source-filter coupling in phonation: Vocal exercises // J. Acoust. Soc. Am. 2008. V.123. P.1902—1915.
15. Koda H., Nishimura T., Tokuda I.T. et al. Soprano singing in gibbons. Am. J. Physic. Anthropol. 2012. V.149. P.347—355.

О поведении склерактиний

Н.Б.Келлер

Склерактиниевые кораллы сидят в крепком известковом скелете и по большей части неподвижно прикреплены к субстрату. В сжатом состоянии они похожи просто на комочки слизи. Кажется удивительным, что этим примитивным кишечнополостным организмам присущи разнообразные формы поведения, что они по-разному реагируют на представителей своего и других видов: одни виды мирно сосуществуют с соседями, другие агрессивно борются друг с другом.

Кто такие склерактинии?

Первые привезенные в Европу скелеты рифообразующих кораллов были описаны как особые минералы. После того как стало известно об их росте, итальянский ученый Л.Марсильи причислил их за внешний вид и яркую окраску к цветам. В 1752 г. французский натуралист Ж.Пейссонель пришел к выводу, что кораллы все-таки относятся не к растительному, а к животному царству, но, опасаясь суровой критики авторитетов, не решился сам доложить о своем открытии, попросив коллегу Р.А.Реомюра сделать это за него. Карл Линней вначале отнес кораллы к особому отряду *Lithophyta* — «каменные растения», однако с течением времени также установил их животное происхождение. Удивительнее всего, что еще в 300-х годах до н.э. греческий гений Аристо-



Наталья Борисовна Келлер, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник лаборатории донной фауны океана Института океанологии им.П.П.Ширшова РАН. Автор трех монографий, посвященных современным и ископаемым кораллам, в том числе «Глубоководные склерактиниевые кораллы» (М., 2012). Область научных интересов — фауна глубоководных кораллов Мирового океана. Постоянный автор журнала «Природа».

тель причислял кораллы к животным, а римский естествоиспытатель Гай Плиний Старший (23—79 гг. н.э.) в своей «Естественной истории» также писал, что кораллы, вероятнее всего, относятся не к минеральному, а к животному царству. Проблемы с классификацией этих организмов были связаны с тем, что они совершенно непохожи на наземных животных, да и на большинство водных.

Полип склерактиниевых кораллов объединены в колонии либо живут обособленно. Колониальные склерактинии образуют основу рифовых органических построек в теплых, чистых, хорошо освещенных тропических мелководьях. Такие склерактинии содержат в своих тканях симбиотические водоросли — зооксантеллы, которые снабжают их кислородом, обеспечивают до 90% энергетических потребностей кораллов, обмениваются с хозяином продуктами метаболизма, способствуя тем самым формированию известкового скелета.

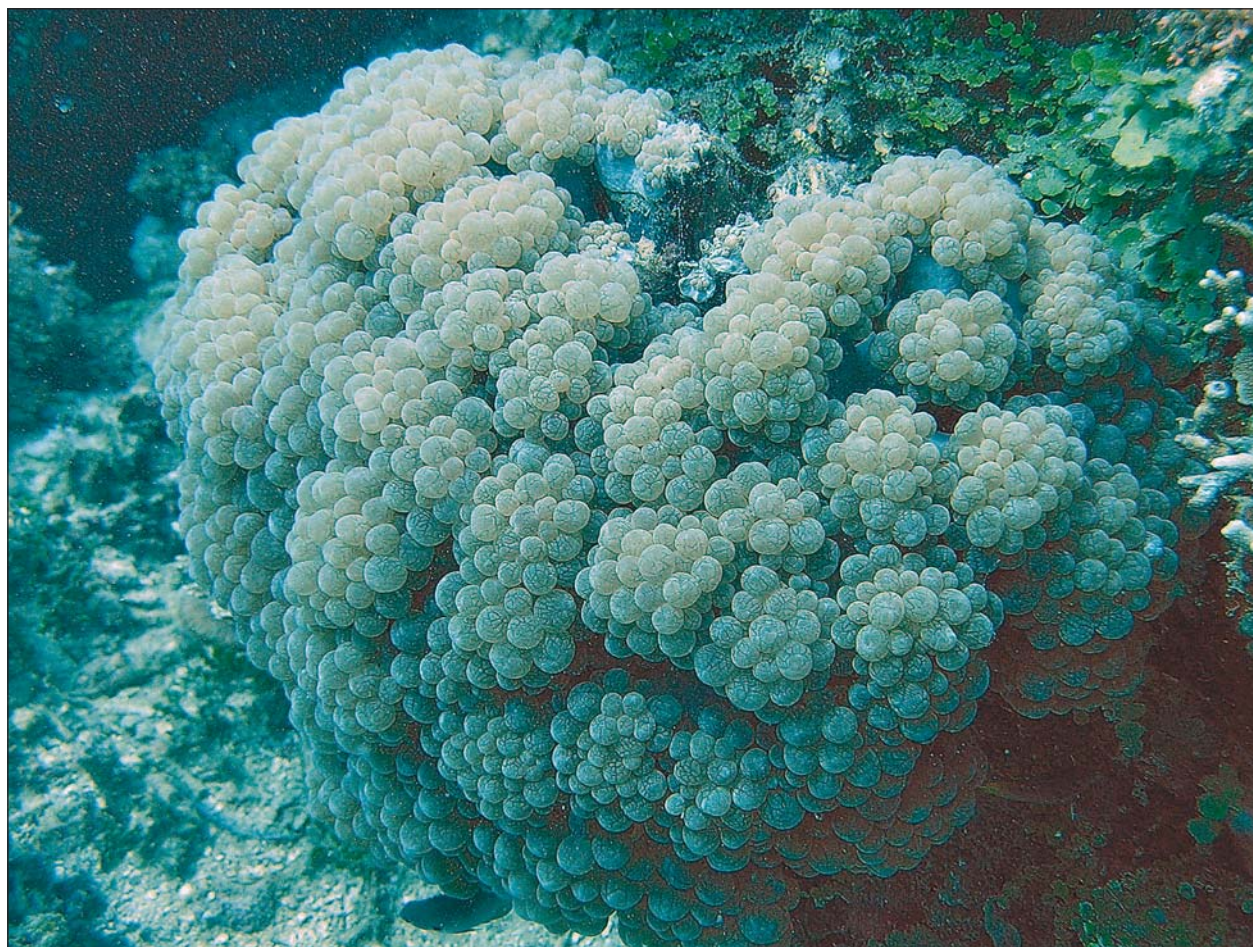
Одиноким же видам, широко распространенным на просторах Мирового океана от Арктики до Антарктики, обитают и на мелководьях среди рифов, и даже на абиссальных глубинах.

Склерактинии и актинии относятся к шестилучевым кораллам и сходны строением. Принципиальное отличие — известковый скелет: актинии его не строят. Напомним, что полип одиночного коралла представляет собой цилиндрический мешок с базальным диском в основании, вертикальной стенкой и верхним околоротовым диском. Щелевидный рот окружен щупальцами (их число равно или кратно шести), образованными полыми выпячиваниями орального (околоротового) диска. Щупальца располагаются в один или более венцов вокруг рта или рассеяны по всему оральному диску. В щупальцах сконцентрированы жгучие стрекательные клетки — основное оружие кишечнополостных. Функция щупалец — осязание, хватание, удерживание добычи,



Колониальные кораллы. Днем, когда полипы *Acropora monticulosa* находятся в спокойном состоянии, их щупальца втянуты (вверху). Неагрессивный коралл рода *Turbinaria* в сумерках расправляет щупальца (внизу).

Подводные цветные фотографии кораллов и актиний из Японского моря предоставлены Ю.Я.Латыповым (Институт биологии моря ДВО РАН, Владивосток).

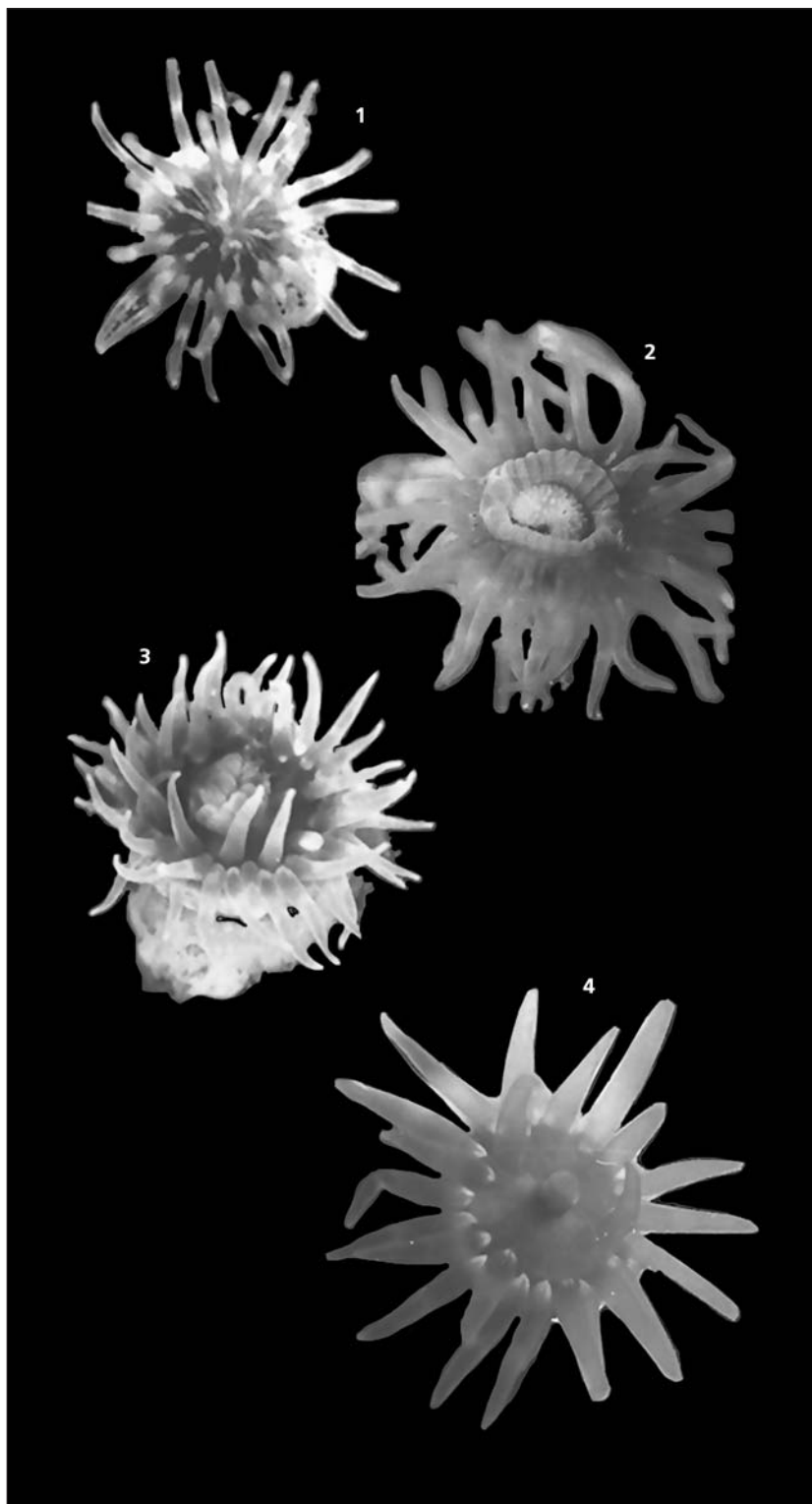


Euphyllia — молоточковый коралл с выпущенными щупальцами. Щупальца этого коралла в вытянутом состоянии очень длинные; на их концах имеются утолщения в виде головки молотка, что и определило их название.

перенос ее ко рту, а также защита полипа от нападения. Рот ведет в короткую трубку — глотку, которая сжата с боков и свешивается в пищеварительную (гастральную, или гастроваскулярную) полость, разделенную на камеры чередующимися вертикальными перегородками — мезентериями и септальными выступами, число которых равно или кратно шести. Внутренние края верхней части мезентериев прирастают к глоточной трубке, а ниже ее конца свободно свисают в пищеварительную полость. Эти свободные края мезентериев — мезентериальные нити — часто утолщены и имеют вид складчатой бахромы или спирали, покрытой ресничками. Они играют важнейшую роль в пищеварении и выделении полипа,



Колониальный коралл рода *Goniopora* в состоянии охоты.



Пищевое поведение актинии *Bunodactis stella*. В позе «охоты» щупальца направлены, ротовая щель плотно сомкнута (1); как только добыча схвачена и обездвижена, ротовая щель актинии широко раскрыта, добыча погружается внутрь глотки (2); над поглощенной добычей края рта смыкаются (3); когда пища поглощена, ротовая щель плотно закрывается, а над ротовым отверстием образуется «бугорок» (4).

Фото И.С.Рогинской

так как вооружены стрекательными клетками и имеют железистые вакуоли.

Часть орального диска внутри внешнего круга щупалец называется перистомой. Присутствие стрекательных клеток, железистых вакуолей и возможность сокращения и вытягивания щупалец мощным слоем мышечных волокон делают перистому важнейшим орудием захвата и удерживания добычи. Здесь имеются радиально расположенные желобки, густо покрытые ресничками. Движением их создаются токи воды, которые направлены или ко рту (если на оральный диск попадает добыча), или в противоположном направлении (если полип намерен освободиться от осадка или ненужных частиц).

Реакции кораллов и актиний при контактах с особями своего или чужого вида во многом схожи с их ответами на пищевую стимуляцию. Поэтому для начала обсудим пищевое поведение этих животных.

Питание

И склерактинии, и актинии всеядны, они едят почти все, что попадется, но переварить могут только животную пищу, любая же растительная ими отвергается. Виды — специализированные хищники мгновенно хватают зоопланктон, мальков рыб, креветок (а в аквариумах и кусочки мяса) щупальцами, которые усеяны стрекательными клетками, и парализуют добычу. Щупальца сгибаются и подтягивают пищу к ротовому отверстию. Мелкие ее кусочки током воды, создаваемым ресничками, и слизевыми тяжами, которые выбрасываются полипом, переправляются ко рту. При этом края орального диска отгибаются вниз, перистомы углубляется, ротовое отверстие широко открывается, глотка выворачивается, и пища усилиями окологротовых мускулов проталкивается внутрь. Края глотки смыкаются над жертвой, образуя

бугорок. Переваривание происходит во внутренней полости полипа, в мезентериях, в течение 1—4 ч, в зависимости от размера захваченного куска, затем несъедобные остатки выталкиваются через рот. Околоротовой диск выгибается вверх, и отходы еды скатываются с него прочь с помощью ресничек. С крупной же добычей полипы могут поступать иначе. У некоторых видов мезентериальные нити бывают настолько длинными, что способны выходить через рот или даже непосредственно через стенку пищеварительной полости, охватывать плотным кольцом жертву и переваривать ее снаружи, вне полипа.

Склерактинии обладают также и высокоразвитым фильтрационным механизмом, который они используют практически непрерывно в течение суток, независимо от ритмики активности. В любом состоянии — активном или закрытом, когда щупальца втянуты, полипы выпускают из рта и с поверхности орального диска тяжи слизи. Они подхватываются ресничными токами воды и вытягиваются вдоль полипа, образуя слизевые пряди и сети. Частицы взвеси, гонимые ресничными токами, вылавливаются ими и аккумулируются на поверхности. Если среди отловленной взвеси оказывается достаточно пищи, полип раскрывает рот, втягивает пищевой комок вместе со слизью и заглатывает его. В состав взвеси, потребляемой кораллами, входят бактерии, простейшие, детрит, умерший зоопланктон, фекалии рыб. Эксперименты с радиоактивным углеродом свидетельствуют о потреблении склерактиниями также и растворенных органических веществ.

Борьба колоний

Большинство склерактиний отличается «своих» от «чужих» с помощью хеморецепторов. Некоторые виды спокойно переносят присутствие соседей. Иные

же проявляют агрессивность, и тогда происходит жестокая борьба между особями разных видов за жизненное пространство. Оружием нападения полипов служат щупальца со стрекательными клетками, которые выстреливают, изливая на врага ядовитое и жгучее содержимое стрекательной капсулы. Приближаясь в процессе роста к соседнему, агрессивный коралл останавливает дальнейший рост своего конкурента, убивает и переваривает его. В ход вступают и мезентериальные нити, которыми более агрессивный коралл облепляет полипов менее агрессивного соседа и растворяет их ткани. Некоторые агрессивные виды, например *Montastrea cavernosa*, имеют удлиненные щупальца (в четыре-пять раз длиннее околоротовых, с более крупными батареями стрекательных клеток), которыми полип способен дотянуться до конкурента — чтобы напасть на него или защитить свое жизненное пространство [1].

Поражает воображение поведение склерактиний *Galaxea fascicularis*. Если их сосед принадлежит к тому же или близкому виду, они мирно сидят рядом, но при их соприкосновении с колониями чуждого вида реагируют совершенно иначе. По периферии околоротовой площадки полипов отрастают длинные «щупальца-хлысты», которыми они (с помощью своего главного оружия — стрекательных клеток) разят неудобного соседа, так что тот получает повреждения [2]. Такие же особые удлиненные щупальца нападения, но с более крупными и мощными стрекательными клетками, образуются и по краям колонии *Agaricia agaricites*, если та оказывается в непосредственной близости от соседних колоний других видов. Эти щупальца используются в борьбе за место обитания, так как способны повреждать мягкие ткани кораллов-конкурентов и останавливать тем самым их рост [3]. У некоторых склерактиний са-

ми образующие колонию полипы могут сильно вытягиваться, что позволяет им сражаться с особями другого вида на значительном расстоянии [4].

Другой тип конкурентных взаимоотношений проявляется в подавлении быстрорастущими ветвистыми кораллами тех видов, что растут медленнее и образуют плотные шаровидные колонии. Перерастая и затеняя их, ветвистые кораллы угнетают рост низких шаровидных и, в конце концов, способны вытеснить их из биотопа.

Одиночные воины

Одиночные склерактинии нередко вступают в борьбу за субстрат. Грибовидные кораллы способны повреждать соседние колонии кораллов, угрожающих им обрастанием. При такой угрозе мелководный свободноживущий полип *Fungia scutaria* ночью расширяет свое тело, выделяя толстый слой слизи с многочисленными стрекательными клетками. Слизистые ткани накрывают полипы соседних кораллов, и те погибают. Поскольку одиночные склерактинии подвижной колониальных, они разнообразнее проявляют соседские предпочтения. Например, особи *F. scutaria* при контакте с неприятными для нее соседними кораллами начинают потихоньку двигаться прочь от них [5]. Передвижение на короткие расстояния осуществляется посредством расширения в ночное время их мягких тканей и оттапливания ими от субстрата или соседней колонии. Или же свободноживущий коралл с легким скелетом резко втягивает щупальца и, превратившись в круглый комочек, переносится на большие расстояния течениями.

Не исключено, что одиночные кораллы, живущие на илах на больших глубинах океана (до 4—6 километров!), так же, как и обитающие на мелководье фунгии, способны выбираться из рыхлого осадка и даже пере-

двигаться с помощью упирающихся в грунт щупалец. Об этом могут свидетельствовать найденные на больших глубинах виды родов *Fungiacyathus* и *Leptopenus*: их толстое мощное тело значительно превышает размер скелета — как бы корочки на подошве полипа [6].

Некоторые склерактинии (например, *Heterocyathus*) передвигаются по поверхности грунта на червях — сипункулидах, с которыми они состоят в симбиозе.

Изучение поведения кораллов чрезвычайно важно. У некоторых колониальных и полуколониальных кишечнополостных (у рифообразующих кораллов и у природных клонов актиний) родство особей одного вида может быть определено по их поведенческим реакциям. Однако поведение большинства одиночных склерактиний, даже

мелководных (за исключением фунгииид), до сих пор мало изучено. Поэтому так интересны результаты многочисленных опытов в аквариумах с актиниями, которые, как упоминалось, во многом сходны со склерактиниями, что позволяет рассматривать их как модельные объекты одиночных кораллов.

Поведение актиний

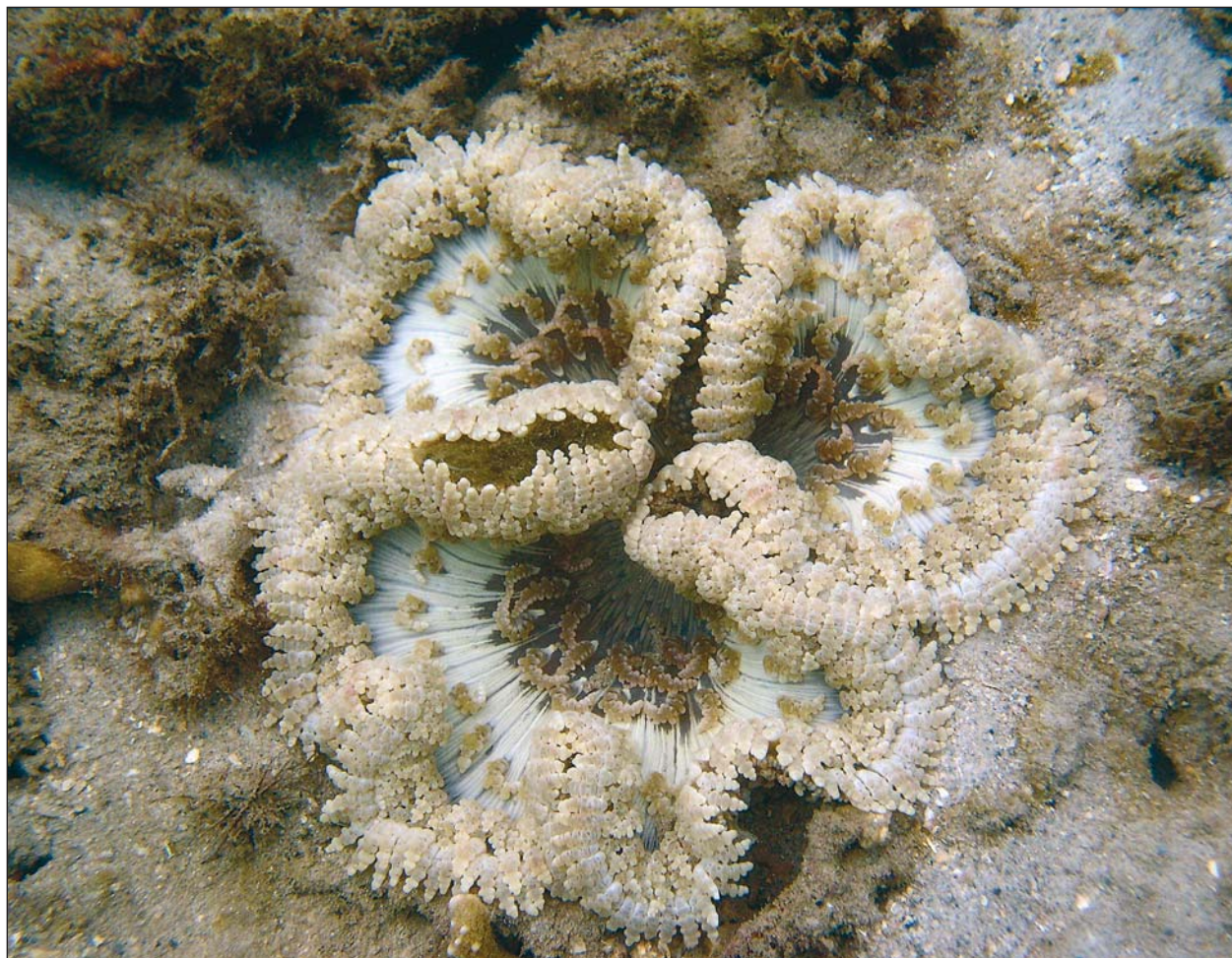
Среди сообществ актиний существуют различные категории по уровню агрессивности.

У некоторых актиний даже разные клоны* одного и того же вида могут агрессивно отно-

* Клон — это плотное поселение актиний, возникшее в результате бесполого размножения — продольного деления особи-родоначальника.

ситься друг к другу. Д.Шлихтер [7], работавший со средиземноморскими актиниями, пришел к выводу, что их тело покрыто особым химическим веществом, которое не позволяет выстреливать стрекательным клеткам актиний при соприкосновении с родственными особями. Так эти кишечнополостные четко различают родственников и соседей на основе химической информации.

Агрессивно по отношению к особям своего же вида ведут себя не только образующие клоны, но и живущие поодиночке актинии. По данным Дж.Р.Оттовея [8], изучавшего экологию популяций литоральной одиночной новозеландской актинии *Actinia tenebrosa*, 44% взрослых особей вступали в борьбу с соседней особью, если они соприкасались. Правда, борьба



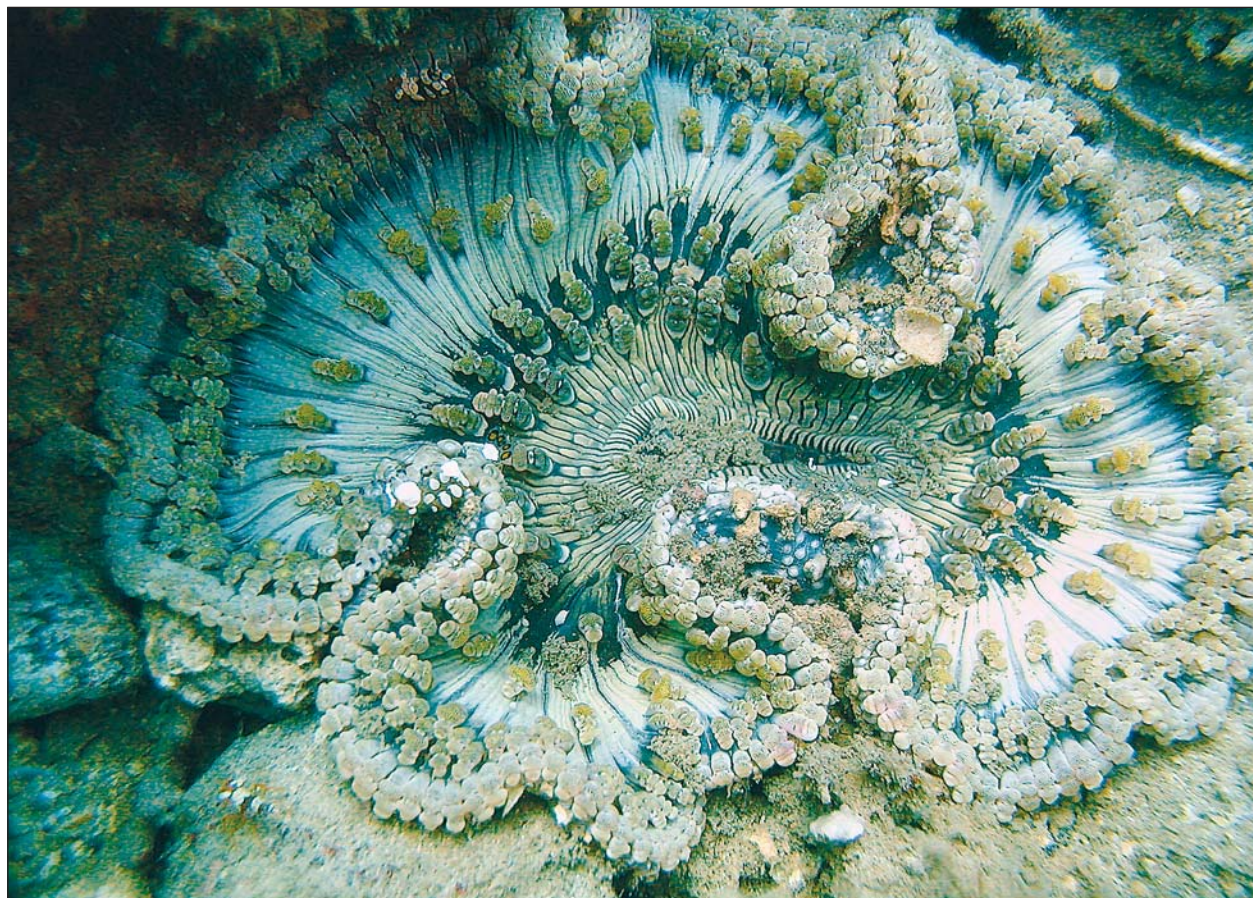
никогда не завершалась гибелью — раненая особь просто покидала место схватки.

Конфликты между актиниями разных видов весьма обычны. Пример тому — *Anthopleura elegantissima*. Этот вид образует на тихоокеанском побережье США плотные поселения на дне. Внутри ее клонов все особи живут мирно, но при контакте с особями других видов эта актиния меняет ориентацию тела и щупалец со стрекательными клетками. На краю орального диска образуются выступы с батареями стрекательных клеток — акрораги, надувающиеся при контакте с актиниями других видов и вызывающие у особей, с которыми контактируют, повреждение и некроз тканей. Поселения клонов актиний разных видов обычно разделены пустой зоной. Особи, которые

занимают край поселения и соприкасаются с чужаками, обычно по размерам меньше остальных, сильнее вооружены и имеют специальные боевые щупальца, которые защищают особей своего клона от других актиний при межвидовой агрессии. У этих оберегающих клон особей отсутствуют гонады и понижена скорость деления. Они, вероятно, получают меньше энергии для роста и размножения. Это та цена, которую платит клон за свою безопасность [9].

Но далеко не все актинии агрессивны; многие из них не реагируют заметным образом друг на друга, независимо от того, к какому клону — своему или чужому — принадлежат. Но и у «мирных» видов есть способность к взаимному узнаванию, хотя и в ослабленном виде. Подтверждение тому мы нашли

в опытах с актинией *Bunodactis stella* из разобщенных поселений на Белом море [6]. Оно проявилось в отказе поедать предложенные в виде корма фрагменты взрослых особей и юные актинии этого же вида, взятые из удаленных поселений. К.П.Себенс [10], который изучал одиночных актиний, живущих среди рифов Карибского моря, выяснил, что их виды разделяются на поведенческие группы «по градиенту подвижности субстрата». На песке и в прибойной зоне селятся агрессивные виды, на неподвижном субстрате обитают вполне мирные. Этому не противоречит и экология изученных нами актиний *B. stella* — они прикреплены к плоским камешкам, живут только в хорошо защищенных от волнений местах, среди крупных валунов и неагрессивны [6].



Актинии одного и того же вида в разных состояниях. При приближении опасности актиния начинает свертываться (слева); актиния в позе «охоты», в спокойном состоянии.



Кожистая актиния ловит проплывающую рядом добычу.

Чтобы изучить проявление реакции агрессии, мы провели специальные наблюдения в аквариуме над актиниями, населяющими литораль Японского моря. Это позволило выявить разные стадии их агрессивного поведения [11].

Одна из подсаженных в аквариум актиний агрессивного вида (назовем ее А) понемногу наклонялась к особи другого вида (назовем ее Б) — до тех пор, пока они не соприкоснулись щупальцами. Видимо, особь А выпустила свое главное оружие — стрекательные клетки, потому что у особи Б щупальца с той стороны околоротового диска, которая была обращена к сопернику, поднялись вертикально вверх, истончились и начали мелко, судорожно извиваться. Затем актиния А выпустила через стенку клейкие нити (аконции), после чего у особи Б не только все щупальца стали тонкими и извилистыми до стадии «курчавости» — сжались и другие ткани, отчего вся актиния уменьшилась в размерах (как бы усохла) и потемнела. Вид, который особь Б приобрела, подобен тому, что бывает на первых стадиях отравления актиний формалином,

который вводят по капле в воду в целях анестезии перед фиксацией материала.

Дальнейшее поведение подопытных актиний различалось. В ряде случаев через 15–20 мин после соприкосновения обе актинии постепенно отклонялись друг от друга, изогнувшись в противоположные стороны. Реже актиния А вцеплялась щупальцами в особь Б, стремясь подтянуть ее к себе, чтобы съесть (правда, это ей никогда не удавалось). Неоднократно актиния А наваливалась всем телом на особь Б, истончившиеся щупальца которой непрерывно судорожно извивались и перепутывались. Часто после соприкосновения щупальцами с особью А актиния Б резко сжималась, превратившись в слизистый комочек, который отлеплялся от стенки аквариума и всплывал.

Некоторые актинии, чтобы избежать контакта, медленно перемещались по стенке аквариума за счет волнообразных сокращений pedalного диска, отползая от неприятеля.

Характерно, что предложение паре голодных актиний мяса мидий или кусочков рыбы не-

медленно прекращает агрессию даже в самые острые моменты.

Поведение личинок кораллов

Склерактинии — раздельнополые организмы или гемафродиты, но способны размножаться и вегетативно, боковым и внутриваггинальным почкованием, а также продольным делением. У немногих одиночных кораллов (*Fungia*, *Flabellum*) наблюдается поперечное деление.

Половозрелость у склерактиний наступает в возрасте 3–5 лет. У большинства полипов оплодотворенные яйца остаются в гастральной полости матери до образования плавающей личинки — планулы. Сроки размножения у рифообразующих кораллов одного вида синхронизированы на всем рифе. Некоторые виды размножаются ежемесячно; другие — раз в полгода или ежегодно. Давно уже установлена связь сроков ежемесячных выпусков полипами планул (а выходят они через рот матери) с фазами луны. У кораллов с годовыми пиками размножения обнаружено, что сроки их нереста зависят от температуры воды и от фазы луны.

Большинство планул оседает в течение одного-двух дней после вымета. Некоторая же их часть остается в толще воды в течение нескольких недель и даже месяцев и разносится на значительные расстояния. Интенсивность оседания планул и скорость их роста зависят от внешних условий. Часть личинок одного и того же вида ползает по дну в поисках подходящего субстрата. Другие плавают в толще воды ротовым концом вперед. Спустя несколько дней они опускаются на дно и начинают искать место для оседания, многократно пробуя грунт [12]. Планулы многих видов стараются осесть по несколько штук в одном месте. Полагают, что личинки выбирают наиболее благоприятный для данного

вида субстрат. На 10—20-й день после оседания из планулы формируется молодой коралльчик с личиночным скелетным остовом, состоящим в основном из арагонита с небольшой примесью кальцита.

Экспериментально было установлено, что планулы колонизальной склерактинии *Pocillopora damicornis* обладают такой удивительной способностью, как **реверсивный** (то есть обратный) **морфогенез**. Планулы этого вида после оседания на твердый субстрат под воздействием стресса могут покинуть свой личиночный скелет. Так формируется свободно живущий полип без скелета. Он ведет планктонный образ жизни или ползает по дну до тех пор, пока



Кораллы — прекрасный твердый субстрат для поселения различных бентосных организмов. Актинии заселяют погибший коралл (вверху), многощетинковые черви (полихеты) оккупируют коралл рода *Porites* (внизу).

не оседает там, где условия более благоприятны, и не даст начало новой колонии [13]. Такая же поразительная способность присутствует и у вида *Seriatopora hystrix*, живущего на Большом Барьерном рифе [14]. Когда ухудшаются условия среды, кораллы выбрасывают отдельных полипов. Это длится от получаса до нескольких часов. Полип отделяется от колонии, выходит из своей чашечки и освобождается от собственного скелета. Сбросив «балласт», он дрейфует в воде, оседает на дно и, наконец, прикрепляется к субстрату, после чего выделяет новый скелет.

* * *

Казавшиеся когда-то первым исследователям просто стран-

ными минералами, цветами или каменными растениями, склерактинии оказались совсем не примитивными. Им свойственны различные способы питания, агрессивная борьба за жизненное пространство, размножение личинками, которые разносятся течениями по всему океану и способны у некоторых видов к реверсивному морфогенезу.

У кораллов много замечательных свойств. Склерактинии обладают способностью регенерировать целые полипы из фрагментов. Минимальная часть поврежденного полипа, необходимая для успешной регенерации, — это всего лишь сегмент, ограниченный парой септ первого цикла. Если колонияльный коралл пострадал от действия

волн, то после разрушения колонии на фрагменты происходит последующее приживание обломков, дающих начало новым колониям. Это присуще главным образом ветвистым рифообразующим колониям, но иногда и видам с массивным скелетом. Укрепление обломков цементом на жестком субстрате увеличивает их выживаемость в природе. На рифе таким субстратом после фрагментации колоний служат другие обломки — того же или иных видов.

Все это сделало коралловые полипы, эти низкоорганизованные организмы, поистине эволюционно бессмертными, прошедшими через тьму веков — от триаса до нынешнего времени. ■

Литература

1. Lang J. Interspecific aggression by scleractinian corals. Why the race is not only to the swift // Bull. Mar. Sci. 1973. №2. P.23.
2. Hidaka M. Nematocysts discharge and the formation of sweeper tentacles in the coral *Galaxea fascicularis* // Biol. Bull. 1985. V.168. №3. P.350—358.
3. Chornesky E.A. Induced development of sweeper tentacles on the reef coral *Agaricia agaricites*. A response to direct competition // Biol. Bull. 1983. V.165. №3. P.569—581.
4. Sheppard C.R. Reach of aggressively interacting corals // Proceed. 4th Intern. Coral Reef Symp. 1981. V.2. P.363—368.
5. Chadwick N.E. Competition and locomotion in a free-living fungiid corals // J. Experim. Mar. Biol. and Ecol. 1988. V.123. №3. P.189—200.
6. Келлер Н.Б. Глубоководные склерактиниевые кораллы. М., 2012.
7. Schlichter D. Macromolecular mimicry: substances released by sea anemones and their role in the protection of anemone fishes // Coelenterate Ecology and Behaviors. N.Y.; L., 1976. P.42.
8. Ottaway J.R. Population ecology of the intertidal anemone *Actinia tenebrosa*. 1. Pedal locomotion and interspecific aggression // Austral. J. Mar. and Freshwater Res. 1978. №6. P.29.
9. Francis L. Social organization within clones of the sea anemone *Anthopleura elegantissima* // Biol. Bull. 1976. V.150. №3. P.61—376.
10. Sebens K.P. The ecology of Caribbean sea anemones in Panama. Its utilization of space on a coral reef // Coelenterate Ecology and Behaviors. N.Y.; L., 1976. P.67—77.
11. Келлер Н.Б. Сравнительное поведение литоральных актиний залива Петра Великого (Японское море) // Экология фауны и флоры прибрежных зон океана. М., 1985. С.31—36.
12. Lewis J.B. Settlement and growth factors influencing distribution of some Atlantic corals // Proceed. Second Intern. Symp. Coral Reefs, Brisbane. 1974. V.2. P.201—206.
13. Richmond R.H. Reversible metamorphosis in coral planula larvae // Mar. Ecol. Progr. Ser. 1985. V.22. P.181—205.
14. Sammarco P.W. Polyp bail-out a new means of reproduction in corals // Mar. Ecol. Progr. Ser. 1982. V.10. №1. P.57—65; 1985. V.22. №2. P.181—185.

Формирование фаун птиц Палеарктики

В.А.Колбин

Н е секрет, что подавляющее большинство видов животных и растений тяготеют к тропикам. Однако не всех прельщают теплые края — есть организмы, которые предпочитают даже экстремальные условия около полюсов. К примеру, удивительная полярная крачка (*Sterna paradisaea*) в погоне за весной высоких широт совершает немыслимые перелеты от Арктики до Антарктики [1].

Каждой природной зоне — будь то тундра, тайга или лес, степь, пустыня или горы, плавно сменяющие друг друга с севера на юг, — присущ свой животный и растительный мир, в котором немало эндемиков. Встречаются, правда, и универсалы — оппортунисты, которые умудряются жить почти повсеместно.

Однако изменения в облике флоры и фауны проявляются не только в широтном направлении, но и меридианном. При движении с запада на восток в пределах зоны тайги Евразии перемены заметны уже на Урале, где вместо куницы появляется соболь, а помимо европейских дроздов встречаются чернозобый и пестрый. При углублении в Сибирь многие «европейцы» и вовсе теряются: исчезает обыкновенный соловей (*Luscinia luscinia*), его сменяют сородичи трех видов — красношейка (*L.calliope*), свистун (*L.sibilans*) и синий соловей (*L.cyanus*), а вместо серой вороны (*Corvus*



Василий Анфимович Колбин, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник ФГБУ государственный заповедник «Вишерский» (Пермский край). Область научных интересов — экология сообществ, видообразование, зоогеография, социобиология птиц.

cornix) появляется восточная черная (*C.orientalis*). И таких примеров можно привести множество, и все они свидетельствуют о том, что при изучении распределения организмов нужно учитывать изменения в обоих направлениях — и по широте, и по долготе.

Как известно, протяженность России с запада на восток около 10 тыс. км. Возможно, поэтому именно в отечественной зоогеографии стали рассматривать в качестве основных структур не ландшафтные единицы районирования, а фаунистические комплексы, которые возникают не случайно, а за счет сложного сочетания ареалов видов животных. Один из основоположников этой теории — орнитолог Б.К.Штегман — ввел понятие «типы фаун» как исторически сложившиеся и экологически связанные группы видов [2, 3]. Позднее немецкий зоолог Г.де Латтин разработал метод определения центров формирования фаун, который заключается в разделении исследуемой территории на участки — места возникновения видов, составляющих единый фаунистический элемент [4, 5].

Анализируя распределение птиц большей части Евразии (Палеарктики), Штегман выделил семь типов фаун: арктический, сибирский, европейский, средиземноморский, монгольский, тибетский и китайский. Для каждого из них был определен очаг фауногенеза. Широко распространенные виды, определить принадлежность которых к конкретной фауне было трудно, получили название транс-палеарктов.

Естественно, в природе нет мест, где бы обитали представители только одного типа фауны. Взаимное проникновение и наложение различных комплексов животного мира можно обнаружить всюду. Например, в нашем заповеднике, расположенном на восточной границе Европы, сибирские виды птиц доминируют над европейскими. И это вполне закономерно: на территории резервата преобладают

темнохвойные (таежные) леса, с которыми экологически и исторически связан сибирский тип фауны, а центр формирования европейского типа — широколиственные леса. Неудивительно, что в горных ельниках Северного Урала «европейцы» встречаются реже, чем виды, связанные с зоной тайги. Кроме того, среди постоянных жителей заповедника весьма заметны «северяне», относящиеся к арктической фауне, есть и «китайцы», не говоря уж о вездесущих транспалеарктах. Фаунистическая картина распределения живых организмов в конкретном месте очень динамична. По словам Штегмана, это своего рода «моментальный снимок» непрерывного процесса изменения.

Предложенная теория фаун вполне удовлетворила зоологов, работающих в Европе и Сибири, но не устраивала исследователей юга Дальнего Востока России, где в одном месте сосуществуют виды самых разных природных комплексов. Для Уссурийского края требовалась разработка своей системы. Автором зоогеографии Приморья и Приамурья стал энтомолог А.И.Куренцов [6]. Он выделил пять типов дальневосточных фаун, в том числе две новые — охотско-камчатская елово-пихтовой тайги и ангарская, или восточно-сибирская, фауна лиственничной тайги. Упомянув в своих построениях виды, относящиеся к самым разным таксономическим группам (от беспозвоночных до млекопитающих), Куренцов не сформировал строгой картины комплекса фаун.

Хотя Штегман считал результаты своих исследований предварительными, да и Куренцов был еще далек от всеобъемлющего описания животного мира региона, работы этих выдающихся зоогеографов породили волну публикаций, где животный мир анализировался в свете предложенных фаунистических комплексов.

Разорванные ареалы

Относительно стройную систему распространения фаун нарушают так называемые дизъюнкции (от лат. *disjunctio* — разобщение, разрыв) ареалов. Изоляция одной части особей (популяции) от другой дает толчок видообразованию. Так появляются новые расы, подвиды, виды и роды. Интерес к этой проблеме не ослабевает с середины прошлого века. Особое значение в изучении роли географического видообразования в эволюции животного мира сыграли блестящие работы Э.Майра и Д.Симпсона [7—9].

Наглядный пример интенсивного видообразования в ходе дизъюнкции — серая и черная вороны, которых, несмотря на резкое различие в окраске, еще в прошлом веке относили к одному пластичному и процветающему виду. В Центральной Европе и Средней Сибири — там, где ареалы этих птиц перекрываются, — серая и черная вороны легко образуют смешанные пары, но их отпрыски



Серая (вверху), большеклювая (в центре) и восточная черная вороны.

Здесь и далее фото автора

не отличаются жизнестойкостью. Вороны характеризуются значительной разницей скоростей видообразования. Майр считал, что диапазон их может быть огромен. Так, серая морфа вороны могла появиться только после обширного разрыва, расколовшего ареал черной вороны на изолированные участки. Под влиянием условий в центре континента средняя популяция видоизменилась за короткие сроки, а крайние изоляты за это время эволюционировали несущественно.

Голубая сорока (*Cyanopica cyanus*) — птица широколиственных лесов. Область распространения этого массового вида на востоке Азии простирается от Забайкалья до Японского, Желтого и Восточно-Китайского морей. Другой участок ареала голубой сороки располагается в центре Пиренейского п-ова. Разрыв между восточной и западной популяциями составляет многие тысячи километров. Принадлежность этого вида и к европейской, и к китайской (маньчжурской) фаунам недвусмысленно указывает на то, что сравнительно недавно широколиственные леса Европы и Юго-Восточной Азии опоясывали Палеарктику сплошной полосой. Изоляция приводит ко все большему расхождению (дивергенции) двух разделенных популяций. Их долгое время считали подвидами, а по некоторым данным — и разными видами.

Еще одно подтверждение существования сплошного пояса широколиственных лесов Палеарктики, который в плейстоцене был разорван, — белогрудый медведь (*Ursus thibetanus*). Палеонтологические данные свидетельствуют, что он тоже когда-то обитал в Европе [10].

Большое внимание изучению влияния дизъюнкций на современный животный мир уделял выдающийся российский зоолог Е.Н.Матюшкин [10, 11]. По его подсчетам, два главных разрыва — между Алтаем и Забайкальем и между Копетдагом и Гималаями — проявляются на ареалах животных (более 70 родов наземных позвоночных и множестве видов беспозвоночных) и растений.

Эти разрывы, возникшие из-за образования засушливого региона в Центральной Азии, наметились уже в палеогене. Полоса сплошных лесов, охватывающая аридное ядро с севера и юга, сформировалась к концу миоцена. В этот период фауны Европы и Восточной Азии различались значительно меньше, чем в настоящее время. Но опустынивание и развитие степных ландшафтов в центре материка усиливалось. Этому способствовали ак-



Ареалы серой, большеклювой и черных ворон. Заштрихована область совместного обитания большеклювой вороны и восточной черной.

тивные тектонические процессы (поднятие Гималаев и Каракорума в неогене) и резкое похолодание климата. В плиоцене леса Северной Евразии кардинально меняются — наступает эра тайги. Вместе с растительностью меняется и животный мир. В лесах Европы он пополнился представителями кустарниковых сообществ Средиземноморья. Среди птиц это в первую очередь роды славков (*Sylvia*) и пересмешек (*Hippolais*), которые не проникают в глубь Сибири и на Дальний Восток. Лесная дальневосточная фауна сохранила непосредственную связь с тропиками, отсюда и проистекает ее неповторимый колорит. Обычные в Приамурье и Приморье белоглазки (*Zosterops erythropleura*), личинкоеды (*Pericrocotus divaricatus*) и некоторые другие виды по происхождению — тропические птицы. Все их многочисленные родственники предпочитают жить, не удаляясь от экватора.

Вымирание — расселение

В плейстоцене изменения климата привели к катастрофическим последствиям. Если ранее появлялись лишь разрывы лесного кольца, то в это время чередовались ледниковые эпохи и потеплений вызвала глобальное исчезновение лесов, сопровождаемое массовым вымиранием животных и растений. На севере Евразии в ледниковое время господствовал своеобразный ландшафт — тундростепь [12]. Леса и лесные обитатели выживали только в отдельных благоприятных местах, получивших название ледниковых рефугиумов. Такие «островки спасения» сохранялись в предгорьях и межгорных понижениях.



Белашапочная (слева) и обыкновенная овсянки — ближайшие родственники. До ледниковой эпохи они принадлежали к одному виду.

Ледники в плейстоцене наступали и отступали. В межледниковое время таежная растительность иногда полностью восстанавливалась, и даже темнохвойно-широколиственные леса вклинивались в глубь материка дальше, чем они распространены сейчас. В изолятах шло интенсивное видообразование. Во время потеплений начиналось расселение видов, и если бывшие соплеменники встречались, то нередко уже «не узнавали» друг друга. Ареалы многих видов так и не соприкоснулись до сих пор. Среди них галки — даурская (*Corvus dauricus*) и обычная (*C. monedula*), аисты — белый (*Ciconia ciconia*) и дальневосточный (*C. boyciana*), уже упомянутая голубая сорока и многие другие. Разобщенным остается ареал и у «короля заборов» — крапивника (*Troglodytes troglodytes*). Европейские подвиды этого миниатюрного певца отделены от азиатских обширным пространством сибирских лесостепей. Очевидно, что в наше время процессы расселения из бывших «ледниковых рефугиумов»

продолжаются. Чаще всего ареалы отдельных видов или подвидов не могут нам много рассказать о распространении лесов Палеарктики, но если рассматривать ареал всех представителей исследуемого рода, то контуры лесного кольца начинают проступать весьма явственно. Эту закономерность и подчеркивал Матюшкин.

Своего рода «встречей после долгой разлуки» можно считать соприкосновение ареалов овсянок двух видов — обыкновенной (*Emberiza citronella*) и белашапочной (*E. leucocephala*). По Штегману, первый вид — представитель европейской фауны, второй — сибирской. Западная популяция пережила ледниковое «лихолетье» в европейском рефугиуме, восточная — в сибирском. В наше время, когда бывшие соплеменники встретились, их внешние различия были уже очень велики, но петь птицы продолжали одинаково. Смешанные пары в зоне совместного обитания этих видов — совсем не редкость. В некоторых регионах,



Обыкновенная (слева) и даурская галки. Их ареалы остаются разделенными.

по данным Е.Н.Панова, птицы с гибридной окраской оперения даже преобладают [13, 14].

При встрече прежде разобщенных популяций, как уже неоднократно упоминалось, иногда редко, иногда часто образуются смешанные пары. Но все же такие альянсы (если не брать во внимание широкую гибридную окраску обыкновенной и белошапочной овсянок) не поддерживаются отбором. Сдерживающим фактором выступают этологические механизмы изоляции. Детский импринтинг (от англ. imprinting — отпечатываться, оставлять след) диктует животным выбирать партнеров, похожих на родителей. В результате «сомнительные» виды становятся (по формулировке Майра) видами «хорошими», т.е. такими, которые строят семьи только в пределах своего «племени». Вернемся, однако, «к нашим воронам». Оказывается, что на востоке России черная ворона сосуществует с большескловой (C. macrorhynchos). Их ареалы перекрываются на обширных пространствах. Птицы часто встречаются в совместных стаях, вместе пиршествуют на свалках, но никогда не образуют смешанных пар! Очевидно, что их эволюционные пути разошлись уже давно. Большескловая ворона — тропическая по происхождению птица, освоившая суровые просторы Восточной Сибири, — к комплексу видов «наших» черно-серых разбойниц отношения не имеет. Взаимоотношения двух видов ворон на Дальнем Востоке, разделение ресурсов между ними интересны сами по себе и заслуживают тщательного изучения, но выходят за рамки данной статьи.

В заключение рассмотрим еще одну своеобразную пару видов оляпок (Cinclus) — бурой (C. palasi) и европейской (C. cinclus). Этот род единственный в отряде воробьинообразных, приспособившийся к жизни в водной среде. Птицы кормятся



Оляпка.

различными водными беспозвоночными, иногда добычей становится мелкая рыбешка. Оляпки ведут преимущественно оседлый образ жизни и даже в сильные морозы прекрасно себя чувствуют, ныряя в незамерзающие полыньи на стремнинах. Ареал европейской оляпки простирается от горных районов Западной Европы до Забайкалья. Бурая оляпка обитает в горах Дальнего Востока России, в Гималаях. Биология обоих видов практически не отличается. Есть только одно существенное различие во внешнем облике: оперение бурой оляпки однотонное, а европейская украшена большим белым нагрудником. Очевидно, что оба вида, как и все остальные упомянутые в статье птицы, произошли от одного предка во времена плейстоценового похолодания. Это еще одна иллюстрация результатов изоляции популяций предкового вида в разных рефугиумах. Они пережили суровые времена и стали разными видами. ■

Литература

1. Зедлаг У. Животный мир Земли. М., 1975.
2. Штегман Б.К. Основы орнитогеографического деления Палеарктики // Изв. АН СССР. Сер. биол. 1936. №2—3. С.523—563.
3. Штегман Б.К. Основы орнитогеографического деления Палеарктики. М.; Л., 1938.
4. Lattin G.de. Die Ausbreitungszentren der holarktischen Landtierwelt // Verhandl. Deutsch. Zool. Ges. Hamburg. 1957. S.380—410.
5. Lattin G.de. Grundriss der Zoogeographie. Stuttgart, 1967.
6. Куренцов А.И. Зоогеография Приамурья. М.; Л., 1965.
7. Симпсон Д. Великолепная изоляция. М., 1983.
8. Майр Э. Зоологический вид и эволюция. М., 1968.
9. Майр Э. Популяции, виды и эволюция. М., 1974.
10. Матюшкин Е.Н. Европейско-восточноазиатский разрыв ареалов наземных позвоночных // Зоол. журн. 1976. Т.55. №9. С.1277—1291.
11. Матюшкин Е.Н. Региональная дифференциация лесной фауны Палеарктики в прошлом и настоящем // Теоретические и прикладные аспекты биогеографии. М., 1982. С.59—80.
12. Величко А.А. Природный процесс в плейстоцене. М., 1973.
13. Панов Е.Н., Рубцов А.С., Мордкович М.В. Новые данные о взаимоотношениях двух видов овсянок (Emberiza citronella, Emberiza leucocephalos), гибридирующих в зоне перекрывания их ареалов // Зоол. журн. 2007. Т.86. №11. С.1362—1378.
14. Панов Е.Н. Межвидовая гибридная эволюция у птиц: эволюция в действии // Природа. 2001. №6. С.51—59.

На беломорских биостанциях

Февральский номер «Природы», если помнит читатель, был целиком посвящен 75-летию Беломорской биологической станции им.Н.А.Перцова Московского государственного университета им.М.В.Ломоносова (ББС МГУ). Но в Белом море эта станция не единственная, рядом с ней есть еще две — Картеш (ББС Зоологического института РАН) и Морская биологическая станция Санкт-Петербургского университета (МБС) — где тоже успешно добываются знания о северной морской жизни. В этом номере мы публикуем приветственное слово старейшего сотрудника ЗИНа в адрес ББС МГУ, ихтиологическую работу, выполненную на МБС, и дополняем специальный выпуск еще одной, не вошедшей в него статьей.

К 75-летию ББС МГУ

Меня всегда радовало, что две Беломорские биологические станции, Московского университета и наша, ББС ЗИНа, располагаясь сравнительно недалеко друг от друга и выполняя сходные задачи, более чем за полвека существования тесно дружили, сочувствовали трудностям и радовались успехам друг друга. Не помню ни одного случая недоброго поступка или глухой ревности. Нас всегда объединяли любовь к Белому морю и молодой энтузиазм научного поиска. Одинаково волновали проблемы моря, его экологического облика, общей биопродуктивности, охраны животного и растительного мира, роли отдельных видов, судьба морского промысла.

Кроме того, мы остро чувствуем, что многие принципиальные вопросы общей биологии могут быть решены только на морских организмах. Именно в комфортной соленой среде в наиболее простом виде возникли важнейшие проявления жизнедеятельности — наружное оплодотворение, тотальное дробление, внекишечное (точнее, докишечное) пищеварение, поверхностные возбудимые и секреторные клетки, ставшие впоследствии нервными элементами. При выходе в пресные воды, а затем и на сушу эти функции сохранялись и развивались только благодаря соответствующей солености внутренней среды («моря внутри нас»). Поэтому многие проблемы современной биологии высших животных, включая медицинские, могут быть успешно решены при анализе первых шагов становления функций в морской среде. Последней яркой демонстрацией этого положения служат работы Ю.А.Лабаса, А.В.Гордеевой и Л.Г.Наглер. Эти исследователи показали, что борьба с микроорганизмами посредством их «сжигания» перекисями, известная прежде только для макрофагов позвоночных, возникла значительно раньше — на основе такой же способности слизистых эпителиальных клеток, покрывающих тело морских беспозвоночных*.

* Лабас Ю.А., Гордеева А.В., Наглер Л.Г. Незримое одяние голых тарарей // Природа. 2006. №12. С.3—10.

Понятно, что без работ на море нельзя подготовить не только специалиста-зоолога или ботаника, но и любого грамотного биолога. И нет ничего удивительного в том, что полигоном отечественной морской биологии стало именно Белое море — оно расположено ближе других к академическим институтам и университетам европейской части страны. Мне повезло в жизни повстречаться со многими отцами-основателями наших северных морских биостанций. Школьником я общался с К.К.Сент-Илером, который, будучи сначала профессором Дерптского, а потом Воронежского университета, ежегодно много лет возил своих студентов на летнюю базу в Ковденский залив. Аспирантом Зоологического института работал в одном кабинете с Г.А.Клюге, с 1908 по 1933 г. возглавлявшим Мурманскую биостанцию в Екатерининской гавани, что в г.Александровске. Станция была закрыта после посещения Сталиным, Кировым и Ворошиловым, а вместо нее создана база подводных лодок, сыгравшая большую роль в обороне Мурманска и проведении караванов союзников в Великую Отечественную войну. Воссозданием биостанции — уже в Дальних Зеленцах — руководил мой учитель П.В.Ушаков. Когда я после первого курса проходил там практику, директором был уже В.В.Кузнецов, впоследствии организовавший ББС ЗИН на Картеше. Он же первым рекомендовал меня на свое место, когда тяжело заболел. С Картешем связаны без малого 15 лет самых трудных и ярких лет моей жизни.

Все эти годы я дружил с директором ББС МГУ Николаем Андреевичем Перцовым, восхищался его хозяйственной хваткой, умением многое делать самому и организовывать других. Помню, во время каникул даже выпускники небиологических факультетов с огромным энтузиазмом приезжали поработать под руководством Николая Андреевича. Созданная им материальная база позволила ввести обязательную морскую практику не только для студентов биофака, но даже для биофизиков физфака. Последнее произвело на меня такое сильное впечатление, что я написал руководству родного факультета ЛГУ (сейчас СПбГУ) о необходимости обязательной морской практики и предложил обра-

тить внимание на освобождающиеся строения закрываемого лесозавода на о.Среднем. Сейчас там находится успешно работающая МБС СПбГУ. Замечательным моментом в жизни ББС МГУ я считал привлечение к ее научному руководству К.В.Беклемишева. Оказалось, что известные мне бульдозеристы, дизелисты на электростанции и пилорамщики — это научные работники биостанции. Сегодня, после стольких трудных лет, ББС МГУ предстает ярким растущим организмом, нужным образованию и науке. Горжусь дружбой с ее руководителем

Александром Борисовичем Цетлиным, который четверокурсником работал на нашей ББС. Я был его оппонентом на защите кандидатской и докторской диссертаций и считаю его ярким научным руководителем и хорошим хозяйственником.

Мои поздравления с 75-летием ББС Московского университета!

© **В.В.Хлебович**,
доктор биологических наук
ЗИН РАН
Санкт-Петербург

«Волны жизни» беломорской колюшки



Д.Л.Лайус, Т.С.Иванова, Е.В.Шатских, М.В.Иванов

Волнообразные изменения численности популяций различных организмов обратили на себя внимание уже более века назад и с легкой руки С.С.Четверикова получили название «волны жизни» [1]. Однако даже обширная информация об этом явлении, накопленная к настоящему времени, не всегда позволяет оценить его масштабы. В широко известном популярном издании «Жизнь животных», вышедшем в 1970-х годах, о трехиглой колюшке в Белом море можно найти такие строки: «В Кандалакшском заливе вскоре после вскрытия моря, в конце мая, “колюшка” в огромных количествах подходит к берегам. Местами в период массового подхода колюшки вода буквально чернеет от сплошной массы рыбок, толпящихся у берега». Однако реальная картина, которую наблюдал один из авторов настоящей статьи (Д.Л.Лайус) на Белом море в 1980 г., кардинально отличалась от вышеприведенной — колюшки было почти не видно. Позднее мы выяснили, что ци-



Дмитрий Людвигович Лайус, кандидат биологических наук, доцент кафедры ихтиологии и гидробиологии Санкт-Петербургского государственного университета. Область научных интересов — историческая экология, популяционная биология рыб.

Елена Викторовна Шатских, аспирант той же кафедры и младший научный сотрудник ББС ЗИН РАН. Изучает экологию и паразитологию рыб.

Татьяна Сослановна Иванова, научный сотрудник той же кафедры. Занимается экологией рыб.

Михаил Валерьевич Иванов, кандидат биологических наук, старший преподаватель той же кафедры. Научные интересы связаны с синэкологией, сообществами бентоса и марикультуры.

© Лайус Д.Л., Иванова Т.С.,
Шатских Е.В., Иванов М.В., 2013



Трехиглая колюшка в неводе в период нереста. У самцов голубые глаза и красное брюшко, а самки окрашены в серо-зеленые тона.

Здесь и далее фото авторов

тируемые строки взяты из работы А.Вебеля и относятся к началу 1930-х годов. Очевидно, за это время произошел «отлив» волны жизни беломорской трехиглой колюшки. А сегодня мы вновь стали свидетелями «прилива» — численность этого вида на глазах растет.

Столь значительные изменения численности массового вида не могут не отражать серьезные перестройки во всей экосистеме. Их масштабы и причины в прошлом надо знать, чтобы понимать, что будет в будущем. Наши знания о прошлом экосистем пока невелики, но интерес к этому сейчас огромен, и уже получены важные результаты. Например, и раньше было известно, что трески в заливе Мэн (северо-восток США) сейчас стало гораздо меньше, но, чтобы показать насколько именно, по-



Заросли морской травы zostеры во время малой воды в губе Сельдяная (юго-запад Кандалакшского залива) — нерестилища трехиглой колюшки.

требовались специальные историко-экологические исследования [2]. Оказалось, что пик численности трески в 1970-х годах, долгое время служивший ориентиром для управления ресурсом этого вида, на самом деле — жалкие остатки стад трески середины XIX в., когда рыбы было примерно в четыре раза больше.

Более близкий к нам пример — семга на Русском Севере. На протяжении XVII—XVIII вв. численность семги менялась в зависимости от температуры: в теплые периоды увеличивалась, в холодные — наоборот, уменьшалась [3]. Знания таких колебаний позволяют судить, как будет реагировать тот или иной вид на грядущее потепление. Эти и ряд других работ по исторической экологии промысловых видов выполнены в рамках крупной международной программы «История популяций морских животных» (2000—2010), призванной использовать исторические методы для получения информации о прошлом экосистем.

Приведенные примеры относятся к важным промысловым видам, поскольку только для них можно найти достаточную историческую информацию. Однако ее использование для реконструкции динамики экосистем имеет существенные недостатки. Во-первых, динамика численности промыслового вида зависит не только от интенсивности вылова, но и от естественных причин, разделить которые очень трудно, а подчас и невозможно. Во-вторых, промысловые виды (а чаще всего это хищники, занимающие верхние трофические уровни) далеко не всегда могут быть хорошим показателем состояния экосистемы.

Удобным объектом для возможной реконструкции динамики беломорской экосистемы служит предмет наших исследований — трехиглая колюшка, не имеющая серьезного промыслового значения. Из-за его отсутствия мы лишаемся важного источника информации,



Крачки за рыбной ловлей (вверху). Эти птицы часто охотятся на колюшку, но, возможно, добывают ее не для птенцов — скорее всего, они не способны съесть рыбку из-за ее острых колючек.

Фото А.Е. Черенкова

но зато получаем большое преимущество: в этом случае численность вида целиком определяется естественными причинами. Кроме того, биологические особенности колюшки (массовое скопление у берегов в пери-

од нереста летом) делает ее доступной для наблюдений даже без специальных орудий лова, и она часто упоминается в литературе по Белому морю.

В периоды высокой численности эта рыбка занимает в эко-

системе ключевое положение: питаясь планктоном и будучи пищей для хищных рыб, она служит важнейшим звеном между разными трофическими уровнями. Когда целый трофический уровень состоит из небольшого числа видов, говорят об экосистемах с «осиной талией». В Белом море к таким видам кроме колюшки можно отнести сельдь (сейчас ее численность в Кандалакшском заливе невысока, и из-за более крупных размеров она менее доступна для большинства хищников), а также песчанку, которой обычно очень немного. Значит, в современной беломорской экосистеме «осиная талия» — это в основном трехиглая колюшка, достаточно удобный вид для изучения долговременных колебаний численности, а соответственно, и изменений во всей экосистеме Белого моря, динамика которого целиком зависит от естественных факторов, поскольку антропогенная нагрузка очень мала.

Наша задача — описать изменения численности трехиглой колюшки в Белом море начиная с конца XIX в. и проанализировать факторы, их вызывающие.

Как живет трехиглая колюшка в Белом море

Трехиглая колюшка (*Gasterosteus aculeatus*) размножается в Кандалакшском заливе в конце мая (рис.1). Она подходит к берегам, где самцы строят гнезда. Обычно в одно гнездо выметывают икру несколько самок (их максимальная доля достигает 65—80% от общего количества рыб). Наибольшая численность рыб на нерестилищах приходится на последние две недели июня, причем эти сроки несколько меняются в зависимости от погоды. В Кандалакшский залив приходят рыбы в основном 2-3-летние, а их плодовитость колеблется от 55 до 1000 икринок (в разные годы в среднем 150—300 икринок).

Икра колюшки развивается в течение семи-восьми дней, и вылупляются личинки длиной 4—6 мм. Спустя двое-трое суток они выплывают из гнезда, а еще через столько же переходят на активное питание. Все это время молодь охраняет самец. Через несколько дней личинки, достигнув длины 7—8 мм, покидают гнездо и примерно через неделю приобретают форму тела взрослых рыб. Колюшка предпочитает размножаться в зарослях морской травы zostеры (*Zostera marina*), где и проходят первые недели жизни молоди (и в эксперименте ее больше всего именно там). В море это, видимо, связано с хорошей защищенностью, более высокими температурами (зостера обычно растет на мелководьях) и благоприятными условиями питания. Часто в Белом море колюшку можно увидеть в заросших мелководных заливчиках, иногда опресненных, где обычно теплее и развитие происходит быстрее (здесь она соседствует с близким видом — девятииглой колюшкой). Осенью (вероятно, в сентябре) молодь трехиглой колюшки отходит от берегов и возвращается к месту рождения только через два-три года — на нерест. Мы почти не знаем, что происходит с ней в открытом море. Можно предположить, что в Белом море, как и в других частях ареала, она не живет возле берегов. В 2012 г. в июне в губе Чула всего в 200—300 м от берега небольшим пелагическим тралом мы поймали самок колюшек, неготовых к нересту. У самого берега таких рыб мы не встречали.

Взрослые рыбы поедают любую доступную пищу — планктон, бентос, икру и молодь рыб (как других видов, так и собственные), а также воздушных насекомых, попавших в воду. В пище мальков преобладают личинки планктонных ракообразных, но встречаются и личинки комаров-звонцов (хируномид), разноногие (бокоплавы) и равноногие (изоподы) раки, круглые (не-

матоиды) и многощетинковые (полихеты) черви. Поскольку большую часть жизни колюшка проводит в открытом море, то основную роль в ее питании играет морской планктон. Сама же колюшка служит пищей треске, чаще в сезон своего размножения, когда особенно доступна. Позже в желудках трески начинают попадаться в значительных количествах икра колюшки, а потом еще и мальки. Молодь или взрослыми колюшками могут питаться и сельдь, керчак, навага, медузы, а также морские птицы — крачки, крохали, чайки и др. В тихую погоду, заметив у поверхности колюшку, можно увидеть, как крачка застыивает на месте, бросается в воду и через секунду взмывает в воздух с трепыхающейся рыбкой в клюве. Правда, неясно, годится ли колюшка для птенцов крачки, поскольку рыбка вооружена не только пятью мощными колючками (лучами спинного и брюшных плавников), но и многочисленными костными щитками по бокам тела. Трехиглая колюшка играет важную роль в динамике популяций многих видов моллюсков, рыб, птиц, поскольку служит промежуточным и окончательным хозяином почти сотни видов экто- и эндопаразитов [4].

Сколько колюшки в море: читаем литературу, изучаем архивы

Хотя специально численность колюшки в Белом море никто не изучал, сведений, позволяющих судить о ней, довольно много. Еще в 1891 г. И.К.Тарнани, описывая рыболовство при Соловецком монастыре, отмечал: «Колюшка попадает в очень большом количестве, в один раз пудов десять». В 1908 г. К.К.Сент-Илер отмечал «значительные скопления» колюшки в районе села Ковда (южное побережье Кандалакшского залива), а в 1911 г. — в Двинском заливе [5]. В 1932 г. известный ихтиолог В.В.Чернавин, будучи политза-

ключенным ГУЛАГа, для получения рыбной муки занимался добычей колюшки на юго-западе Кандалакшского залива. Организация этого промысла помогла ему совершить побег из ГУЛАГа (описан в книге мемуаров, впервые опубликованной в Париже в 1939 г.), а нам — узнать, сколько было колюшки в Белом море в те времена. Чернавин писал: «Колюшка шла бесконечной лентой из моря и стояла сплошной массой у всех берегов... Наш пятидесятиметровый неводок в 15—20 минут давал улов больше тонны» [6]. В это же время о тех же районах очень похоже писал А.Вебель: «Вдоль всей этой береговой линии немедленно вслед за уходом льда наблюдается массовый подход колюшки к берегам. В некоторых местах вода буквально чернеет от сплошной массы рыбок, толпящихся у берега. В течение 10—12 дней небольшим тягловым неводком (с ячеей в 6—7 мм и обметом в 40 м) можно выловить почти без труда по тонне рыбы в течение не более получаса» [7]. По опросам местных рыбаков Вебель установил, что «неудачных» (в смысле подхода колюшки) годов за последние 18 лет не наблюдалось. Подобные описания говорят об экстраординарном обилии трехиглой колюшки вдоль южного берега Кандалакшского залива в 1932—1936 гг., причем много ее уже было в течение предыдущих двух десятилетий.

Во время Великой Отечественной войны колюшку ловили в основном сельдяными неводами, крупный размер ячеей которых позволял уходить многим рыбам. Колюшка шла в пищу местному населению, на корм скоту и птице, а жир использовали для заживления ран. Очевидно, эти данные говорят о высокой численности колюшки в первую половину 1940-х годов, хотя не исключено, что тогда интенсивный промысел был обусловлен высокой потребностью в рыбе из-за недостатка ресурсов. Наверное, беломорская колюшка

не меньше питерской заслуживает памятника, который установлен в Кронштадте со стихами М.Г.Аминовой:

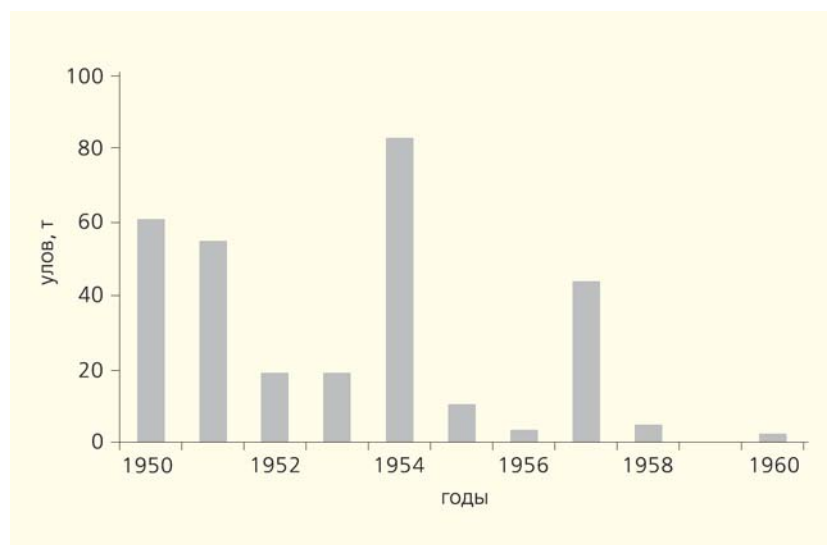
*Обстрелы смолкли и бомбежки.
Но до сих пор звучит хвала —
Блокадной маленькой рыбешке,
Что людям выжить помогла...*

После войны вылов колюшки постепенно снижался. В 1948 г. в Онежском заливе местные рыбаки говорили, что рыбка ловит-

ся плохо, а сотрудники Гридинской станции во время одного из рейсов смогли поймать только 2 кг колюшки. Все же в первой половине 1950-х годов ее промысел был довольно стабильным, тогда общие уловы нескольких рыбозаводов доходили до 82,7 т. Затем добыча снизилась, и последние крупные уловы пришлось на 1957 г. Не вполне ясно, объясняется ли спад промысла колюшки к концу 1950-х



Памятник блокадной колюшке на внутренней облицовке Обводного канала в Кронштадте.



Суммарные годовые уловы трехиглой колюшки рыбаками беломорских рыбозаводов (данные из архивов Гриндинской биологической станции Карельского филиала АН СССР).

годов только снижением ее запаса. Документы свидетельствуют, что прекращение промысла связано с ограничением ее добычи и затем с прекращением переработки, но местное население вылавливало ее на корм скоту и птице до 1960-х годов.

Много внимания этой рыбке уделяется в «Летописях природы» Кандалакшского государственного заповедника, существующих с начала 1950-х годов. В 1952 г. его сотрудники отметили сокращение численности колюшки (считают, что это повлияло на численность крачек), затем она практически исчезла. Небольшое повышение наблюдали в середине 1970-х годов, но затем упоминания ее подходов снова исчезли почти на 20 лет. По данным ихтиологической съемки в Кандалакшском заливе в 1986—1987 гг., трехиглая колюшка встречалась лишь единично в небольших поселениях zostеры.

С начала 1980-х годов и по настоящее время мы ежегодно участвуем в экспедициях ББС ЗИНа и Морской биологической станции (МБС) СПбГУ. При ловах неводами и сачком в губе Чупа единичные экземпляры попадались регулярно. Чаше

всего, и в большем количестве колюшка встречалась в небольших относительно закрытых и хорошо прогреваемых губах. Такая картина наблюдалась до конца 1990-х годов.

В «Летописях природы» первые признаки роста численности колюшки отмечены в 1997 г. С 2002 по 2007 г. там описываются «тысячные стаи» рыбы у островов и берегов во время подхода на нерест. В 2007 г. вдоль береговой линии Кандалакшского морского торгового порта видели километровую «полосу» трехиглой колюшки. Тогда же стали находить взрослую рыбу и ее икру в желудках трески. Все эти описания дают общее представление о масштабных изменениях численности колюшки и во всем Белом море. Однако в науке просто представление мало значит, совершенно очевидно, что необходимо определить саму численность.

Сколько колюшки в море: выясняем на месте

В 2006 г. мы начали изучать динамику численности трехиглой колюшки в период нереста

в различных районах Белого моря. Больше всего данных получено для двух участков в районе МБС. Рыбу ловили тягловым неводом в 30-метровой прибрежной зоне. В 2010—2011 гг. мы оценивали пространственную гетерогенность распределения колюшки. Чтобы определить уловистость орудий лова, метили рыб и выпускали их в район облова неводом. Работа во многом облегчалась тем, что колюшка очень устойчива к механическим воздействиям — легко переносит как поимку неводом, так и мечение.

По нашим данным, за последние семь лет в окрестностях биостанции численность колюшки возросла в несколько раз. Самой высокой была ее плотность в закрытых губах с мощными и обширными зарослями zostеры, а у более открытых берегов — в несколько раз ниже. Минимум пришелся на побережье небольших островов: там колюшки оказалось примерно на порядок меньше, чем около материка или крупных островов, хотя условия везде одинаковы. Возможно, это связано с более высокой прибойностью прибрежной зоны небольших островов.

Если говорить обо всем Белом море, то больше всего колюшки вдоль юго-западного побережья Кандалакшского залива, где хорошие условия для размножения благодаря множеству островов и богатой растительности. В кутовой части залива, несмотря на почти такие же условия, численность колюшки была в несколько раз ниже, а на северном берегу залива, явно неблагоприятном в связи с сильным прибоем, рыбы в нерестовый период оказалось неожиданно много. Правда, в августе молодки мы здесь не обнаружили — может, нереста не было вовсе или он не дал результатов.

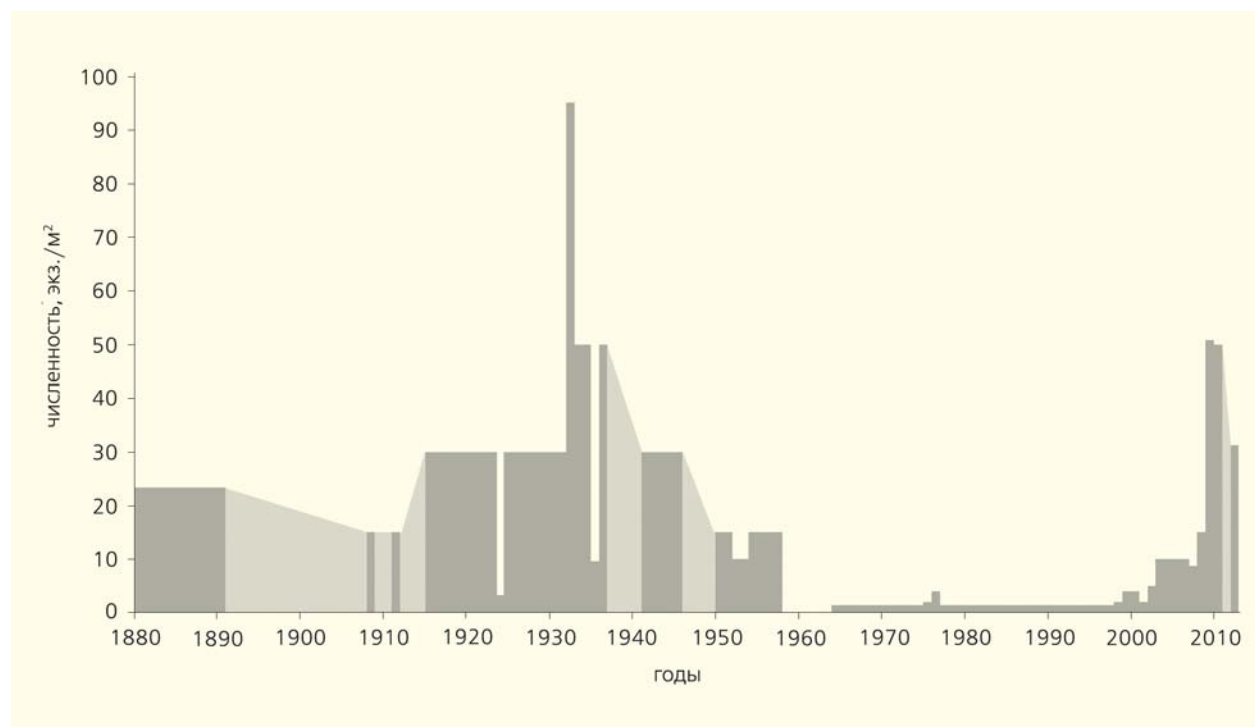
Вдоль западного берега Онежского залива биотопы, где условия также не очень благоприятны для нереста (нет вод-

ной растительности, а берега прибойные), численность производителей была ожидаемо низкой. Больше всего колюшки отмечено в районе Соловецких о-вов с зарослями zostеры и закрытыми губами. В кутовой части Онежского залива и в Двинском заливе колюшки гораздо меньше. При ее минимальном количестве в морских пробах мы наблюдали значительное число особей в литоральных лужах или солоноватых водоемах с высоким содержанием органических веществ непосредственно около моря. В Унской губе Двинского залива, очень мелководном заливе с обширными зарослями zostеры и пониженной соленостью, плотность колюшки была, как ни странно, низкой.

По нашим оценкам, 76% всей беломорской колюшки сосредоточено в Кандалакшском заливе, 17% — в Онежском, 7% — в Двинском, а общая биомасса превышает 1000 т.



Меченные колюшки. На их спинные колючки надеты кусочки изоляционного покрова электропровода.



Долговременные изменения численности трехиглой колюшки в Белом море. График построен на основе количественной интерпретации архивных и литературных данных (1880—2007), а также на результатах собственных сборов начиная с 2006 г. Светлым обозначены интервалы, для которых данные отсутствуют. Волны жизни колюшки видны отчетливо: после максимума численности в первой половине 1930-х годов наступил резкий спад обилия, и только в начале 2000-х количество рыбки стало расти, но оно не достигло величины, которая была в первой волне.



Литораль северного берега Кандалакшского залива во время малой воды, где в полную воду ловится нерестовая колюшка. Из-за сильного прилива потомство, видимо, здесь не выживает.

В целом распределение колюшки в Белом море только отчасти объясняется условиями нереста. В районах, где они вроде бы так же благоприятны, как и в местах максимальной плотности рыбы по южному берегу Кандалакшского залива, численность ее в несколько раз ниже. Однако по северному берегу Кандалакшского залива при явно неподходящих условиях нереста (там отсутствует молодь) колюшки довольно много. Это говорит о том, что существуют другие факторы, определяющие ее численность на нерестилищах: например, распределение в период нагула и зимовки. Возможно, многочисленная мо-

лодь, родившаяся вдоль южного побережья Кандалакшского залива, уходит в центральную часть залива, а в начале лета подходит не только к южному, но и к северному берегу, безуспешно пытаясь нереститься.

Как перевести описания в цифры

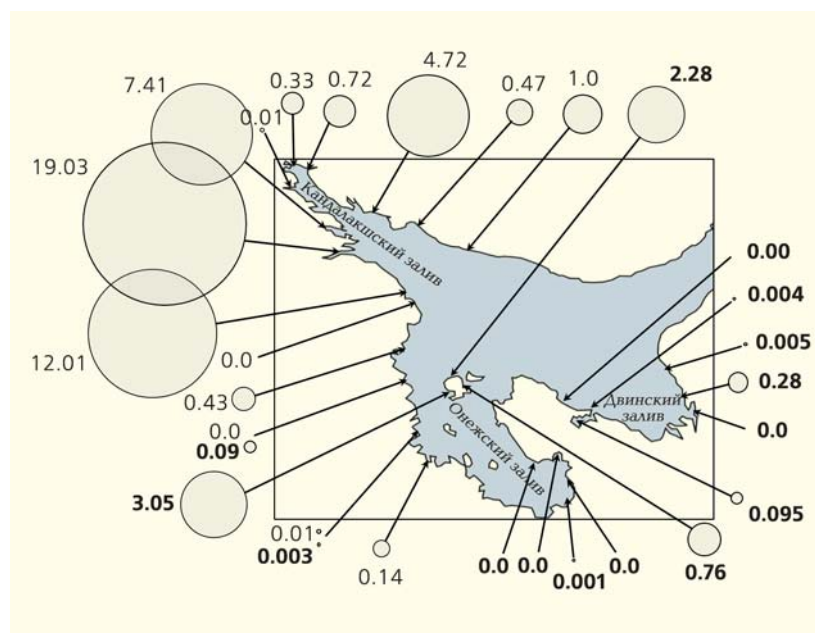
При переводе словесных описаний в цифры нужно учитывать особенности интерпретации исторических данных, в частности «синдром сдвига начала отсчета». Так, Д.Поли говорит, что численность промысловых рыб обычно определяется не по

отношению к исходному состоянию популяций, а к уже измененному чрезмерным промыслом, и в результате масштаб реальных сдвигов недооценивается [8]. Наблюдая какое-то явление достаточно долго, человек склонен воспринимать его как норму и соотносить с ней все изменения. В итоге, одно и то же явление представляется, в зависимости от обстоятельств, разным субъектам неодинаковым. Например, нулевая температура воздуха весной, после зимнего холода, воспринимается как «тепло», а осенью, на фоне летнего тепла, — как «холодно». В связи с этим метеорологи даже ввели специальные поня-

тия «-0» и «+0». Сходным образом одно и то же количество рыбы в период снижения численности можно оценить как «мало», а после фазы низкой численности — как «много». Это, естественно, усиливает субъективность. То же может относиться и к разным точкам в пространстве: «много» колюшки в богатом на эту рыбку Кандалакшском заливе — куда больше, чем «много» в бедном Двинском.

В тех случаях, когда авторы приводят результаты промысла колюшки, следует иметь в виду, что его задача — не количественная оценка ее численности, а максимальная добыча. Очевидно, рыбаки искали не типичные, а максимальные концентрации колюшки и ловили в узких губах, где невод тянется вдоль берега, охватывая таким образом максимальную акваторию за один замах. Значит, для пересчета промысловых данных в стандартные необходима специальная поправка — коэффициент. Чтобы определить его, мы имитировали промысел колюшки с помощью контрольного лова, а также изучали морфологию губ Белого моря, где могли ее ловить промысловики. Коэффициент вычисляли путем сопоставления плотностей колюшки, известных нам из полевых исследований в разных регионах моря. Например, для Двинского залива и района Соловецких о-вов такие поправки были равны 5 и 3 соответственно.

Существование промысла колюшки говорит, что ее численность находится не ниже определенного уровня. Мы считали, что этот уровень соответствует описанию В.И.Доброхотова и М.А.Правдиной (1936): «Здесь без всякого труда небольшим береговым неводом (с одной лодки и 3 рабочими) можно ежедневно в летнее время вылавливать по тонне этой рыбы», т.е. примерно 10 экз. под квадратным метром водной поверхности (10 экз./м²). Поэтому ха-



Распределение трехиглой колюшки в Белом море в период нереста. Съёмки проведены 15—22 июня 2010 г. и 13—24 июня 2011 г. неводом в прибрежной зоне шириной 30 м. Приведены средние значения из двух-трех съёмок, числами обозначено количество экземпляров под квадратным метром водной поверхности. Площадь кругов пропорциональна численности. Полуужирным шрифтом выделены данные 2011 г.

рактеристика «уловы снижаются», должна относиться к более высокой численности, чем 10 экз./м², которую мы оценили в 15 экз./м², а «нормальную» промысловую — в 30 экз./м².

Полученные оценки, естественно, довольно приблизительны. Это объясняется рядом обстоятельств. Во-первых, без специального научного лова определение численности остается субъективным; во-вторых, мы не всегда знаем точное место и время наблюдений (обычно их не сообщают), а в тех случаях, когда проводится лов, он описан недостаточно полно; в-третьих, очень высока изменчивость распределения колюшки в пространстве и во времени, причем не только между разными заливами, но и внутри Кандалакшского залива. Используя собственные данные, а также количественную интерпретацию архивных и литературных, мы получили общую картину долговременных изменений обилия колюшки в Белом море.

Чем вызваны волны жизни

За последние 130 лет волны жизни трехиглой колюшки в Белом море выражены чрезвычайно сильно. Особого внимания заслуживает ситуация первой половины 1930-х годов, когда численность вида была, видимо, максимальной. Важно как можно надежнее оценить эту величину, поскольку она указывает на экологическую емкость популяции. Надо отметить, что расчеты по независимым данным разных авторов (В.Чернавина и А.Вебеля) хорошо совпадают между собой (95 и 86 экз./м² соответственно). Это говорит о близости этих показателей к реальности. После пика в середине 1930-х годов наблюдался мощный «отлив», длившийся более трех десятилетий, когда численность вида понизилась на два-три порядка. Затем, на протяжении примерно 35 лет колюшка обитала в Белом море, но была практически незаметна. Однако

в середине 1970-х произошел небольшой всплеск в количестве этой рыбы. Сегодня мы наблюдаем «прилив», который, однако, скорее всего, еще не достиг уровня 1930-х годов. Очевидно, «прилив» имел место и перед максимумом 1930-х — уровень численности в предыдущие годы был явно более низким (иначе не появился бы и сам пик). Но столь длительной и глубокой депрессии, как та, которая пришлась на 1960—1990-е годы, в начале века явно не наблюдалось.

Чем объясняются столь значительные колебания численности?

Во-первых, у трехиглой колюшки относительно короткий жизненный цикл и раннее половое созревание (обычно на нерестилищах в Кандалакшском заливе возраст ее — два-три года). Любой удачный или неудачный для размножения год может сильно сказаться на всей популяции. Забота о потомстве отчасти компенсирует высокую смертность на ранних стадиях развития в связи с изменяющимися условиями. Значительные изменения численности известны для проходной трехиглой колюшки и из других регионов, в частности из р. Камчатки. Там в 1976—1984 гг. ее было так много, что за 20 минут один рыбацким сачком мог заполнить лодку,

грузоподъемностью 1.0—1.5 т, рыбой, а ее косяки мешали движению моторных лодок [9]. Во-вторых, в Белом море колюшка обитает близко к границе своего ареала, где условия среды далеки от оптимальных. В первую очередь на численности популяции могут отражаться любые изменения климата. Трудно предложить какие-либо иные причины волн жизни, поскольку заметного антропогенного влияния на экосистему Белого моря (за исключением очень локальных воздействий около крупных городов) нет, а промысел колюшки, если и велся, то был столь незначителен, что его нельзя рассматривать как серьезный фактор.

Влияние климатических факторов может быть не только прямым, но и опосредованным — через связи разных компонентов беломорской экосистемы. В случае беломорской колюшки особое внимание необходимо уделить зостере. О том, что уменьшение количества колюшки с исчезновением этой морской травы, исследователи говорили еще в 1970—1990-х годах. Действительно, мы видим явные связи между состоянием зостеры и количеством колюшки, хотя прямая связь наблюдается не всегда. Так, обилие колюшки стало заметно снижаться раньше резкого сокращения зарослей зосте-

ры, но популяция этой морской травы восстановилась в целом быстрее.

Существенное значение для изменений количества колюшки может иметь и конкуренция с сельдью. Оба вида питаются планктоном, оба относительно теплолюбивы. Интересно, что если в 1930-х годах при высокой численности колюшки сельди было много, то сейчас ее в Кандалакшском заливе довольно мало. Такие противофазные изменения в популяциях конкурирующих видов — вполне обычное явление, как, например, для сельди и мойвы в Баренцевом море.

Таким образом, есть все основания считать, что фактор, определяющий волны жизни беломорской колюшки, — климатические изменения. Известно, что в 1930-х годах в Арктике и Субарктике был теплый период, а 1960—1970-е годы были холодными. Соответственно менялась и численность колюшки. В настоящее время температура повышается, вновь приближаясь к уровню 1930-х годов. Значит, вероятен дальнейший рост популяции трехиглой колюшки в Белом море. Это повлечет за собой рост популяций некоторых хищных рыб и птиц. Волны жизни ключевого вида запускают преобразование всей экосистемы моря. ■

Литература

1. Четвериков С.С. Волны жизни: Из лепидоптерологических наблюдений за лето 1903 г. // Дневник Зоол. отд-ния Импер. об-ва любителей естествознания, антропологии и этнографии. 1905. Т.3. №6. С.106—111.
2. Rosenberg A.A., Bolster M.J., Alexander K.E. et al. The history of ocean resources: modeling cod biomass using historical records // Front Ecol. Environ. 2005. V.3. №2. P.84—90.
3. Lajus D.L., Dmitrieva Z.V., Kraikovski A.V. et al. The use of historical catch data to trace the influence of climate on fish populations: examples from the White and Barents Sea fisheries in 17th — 18th centuries // ICES Journal of Marine Sciences. 2005. V.62. №7. P.1426—1435.
4. Зюганов В.В. Семейство колюшковых (Gasterosteidae) мировой фауны. Л., 1991.
5. Море — наше поле. Количественные данные о рыбных промыслах Белого и Баренцева морей XVII — начала XX вв. / Ред. Ю.А.Лайус, Д.Л.Лайус. СПб, 2010.
6. Чернавин В.В. Записки «вредителя» // Чернавин В., Чернавин Т. Записки «вредителя». Побег из ГУЛАГа. СПб., 1999.
7. Вебель А. Беломорская колюшка как объект промысла // За рыбную индустрию Севера. 1934. №10.
8. Pauly D. Anecdotes and the shifting baseline syndrome of fisheries // Trends Ecol. Evol. 1995. V.10. P.430.
9. Бугаев В.Ф. Рыбы бассейна реки Камчатка (численность, промысел, проблемы). Петропавловск-Камчатский, 2007.

Симбиоз водорослей и грибов



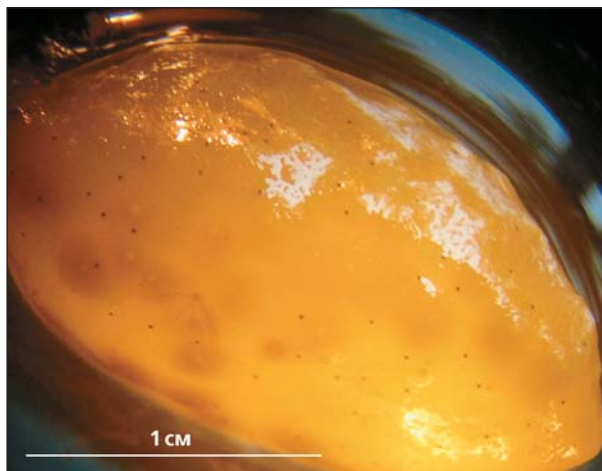
О.П.Коновалова, Е.Н.Бубнова,
кандидаты биологических наук
Беломорская биостанция им.Н.А.Перцова
Московского государственного университета им.М.В.Ломоносова

На литорали арктических морей фукусовые водоросли формируют особенную экосистему, включающую множество разных организмов. В ней, как и в наземных сообществах, важную роль играют гри-

© Коновалова О.П., Бубнова Е.Н., 2013

бы: они питаются органикой отмерших тканей и клеточных выделений, паразитируют на скопищах водорослей, а также вступают с ними в симбиоз. Так, некоторые водоросли семейства *Fucus* могут быть хозяевами для 12 видов морских грибов, паразитов и сапротрофов, а для ви-

дов *Ascophyllum nodosum* и *Pelvetia canaliculata* известно три паразита и один симбионт [1, 2]. Грибы, живущие в водорослях-макрофитах, образуют многоступенчатое сообщество, в котором одни виды растут только на поверхности, а другие, не вызывая повреждений и питаясь



Типичная форма аскофиллума на нижней литорали (слева) и плодовые тела морского гриба на рецептакулах водоросли. На кустистом талломе водоросли видны гроздья органов размножения — рецептакулов.



Неприкрепленная спутанная форма аскофиллума (слева) и маршевая моховидная форма на верхней литорали.



Извитой мицелий гриба на клеточной стенке типичной формы аскофиллума.

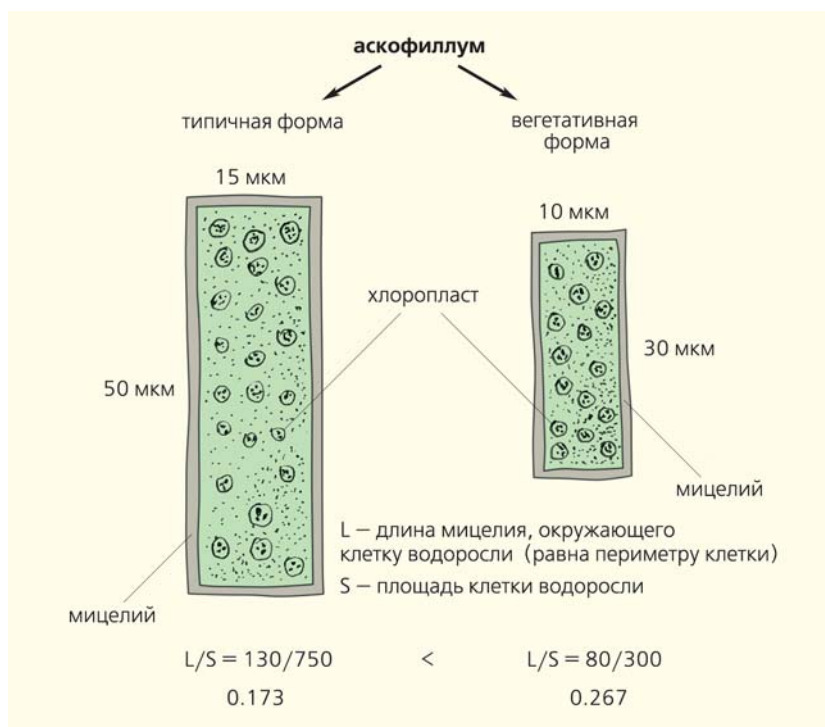
только клеточными выделениями, могут развиваться внутри талломов [3]. Интересно, что сапрофиты и симбионты сосуществуют в одной и той же водоросли. Этот факт и стал основным предметом наших исследований на Беломорской биостанции.

На самых разных участках беломорской литорали встречаются заросли бурой водоросли *Anodosum*, получившей в народе название «свиной виноград» за грозди рецептакулов (органов полового размножения), похожих на виноградины. Давно известно, что аскофиллум живет

в симбиозе с грибом *Stigmatidium ascopylli* [4]. Его мицелий пронизывает весь таллом водоросли, и размножаются сожители синхронно: в рецептакулах развиваются половые продукты водоросли и плодовые тела гриба. Считается, что гриб помогает водоросли выдерживать осушение на литорали, а сам питается выделениями клеток [5]. Механизм защиты водоросли от обезвоживания пока не известен, но факт этот экспериментально доказан [6].

Интересно, что бурые водоросли из семейства фукусовых образуют специализированные экологические формы (экады), и аскофиллум не исключение. На камнях и скалах открытых участков сублиторали и в опресненных местах литорали Белого моря сформировались две такие формы: неприкрепленная **спутанная** (*Anodosum scorpioides*) и маршевая, заякоренная илом или мидиями, **моховидная** (*A. muscoides*) [7], которые размножаются только вегетативно. Есть ли у них гриб-симбионт, а если есть, то как размножается? Если гриб помогает выдерживать осушение обычной форме аскофиллума, казалось бы, в вегетативных формах этого микромицета должно быть гораздо больше.

Мы постарались ответить на эти вопросы, изучая микроскопические срезы основной формы *Anodosum* и двух экологических. Оказалось, что во всех исследованных тканях водоросли всегда присутствует мицелий [8]. Гифы гриба, идущие вдоль всех клеток водоросли с двух сторон, создают непрерывную сеть. У специализированных, экологических, форм аскофиллума клетки внутренних тканей приблизительно в два раза мельче, чем у типичной водоросли, а толщина мицелия гриба постоянна. Следовательно, на одну клетку экологических форм приходится в два раза больше мицелия, чем у типичного аскофиллума. Если учесть, что в талломах мелкие клетки



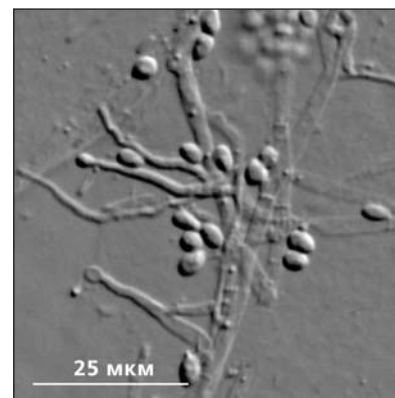
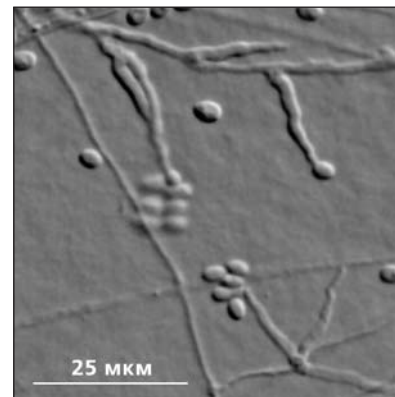
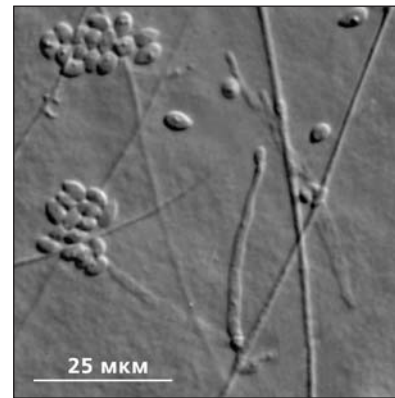
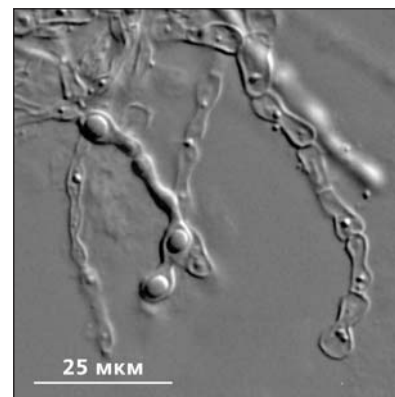
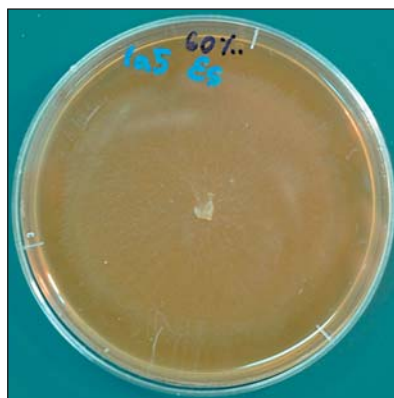
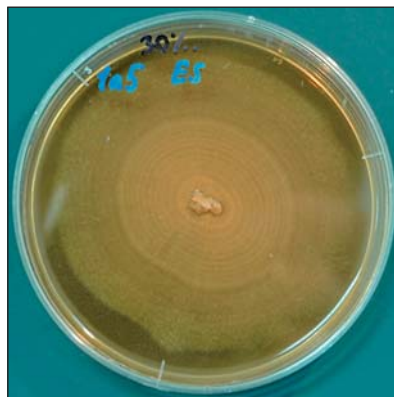
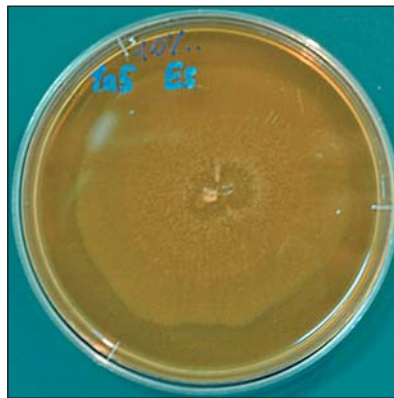
Соотношение количеств мицелия в тканях основной и вегетативных форм аскофиллума. Так как мицелий обычно окружает клетки водорослей с двух сторон, в расчетах можно учитывать площадь, а не объем клеток.

упакованы плотнее, чем обычные, количество мицелия на объем водоросли возрастает в несколько раз!

Во всех тканях изученных форм *A.nodosum* мы обнаружили извитые гифы, образующие регулярную сеть, которые, видимо, принадлежат грибу-симбионту *S.ascophylli*. Встречались также и другие типы мицелия. Это грибы-сапротрофы, они живут внутри талломов аскофиллума независимо от симбионта.

Чтобы узнать, какие виды микромицетов обитают внутри водорослей разных форм, мы провели культуральные исследования, т.е. выявляли грибы с помощью культивирования («посева» и выращивания) на естественном субстрате или на питательных средах. Только из внутренней части талломов *A.nodosum* выделили 51 вид грибов, не считая множества стерильных мицелиев, которые определить не удалось [9]. Некоторые из них не развиваются в клетках водоросли, а сохраняются в виде спор, которые попадают в талломы из окружающей среды. К таким видам относятся плесневые грибы рода *Penicillium*: они не растут при культивировании на талломах аскофиллума и под слоем воды. В отличие от них, наиболее часто выделяющиеся микромицеты из порядка гипокрейных (например, слизистые плесени *Acremonium* и *Plectosporium* и сумчатый гриб *Emericellopsis*) хорошо развиваются внутри талломов аскофиллума.

Получить культуру симбионта нам не удалось из-за его высокой приспособленности к биотрофному питанию внутри водоросли. Чтобы выяснить, одинаковый ли мицелий гриба *S.ascophylli* содержат типичный аскофиллум и его вегетативные экады (спутанная и моховидная), мы провели молекулярные исследования. Оказалось, что внутри типичной формы водоросли этот симбионт действительно обитает, причем других микромицетов очень мало. Од-



Внешний вид колоний гриба из рода *Emericellopsis*, выращенных на среде с разной соленостью (от 0 до 6% NaCl), и конидиального спороношения. Без добавления соли гриб угнетен, а с повышением солености конидиальные структуры из простых становятся ветвистыми.

нако у разных форм водоросли и даже экземпляров, произрастающих в разных географических точках, симбионтами могут быть и другие виды микромицетов. Так, внутри талломов моховидного *Anodosum*, взятых из разных точек, мы обнаружили *Neonectria fuckeliana* и *Plectosphaerella cucumerina*. Эти же грибы мы выделили в культуру из тех же водорослей. Оба вида известны как обычные паразиты наземных растений, существующие в сумчатой стадии, а в конидиальной стадии — как почвенные сапрофиты. Видимо, типично морской гриб *Sascophylli* — симбионт основной формы водоросли — может существовать в строго определенных условиях, на сублиторали. На супралиторали и при опреснении его замещают более приспособленные к условиям этих мест виды. Получается, что со-

жительство с грибом необходимо для аскофиллума, оно помогает выживать водоросли даже при гибели исходного симбионта — *Sascophylli*.

Наземные грибы, способные вступать в ассоциации с морскими водорослями, — явление необыкновенное. Мы обнаружили его впервые. Большая экологическая пластичность, а также разнообразие связей с другими организмами позволяют многим видам гипокрейнных грибов успешно расти в талломах морских водорослей. Помимо конидиальных стадий *P.cucumerina* и *N.fuckeliana* и других наземных видов близких к ним родов мы выделили из водорослей разные морские грибы. Многие из них остались неидентифицированными, так как информация об их генетических данных очень скудна, а морфология бедна признаками. Вид *Acremonium*

fuci, впервые описанный из талломов *Fucus serratus*, был одним из самых часто встречающихся в талломах аскофиллума [2]. Еще мы обнаружили удивительный сумчатый гриб из рода *Emericellopsis*. Это, по всей видимости, новый для науки вид, способный расти на средах с содержанием 10% NaCl, в то время как общая соленость беломорской воды — 2%. Оба эти вида могут существовать при температуре, близкой к 0°C, что позволяет им жить в Белом море. Кроме того, мы обнаружили, что в обоих видах морфология аппарата, продуцирующего конидии (споры бесполого размножения), при повышении солености среды усложняется. Механизмы таких адаптаций нам еще предстоит выяснить, так же как и истинное разнообразие обитающих на водорослях грибов и образуемых ими ассоциаций. ■

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проекты 11-04-02121-а и 12-04-31719 мол_а.

Литература

1. Koblmeier J., Koblmeier E. Marine mycology — the higher fungi. L., 1979.
2. Zuccaro A., Summerbell R.C., Gams W. et al. A new *Acremonium* species associated with *Fucus* spp., and its affinity with a phylogenetically distinct marine *Emericellopsis* clade // *Studies in Mycology*. 2004. V.50. №2. P.283—297.
3. Suryanarayanan T.S. Fungal Endosymbionts of Seaweeds // *Biology of Marine Fungi* / Ed. Ch.Raghukumar. Berlin; Heidelberg, 2012. P.53—69.
4. Webber F.C. Observations on the structure, life history and biology of *Mycosphaerella ascophylli* // *Transactions of British Mycological Society*. 1967. V.50. №4. P.583—601.
5. Garbary D.J., Gautam A. The *Ascophyllum/Polysiphonia/Mycosphaerella* symbiosis. I. Population ecology of *Mycosphaerella* from Nova Scotia // *Botanica Marina*. 1989. V.32. P.181—186.
6. Garbary D.J., London J.F. *Ascophyllum/Polysiphonia/Mycosphaerella* symbiosis. V. Fungal infection protects *Anodosum* from dessication // *Botanica Marina*. 1995. V.38. P.529—533.
7. Максимова О.В., Мюге Н.С. Новые для Белого моря формы фукоидов (Fucales, Phaeophyceae). Ч.1 // *Бот. журн.* 2007. Т.92. №7. С.965—985.
8. Коновалова О.П., Бубнова Е.Н., Сидорова И.И. Биология *Stigmatidium ascophylli* — гриба-симбионта фукусовых водорослей в Кандалакшском заливе Белого моря // *Микология и фитопатология*. 2012. Т.46. Вып.5. С.316—322.
9. Коновалова О.П., Бубнова Е.Н. Микобиота бурых водорослей *Ascophyllum nodosum* и *Pelvetia canaliculata* (Phaeophyceae, Fucales) в Кандалакшском заливе Белого моря // *Микология и Фитопатология*. 2011. Т.45. Вып.3. С.240—248.

Заповедное высокогорье

М.А.Газаев,

доктор химических наук

Ф.А.Атабиева,

кандидат химических наук

Л.А.Тогузаева

Кабардино-Балкарский государственный высокогорный заповедник

Наш заповедник создан в 1976 г. на территории Черекского и Чегемского районов Кабардино-Балкарской Республики. Он располагается на склонах Главного Кавказского и Бокового хребтов в верховьях Чегема, а также рек Черек-Балкарский и Черек-Безенгийский (Черек-Хуламский) [1]. Площадь заповедника в настоящее время составляет 82,6 тыс. га. Его территория разделена на пять лесничеств (по числу крупных долин, отделенных друг от друга труднопроходимы-

ми горными отрогами): Хазнидонское, Суканское, Верхне-Балкарское, Безенгийское и Чегемское.

Основную часть территории заповедника занимают высокогорья. В составе Главного хребта расположена знаменитая Безенгийская стена протяженностью 13 км, состоящая из вершин Гистола (4859 м), Катун-Тау (4858,8 м), Джанги-Тау (5058 м), Шхара (5068 м) и пик Пушкина (5033 м). Боковой хребет по высоте не уступает Главному: здесь находятся горы Дых-Тау (5204 м — это самая высокая точка заповедника) и Коштан-Тау (5152 м). В заповеднике 256 ледников, из них

© Газаев М.А., Атабиева Ф.А., Тогузаева Л.А., 2013



Река Черек-Безенгийский.

Здесь и далее фото И.П.Шпиленка, М.Г.Калинина, М.А.Газаева и М.И.Акиева



Безенгийская стена.

194 — крупные, площадью свыше 10 га каждый [2]. В целом ледниками покрыто 45 502 га (включая скальные выходы безжизненного нивального пояса), т.е. 55.3% территории заповедника.

Многочисленные ручьи и реки заповедника питаются талыми ледниковыми водами. Речные долины глубоко врезаны, местами встречаются отвесные склоны в десятки метров высотой. Из-за больших перепадов высот течение рек очень бурное, вода несет с собой большое количество обломочного материала, иногда даже крупные валуны. Например, в Чегеме расход взвешенных наносов в июле достигает 127 кг/с. Поскольку величины водного баланса и объемы транспортируемых материалов у горных рек в основном больше, чем у равнинных, то и деградация их бассейнов происходит быстрее [3]. С большой скоростью идет выщелачивание биогенных веществ, что приводит к обеднению почв и загрязнению воды. Это отрицательно сказывается на устойчивости горных экосистем. Однако вдоль берегов рек часто имеются буферные полосы с ненарушенной растительностью шириной от нескольких до сотен метров. Они уменьшают русловую эрозию и удерживают

склоновые наносы. Кроме того, эти полосы служат своеобразным фильтром для очистки вод из верхних частей склона от загрязняющих веществ, а также смягчают световой и температурный режимы, делая их более пригодными для водных обитателей. Поэтому охрана буферных полос — одна из важнейших задач сотрудников заповедника.

Климат на территории заповедника умеренный. Холодный период года на высоте 2000 м продолжается с ноября по апрель. Абсолютный минимум температуры воздуха составляет здесь -30°C . Выше 4000 м зима начинается раньше — в сентябре, а температура может опускаться до -50°C . Лето в горах обычно прохладное. Средняя многолетняя температура воздуха в июле (самом теплом месяце года) составляет всего 12.6°C .

Увеличение высоты над уровнем моря всегда сопровождается снижением атмосферного давления, температуры (каждые 100 м высоты воздух остывает на 0.67°C) и влажности, усилением ветра и повышением интенсивности солнечной радиации, особенно коротковолновой части ее спектра. Эти уникальные климатические черты в сочетании с высокой расчлененностью рельефа вызы-



Камнеломка усатая (а), горечавка тонкая (б), рододендрон кавказский (в), мак Лизы (г), камнеломка колончатая (д).

вают сложный комплекс погодных условий, который, в свою очередь, имеет свои особенности в зависимости от местности. Для некоторых районов Кавказа характерны резкие контрасты температур в течение суток. В горах нередко внезапные дожди, туманы и сильные ветры, в то время как в межгорных долинах сохраняется сухая и солнечная погода.

Основные типы почв на территории заповедника — горно-луговые: торфянистые на кислых и других кристаллических породах, типичные на песках и глинах, черноземовидные на известняках и других карбонатных породах. Есть и горно-лесные бурые на глинах, песках и карбонатных породах. Почвы — один из наиболее уязвимых компонентов горного ландшафта. Большое количество снега в высокогорье, крутые и длинные склоны, выветривание и гравитационные процессы приводят к эрозии почв и снижению их биологической продуктивности. Наиболее эффективной защитой почвенного покрова служит естественная растительность. Поэтому для ее сохранения на территории заповедника запрещены зем-



леделие, выпас скота, а также заготовка и транспортировка леса.

Одна из особенностей высокогорных территорий — высотная поясность. Каждый пояс отличается от соседних специфическим растительным сообществом. Горная растительность в целом разнообразнее, чем равнинная, но с высотой и, соответственно, с резким падением температур число видов снижается (через каждые 400 м высоты оно уменьшается вдвое).



Кавказский тур.



Высокогорный ландшафт.

Нивальный пояс (от 3600 м и выше) лишен наземной растительности. В субнивальном (3000—3500 м) распространены сообщества, напоминающие каменистую тундру: сплошного растительного покрова здесь нет, а на камнях и скалах, наряду со мхами и лишайниками, поселяются ива ползучая, камнеломка усатая, кисличник двухстолбчатый, горечавка тонкая и фиалка двухцветная. На высоте 2300—3000 м расположены альпийские низкотравные луга (высота травостоя 10—30 см) с василистником альпийским, ветреницей, купальницей, одуванчиками, примулами и др. В субальпийском поясе (примерно 1400—2700 м) развиты высокотравные (высота травостоя около метра) луга. Здесь можно увидеть и березовое криволесье, и куртины орешника, ольхи клейкой, рододендрона кавказского и его спутников — черники, брусники и вероники. Лесной пояс ограничен высотами примерно от 1000 до 2400 м. Широколиственные (среднегорные) леса поднимаются примерно до 1600 м, а хвойные — до 2400, даже до 3000 м, в основном это скальные сосняки — самый высокогорный тип леса. Ниже 1000 м распространены луговые степи с участками широколиственных лесов.

Во флоре заповедника встречаются сородичи культурных растений, такие как смородина Биберштейна, малина горная, шиповники, боярышники, клубника луговая, рябина кавказская и др. Здесь много эндемиков и редких видов. Ареалы некоторых эндемичных видов чрезвычайно малы, буквально точечные, количество экземпляров сравнительно невелико [4].

Не менее своеобразна и богата фауна заповедника. Среди птиц примечательны куриные: кавказские улар, тетерев и кеклик, а из крупных млекопитающих — кавказский тур и серна [1]. Основной охраняемый вид в заповеднике — кавказский тур. Это эндемик Кавказа, внесенный в Красную



Сотрудники Кабардино-Балкарского высокогорного заповедника.

книгу МСОП. Благодаря различным морфологическим, физиологическим и поведенческим адаптациям все животные чувствуют себя уверенно в суровых климатических условиях высокогорья.

Из года в год сотрудники заповедника собирают информацию обо всех компонентах природных экосистем. Постоянно ведутся наблюдения за фенологическими изменениями и динамикой численности растений и животных, в том числе накапливаются сведения по экологии, биологии и этологии кавказского тура. Горы — важные области экологического разнообразия, но они особенно чувствительны к изменениям окружающей среды. Вместе с тем это уникальный полигон, где можно исследовать влияние таких изменений на природные экосистемы. Поэтому изучение и сохранение естественных природных процессов, проходящих в неповторимой высокогорной экосистеме, — главная цель работы заповедника. ■

Литература

1. Заповедники СССР: Справочник / Под ред. А.М.Бородина и Е.Е.Сыроечковского. М., 1983.
2. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т.8: Северный Кавказ. Ч.6, 7. Л., 1973.
3. Атабиева Ф.А., Газаев М.А., Жинжакова Л.З. На водосборе реки Черек-Безенгийский // Природа. 2009. №10. С.39—44.
4. Портениер Н.Н. Флористические находки в бассейне Черек-Безенгийский (Северный Кавказ, КБАССР) // Бот. журн. 1988. Т.73. №2. С.1756—1760.

Слоны перелетные

Школьная биологическая олимпиада (ШБО) — одна из старейших предметных олимпиад нашей страны — ежегодно проходит с 1951 г. на биологическом факультете МГУ им. М.В.Ломоносова. За шестьдесят с лишним лет существования в ней участвовали тысячи школьников, и многих из них она укрепила в выборе профессии, помогла стать биологами, а у других просто осталась в памяти, как интересное дело и место встречи с единомышленниками. В работах «олимпийцев» члены жюри ШБО находят не только ценные мысли, но и бесценные «перлы». Особенно богаты ими ответы на вопросы I тура олимпиады, причем попадаются такие «жемчужины» и в весьма толковых текстах. Для апрельского номера «Природы» мы отобрали несколько перлов с недавних олимпиад...

* * *

— Вспомните как можно больше животных (или групп животных), в названия которых входит числительное...

— Пятикантроп.

* * *

— Скажите, Вам знакома такая фамилия: Лоренц?

— Да! Он открыл импичмент!

* * *

Опыты на хомячках — это нонсенс!

* * *

Умерший хомяк — тоже результат.

* * *

У рыб, простейших и амфибий нет командира, так как у них нету личности, [но] есть коллективное сознательное.

* * *

Яркие перья могут использоваться для того, чтобы угрожать сопернику, как у петухов и лягушек...

* * *

Некоторые животные могут при опасности быстро перебежать на новые территории и видоизмениться.

* * *

Патогенные гены несут отрицательную энергетику...

* * *

В жизни клетки такая роль ферментов может вызвать крайнее удивление.

* * *

Крокодил симбиотирует небольших птичек...

* * *

Яйца очень хорошо защищены. Мое яйцо — моя крепость!

* * *

Самки, опоздавшие к началу оплодотворения, могут остаться неоплодотворенными.

* * *

Процесс оплодотворения листья

* * *

Простые листья. Они... проще.

* * *

Они питаются частицами воздуха.

* * *

На высоте (особенно в горах) больше кислорода, чем внизу, так как это легкий газ.

* * *

Соль содержит много питательных веществ и минералов.

* * *

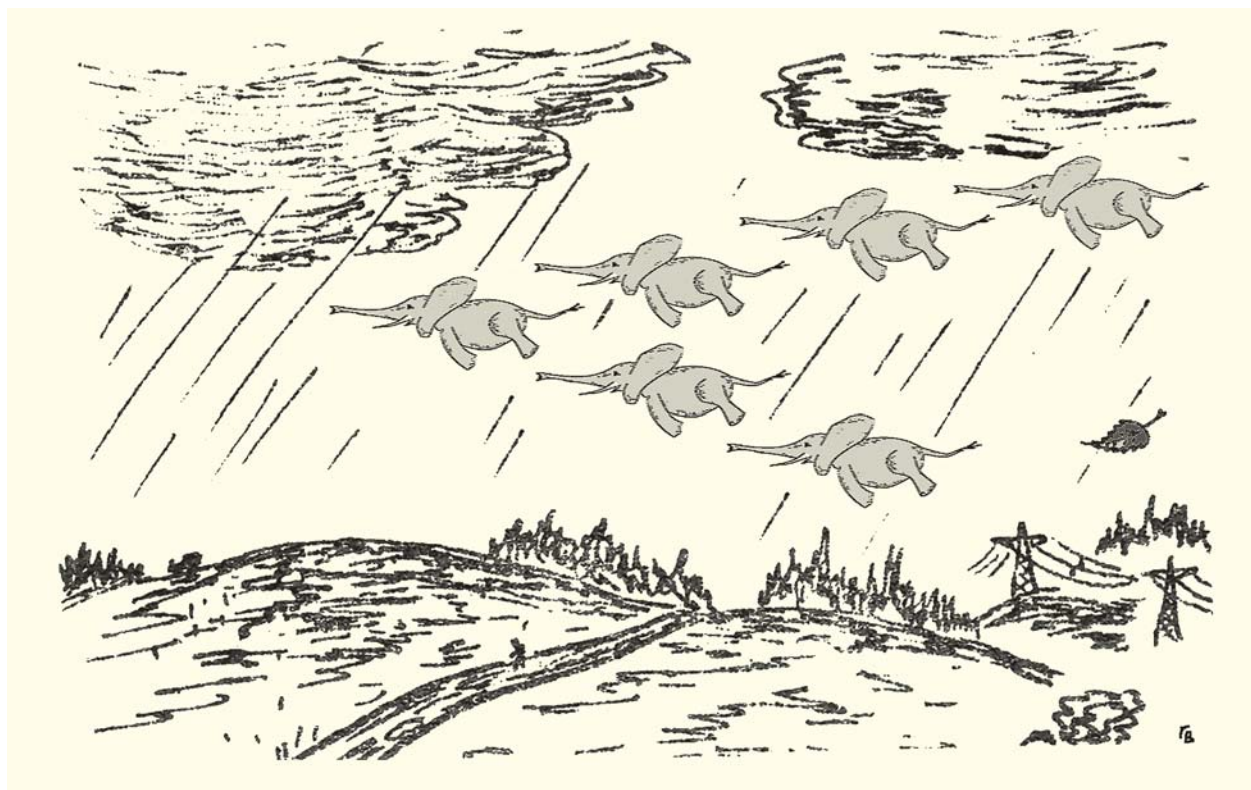
Черви — паразиты. Они могут приспособиться везде.

* * *

Системы пищеварения и кровообращения у червей очень просты и не требуют потребления животной или растительной пищи...

* * *

Глист вызывает спазм анальной пробки...



* * *

Возможно, они выделяют при дефекации какие-то полезные вещества (вот если бы люди так же!).

* * *

Мозг человека несколько сложнее, чем могло бы показаться на первый взгляд.

* * *

Люди общаются с помощью зубов.

* * *

Владельцы больших собак: у них возникают проблемы с опорно-двигательным аппаратом.

* * *

При прохождении через стекло лучи солнца нагреваются...

* * *

Они имеют клыки, но не могут летать.

* * *

На свет летят комары, майские жуки, ежи, ли-сы, мотыльки, собаки, кошки...

* * *

Слоны подобны перелетным птицам...

* * *

Слон обладает большим запасом питательной энергии.

* * *

Слоны поднимаются на горы, чтобы уединить-ся с собой.

* * *

Слоны хотят быть ближе к Солнцу, и, соответ-ственно, к теплу.

* * *

В ногах у слонов водятся мыши.

* * *

Для того, чтобы слоны нормально жили в рас-каленной саванне, им необходимо увидеть что-то, что очень холодно, побывать там, чтобы при возвращении их домой, они могли подумать: «Хорошо, что мы живем в жарком климате, а не в холодном».

© Подготовил и проиллюстрировал
Виноградов Г.М.,
кандидат биологических наук
Институт океанологии им. П.П.Ширшова

Хан Уран и страна Уранофания

Минералогическая сказка

Р.К.Расцветаетева,

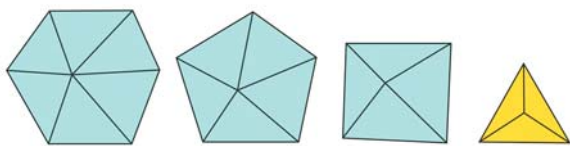
доктор геолого-минералогических наук

Институт кристаллографии им.А.В.Шубникова РАН
Москва

Кристаллические структуры минералов принято изображать полиэдрами — многогранниками, в вершинах которых находятся анионы (чаще всего атомы кислорода), а в центре — катионы (атомы металлов). Нередко такими полиэдрами бывают тетраэдры и октаэдры. Но наряду с ними встречаются и другие, например бипирамиды. На сегодняшний день изучено 90 урановых минералов, в структурах которых найдены гекса-, пента- и тетрагональные бипирамиды. В сказке они упрощенно называются шатрами — шести-, пяти- и четырехгранными.

Пролог

Возвратившись из дальних странствий по Эвдиалитии, Лабунцовитии и Ломоносовитии*, хан Уран позвал визиря и сказал: «Заморские дворцы, конечно, великолепны, но построены однообразно — из октаэдров и тетраэдров. В моей стране Уранофании должен быть свой архитектурный стиль. И чтобы к утру был готов проект дворца в восточном духе, а не то велю отрубить тебе голову». Визирь думал всю ночь, и под утро к нему пришла с виду простая, но на самом деле гениальная мысль — шатер: он и для жизни удобен, и напоминает о славном кочевом и боевом прошлом. Хану идея понравилась, и повелел он всем уранам поселиться в шатрах. Каждый мог выбрать себе шатер по вкусу и по достатку — шестигранный, пятигранный, четырехгранный или трехгранный.

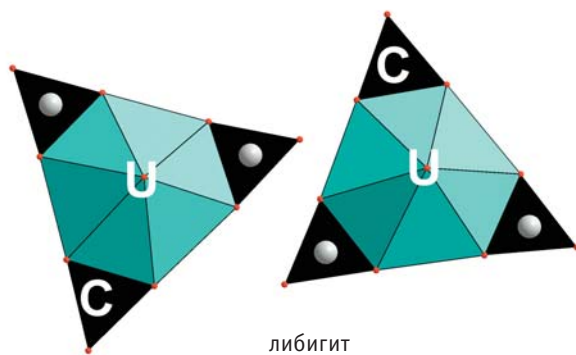


Конечно, в трехгранном шатре никакой уран не поместится, но для остальных обитателей сгодится. Все понимали, что четырехгранные и трехгранные шатры — всего-навсего октаэдры и тет-

раэдры, но почтительно называли их малыми шатрами. А почему бы и нет? Ведь величают же египтяне свои полуоктаэдры пирамидами.

Серия первая

Перво-наперво построили роскошный шестигранный шатер для любимого хана, который называли **либигитом**. К нему с трех сторон примыкали треугольники с черными, как уголь, слугами, готовыми и днем и ночью выполнить любой каприз хана. Вокруг шатра расположились слуги покрупнее — кальциевые, неустанно гасящие четыре отрицательных заряда ханского жилища. Комфорт дополняли несколько бассейнов (по-научному, молекулы воды).



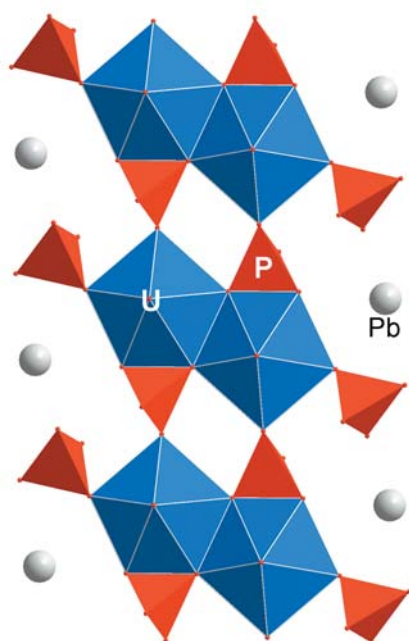
либигит

Шатер хану понравился, и он велел построить еще несколько точно таких же для своих друзей, но с учетом их выбора зарядогасителей. Среди друзей хана были сплошь геологи (они ведь тоже кочевники), преимущественно американские. Для геолога и редактора журнала «Economic geology» Бейли построили шатер **бейлиит** с магнелиевыми гасителями заряда. Для геолога Андерсона разбили **андерсонит** с натрий-кальциевыми гасителями. В честь Сварца соорудили **сварцит** с кальций-магнелиевыми, а в честь Шрекингера (правда, геолога австрийского) — **шрекингерит** с кальций-натриевыми слугами. **Цейкаитовый** дворец обслуживали зарядогасители натриевые, а **grimzelitovyy** (из области Гримзел, что в Швейцарии) — калиевые и натриевые.

* См. Расцветаетева Р.К. Хан Уран // Природа. 2004. №4. С.33—36.

Серия вторая

Однажды до хана дошли слухи, что царь Шахрияр прогнал за неверность свою жену Шахерезаду. Хан пригласил царицу к себе, чтобы послушать ее сказки. Шахерезада согласилась, но при условии, что у нее будет свой собственный дворец. Хан велел построить двухшатровые апартаменты — для себя и гости. А чтобы слуги не пугали ее своей чернотой, тесные треугольники заменили просторными фосфорными тетраэдрами, которые заодно освещали помещения. Пригласили также дорогих гасителей заряда — свинцовых. И хотя строения были пятигранные, Шахерезаду это устроило. А визири тотчас пристроили свои двухшатровые апартаменты, чтобы всегда быть поблизости. Эту вереницу шатров называли, конечно же, в честь канадского минералога — **парсонсит**.

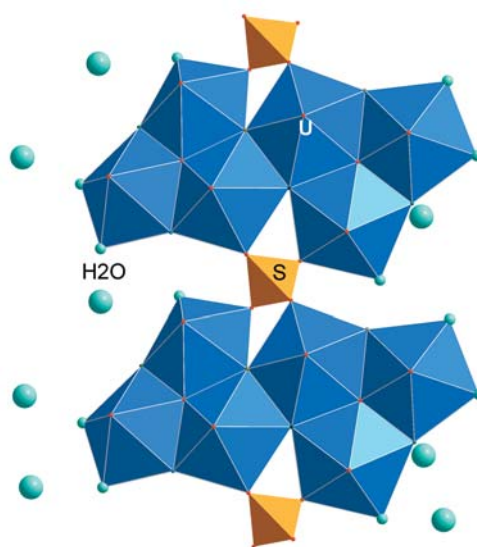


парсонсит

Точно такие же виллы и с такими же свинцовыми гасителями зарядов построили в **халлимондите**. Однако тетраэдры там сделали мышьяковые, а к свинцовым зарядогасителям добавили еще и воду.

Как ни очаровательна была Шахерезада, ее сказки скоро наскучили хану, и он предпочел ей нескольких, но молчаливых жен. Сдвинули три парсонситовые виллы (не пропадать же сооружениям) и заменили фосфорные тетраэдры сульфатными. Вышла большая экономия — вместо 12 тетраэдров фосфора использовался всего один тетраэдр серы. Жены к тому же смогли принимать сероводородные ванны, хотя и простой воды было предостаточно. Нечего и говорить, что и визири тотчас обзавелись молчаливыми женами и присоединили свои шестишатровые гаремы

к ханскому. Эта вереница шатров получилась самая широкая в Уранофании. Громоздкие гаремы не нуждались в слугах — жены сами ухаживали за ханом и сами же гасили заряды (а для чего же еще нужны жены?). А мелкие услуги оказывали водороды, настолько маленькие, что их никто не замечал. Гаремный поселок называли **уранопилитом** (что в переводе с греческого означает «войлок» — из-за бархатистого облика агрегатов).

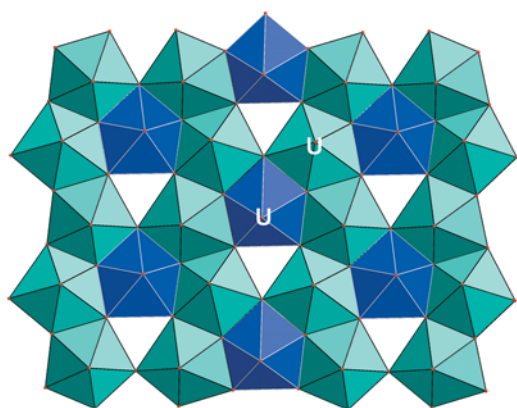


уранопилит

Брачные узы стали тяготить хана, и он перешел на услуги наложниц. Они не докучали ни сказками, ни приставаниями и тем самым сэкономили его время. Хан велел придвинуть все имеющиеся в наличии пятизвездочные (простите, пятигранные) шатры вплотную друг к другу, оставив между ними небольшие треугольные дворiki — для общения. Однако наложниц оказалось слишком много, и пришлось построить для них несколько поселков (наподобие Рублевки). Поселения с треугольными двориками обходились без слуг (наложниц перевели на самообслуживание) и различались лишь гасителями зарядов: железомagneйно-свинцовые в **ришетите**, свинцовые в **масюйте**, бариевые в **протасите** и **бильетите**, кальциевые в **беккерелите**, калиево-кальциево-стронциевые в **агриньерите** и калиевые в **компреньясите**. Глядя на названия шатров, народ недоумевал: конечно, для своих друзей — главного геолога Горного союза Верхней Катанги в Африке Рише и бельгийского геолога Масюи — хану никаких наложниц не жалко. Но какое отношение к ним имеют бельгийский кристаллограф Билье, французский физик Беккерель и инженер Агринье из минералогической лаборатории Комиссии по атомной энергии Франции?

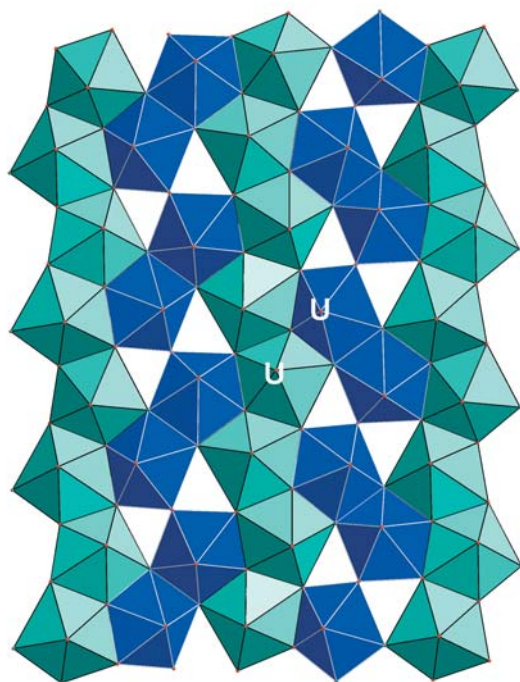
Более комфортное проживание обеспечили в поселениях **шепите** и **меташепите**, со сдвоенными треугольными двориками, в которых можно

Древесный фракцимент



протасит

посплетничать и обсудить шопинг. А в **фурмарьерит**, названный, конечно же, в честь бельгийского геолога Фурмарье, добавили к тому же и свинцовых гасителей заряда.



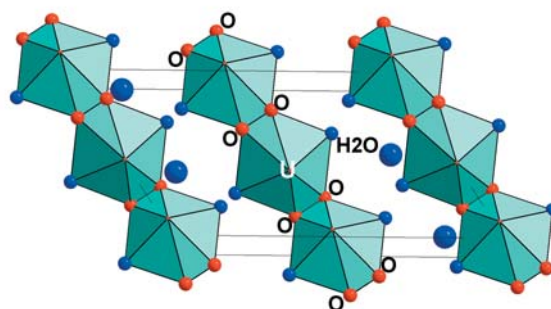
фурмарьерит

И еще один поселок построили с учетом всех вкусов — с уединенными и сдвоенными двориками и с вычурным названием — **вандендрисшеит** (в честь другого бельгийского геолога Вандендрисше).

Серия третья

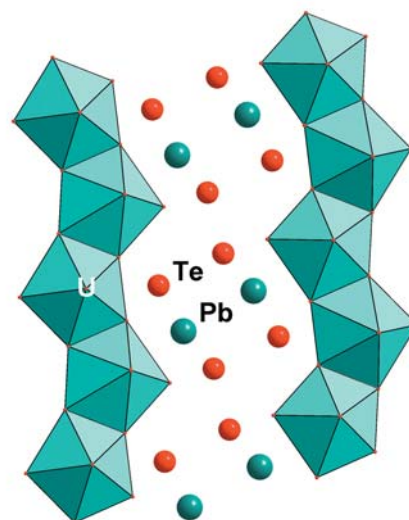
Но вот хан решил — никаких жен и наложниц, лучше заняться искусствами. Свою новую студию он, не заморачиваясь, назвал **студтитом** (в честь опять же бельгийского геолога Студта). С виду ша-

тер шестигранный, но диковинный. Для его строительства использовались кроме обычных уранильных групп ($\text{O}-\text{U}-\text{O}$) еще и пероксидные ($\text{O}-\text{O}$) с близкими (1.5 \AA вместо обычных 2.5) расстояниями между кислородами. Поскольку пероксидные детали — энергосберегающие (заряд двух кислородов не 4^- , а 2^-), студия не нуждалась в услугах гасителей заряда. Вокруг шатра били фонтаны, переделанные из бассейнов. Хан гордился студтитом как уникальным пероксидным сооружением. А визири (им ведь тоже надо приобщаться к высоким искусствам, а не то останешься без головы) неохотно расставались со своими женами.



студтит

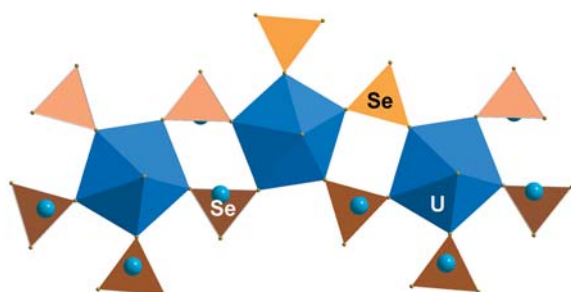
Чтобы в промежутках между духовными занятиями можно было подкрепиться, в торговые ряды доставили **моктесумит** из рудника Моктесумы, что в Мексике. В пятигранных шатрах уранские купцы торговали заморскими винами и восточными сладостями. Ряды обслуживали свинцовые и теллуровые гасители заряда.



моктесумит

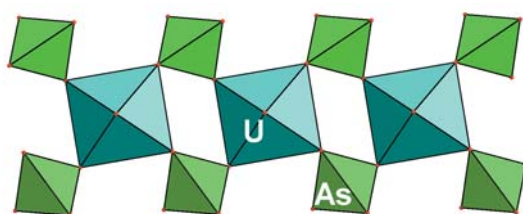
Но вот и высокие искусства наскучили хану. Он наконец решил заняться государственными делами. А подобные дела не терпят суеты. Тут нужны тишина и сосредоточенность. Больше всего для этого подходит изолированный дворец. При-

шлось демонтировать часть сооружений мексесу-мита и растащить пятигранные шатры, объединив их через селеновые треугольники в **демесмэкерит**, названный в честь очередного геолога Демесмэкера, который занимал долговыговариваемую должность — директор геологического департамента Горного союза Верхней Катанги. Вокруг шатров оставили бассейны и изысканных свинцовых и медных гасителей зарядов.



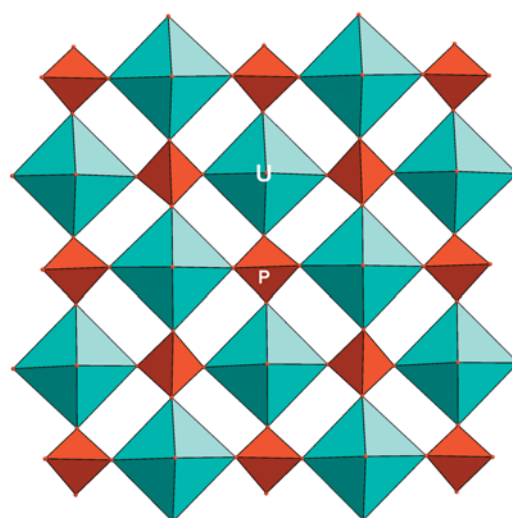
демесмэкерит

Однако для чиновников такие излишества, как Se-светильники, бассейны и просторные шатры, были не по рангу. Они только отвлекали от государственных дум. Решили перейти на скромные четырехгранные шатры — **вальпургитовые** и **ортотвальпургитовые**, привезенные из Вальпургиса, что в Германии, а также **делоринитовые** и **деррикситовые** (подарок геолога Деррикса из Заира). Чиновничьи кабинеты обслуживались бариевыми и медными гасителями. Октаэды меди выписали со склада **купроскладовскита**, а самих гасителей заряда теперь называли менеджерами. Кроме того, барышни на все вкусы (мышьяковые и молибденовые в тетраэдрической упаковке и селеновые в треугольной) предлагали чай, кофе и не только...



вальпургит

Изолированные четырехгранные шатры с фосфорными светильниками прижились и даже вошли в моду. И уже целые кварталы застроены типовыми домами с малогабаритными квартирами и похожими названиями: **отенит** и **метаотенит** (прибыли из французского Отена), **торбернит** и **метаторбернит**, **сализит** (названный в честь еще одного друга — американского геолога Салеса), **средголдит**, **ураноцирцит** и **метаураноцирцит**. А в **абернатите** (названном в честь простого механика Абернати, нашедшего минерал в штате Юта) и **цейнерите** (и конечно, **метацейнерите**) заменили фосфорные тетраэдры на мышьяковые



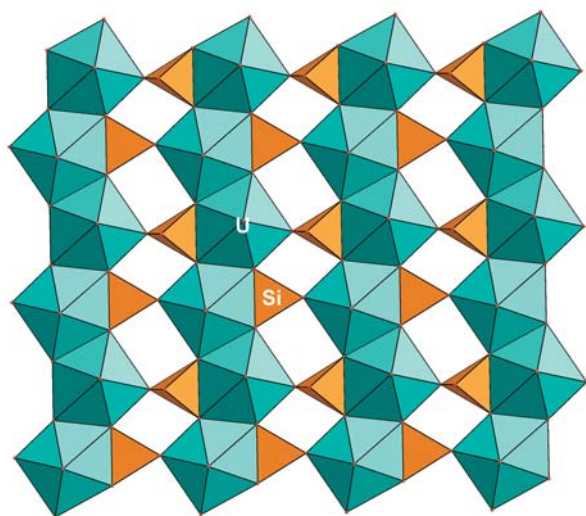
отенит

(на всякий случай, вдруг понадобится кого-нибудь отравить). Дворцами эти постройки не назовешь (и гербы у них простые — $P2_1$), но зато дешевые и со всеми удобствами — фосфорным освещением и бассейнами. Ученые их называли ласково урановыми слюдами, а народ — Черемушками (тоже ласково...). Особенно много бассейнов (12 молекул на душу урана) оказалось в торберните и цейнерите (названных в честь шведского минералога Торберна и немецкого физика Цейнера). Их стали использовать как водные стадионы.

Разнообразие однотипных построек достигалось за счет многочисленных гасителей заряда — Ba, Ca, K, Mg, Al, Cu. И только стронций, закаленный боец за справедливость (все равно какую!), пошел своим путем. Для пропаганды идей коммунизма среди наложниц он поселился в одной из синтетических построек, коих в последнее время появилось великое множество, и все — точная копия натуральных слюдок (очень удобно для конспирации!).

Серия четвертая

Постройки из четырехгранных шатров стали популярными у простых уранов, а зажиточные хотели иметь более просторные шатры и вышколенных слуг, именитых гасителей зарядов и изящные фонтаны. Пример подал сам хан. Он забросил государственные дела и перебрался в специально для него отстроенный дворец **уранофан** с гербом $P2_1/b$, который на всех произвел сильное впечатление своей красотой и оригинальностью. Пятигранные шатры соединялись в бесконечные анфилады (что там анфилады Петродворца!). В них расположился хан со своими женами и наложницами, а в трехгранных шатрах (попросту в тетраэдрах) разместилась надежная, как кремль, охрана. Вокруг шатров находились многочисленные



уранофан

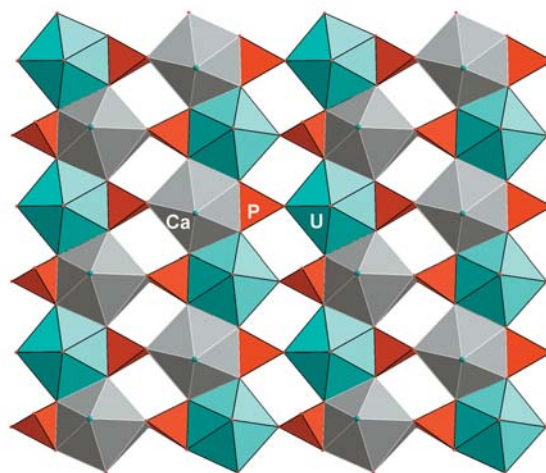
бассейны, чтобы наложницы могли купаться и любоваться своим отражением. Между бассейнами разместились евнухи (для присмотра за наложницами), каждый звался кальцием. Они же по совместительству гасили заряды.

А когда наняли низкооплачиваемых калиево-натриевых гасителей, получился обыкновенный **болтвудит** (названный в честь американского радиохимика Болтвуда). Хан подарил его своему визирю. И зря. Визирь поместил болтвудит в нагретый раствор с CsCl и обменял обычные калий и натрий на радиоактивный цезий. Вся постройка при этом сохранилась в целости и невредимости. Визирь стал первым, кто показал, что с помощью болтвудитов можно спасти мир от угрозы загрязнения радиоактивными отходами. А еще ученым удалось внедрить Np^{5+} в уранофан, но только синтезированный при 100°C , и притом в виде порошка. Это хана не устроило, и он потерял интерес к подобным экспериментам.

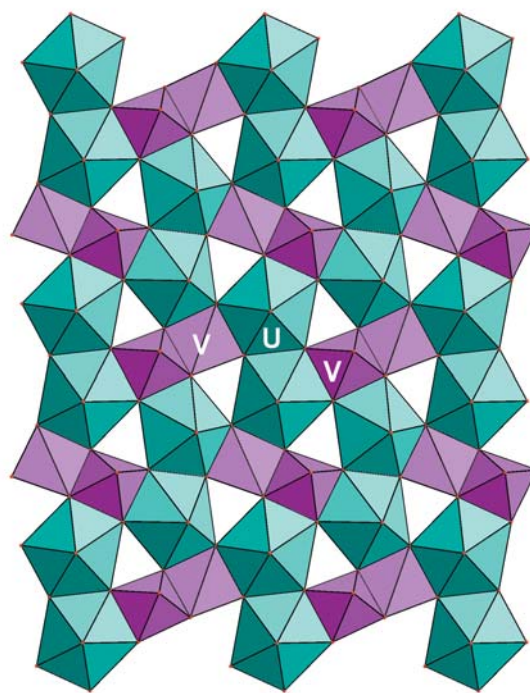
Другие члены большого семейства уранофана (11 природных и почти столько же синтетических) традиционно обслуживались силикатной прислугой, которая сидела в тетраэдрах, поочередно глядящих вверх и вниз. Гасители заряда в **склодовските** (в честь знаменитой Марии Склодовской-Кюри) — магниевые, в **казолите** (прислали из местечка Казоло, что в Заире) — свинцовые и в **орсините** — кобальтовые. Но особенно отличился **шмиттерит** (в честь мексиканского минералога Шмиттера) — единственный в своем роде уранил-теллурид. В нем колонны из пятигранных шатров объединяются четырехзарядным теллурием в квадратно-пирамидальной упаковке и, что особенно круто, со стереоактивной неподеленной парой.

* Нептуний — редкий искусственный элемент, синтезированный нейтронным методом из ядер урана.

Но вот разразился мировой финансовый кризис, и каждый выживал, как мог. **Ульрихит** половину своих пятигранных шатров сдал в аренду кальцию. **Франсвиллит** из Франсвилля, что в Габоне, также в целях экономии заменил половину пятигранных шатров ванадиевыми четырехгранными пирамидами, соединенными попарно, а для гашения заряда нанял солидный барий, который теперь брался за любую работу.



ульрихит



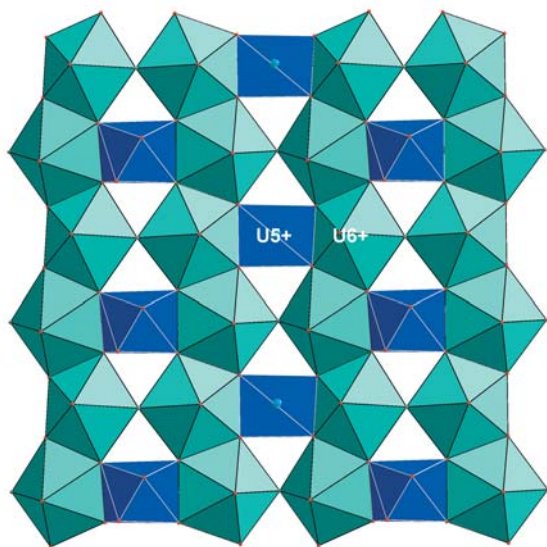
франсвиллит

Остальные шатры франсвиллитового семейства отличались лишь гасителями заряда. В **курьените** (названном в честь французского минералога Курье) — свинцовые. В **сенжьерите** (в честь Сенжье, простого сотрудника Горного союза Верхней Ка-

танги) — медные. Только **ураносферит** пошел на более радикальные меры экономии — заменил ванадий висмутом и обошелся без гасителей заряда (зато приобрел глобулярную форму).

В **сприггите**, **сейрите** и **кюриите** недвижимость сильно подорожала. Кто побогаче, захватил пятигранные шатры, другим достались менее просторные четырехгранные. **Велсендорфит** набрал такое количество пятигранных и четырехгранных построек, что стал самым большим доходным домом длиной в 56 Å. И во всех этих строениях использовались свинцовые зарядогасители.

Но коррумпированные чиновники придумывали все новые способы, как обобрать урановое население. Ссылаясь на финансовые трудности, они отобрали у шестивалентных уранов по заряду (а у некоторых даже по два). Нечего и говорить, что сами чиновники не пострадали и по-прежнему имели высокие зарплаты (простите — заряды) и занимали просторные пятигранные шатры. **Виартит** (в честь французского минералога Виарта), единственный содержащий пятивалентный уран, ютился в четырехгранном шатре. А в **лантините** в таких шатрах поселились четырехвалентные ураны. Если в виартите гаситель заряда — скромный Са, то в лантините и гасить-то нечего...



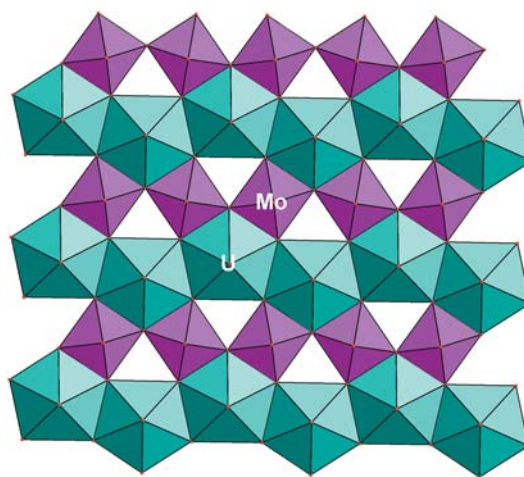
виартит

Серия пятая

Не всем пришлось по вкусу порядки в стране Уранофании. Оппозиционеры распространяли листовки, обличающие тоталитарный режим, и хан приказал изолировать возмутителей спокойствия. В местах (не столь отдаленных) построили лагерь, окруженные глубокими рвами с водой.

Узники совести жили вполне комфортно в пятигранных шатрах, а молибденовая охрана разместилась в куда более скромных — четырехгранных полуоктаэдрах, у которых к тому же один угол все-

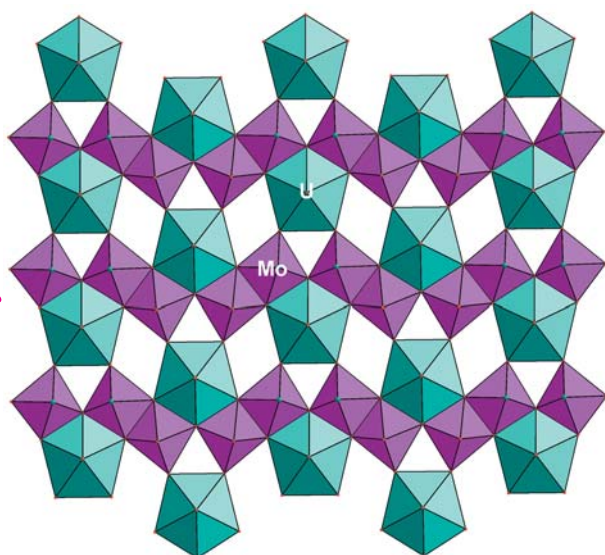
гда сырой. Камеры соединялись между собой, и заключенные могли ходить друг к другу в гости, а охрана жила изолированно. Лагерь назвали **умохоитом** — по его обитателям урану и молибдену, но диссиденты расшифровывали название иначе: ум один хорошо (а два хуже). На каждого узника приходился охранник, да и вода кругом, так что бежать некуда (что там Соловки!). Многие смирились с вынужденным уединением — они писали мемуары, открывали новые галактики и строчили обличительные памфлеты. Другие же прыгали в воду. Некоторые до сих пор не вернулись (видно, далеко заплывли или предпочли свободное плавание заточению). Вскоре охранников оказалось больше, чем узников (а ученые до сих пор ломают голову над нестехиометричным умохоитом, в котором урана меньше, чем молибдена).



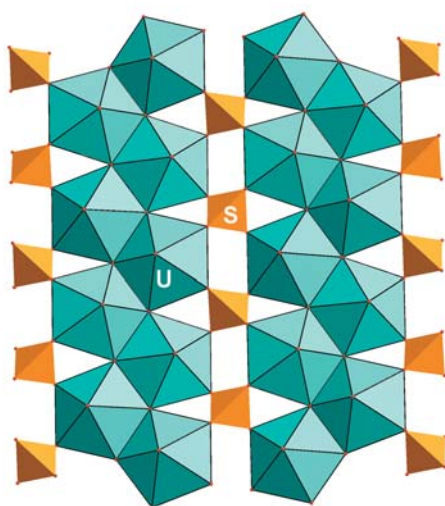
умохоит

Когда же охранников стало в два раза больше охраняемых, тюрьму пришлось перестроить. Половину шатров убрали за ненадобностью, а молибденовые полуоктаэдры достроили до октаэдров и соединили попарно. В результате стража оказалась в двухшатровых смежных номерах и могла общаться друг с другом, а заключенные, наоборот, — в одиночных изолированных. Теперь охрана спала спокойно: ни один узник не мог ускользнуть. Новый тюремный замок получился настолько оригинальным, что его так и назвали — **иригинит**.

Поговаривают, что предприимчивые дельцы собираются там устроить гостиницу для туристов, как это принято за границей, и номера будут оччень дорогими. И уже спроектировали новые гостиницы, которые якобы переделаны из тюрем. Успешным оказался циппеитовый проект со сдвоенными пятигранными шатрами и длинными тетраэдрами, перегородженными серными тетраэдрами. Типовые гостиницы обслуживались разными зарядогасителями и назывались соответственно — **циппеитом** (K), **Na-циппеитом**, **Mg-циппеитом**, **Zn-циппеитом**, **Со-циппеитом**. Когда же циппеиты изрядно всем надоели (австрийский



иригинит



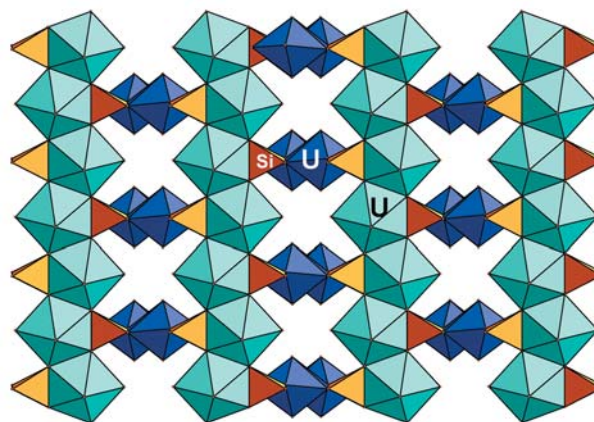
циппеит

минералог Циппе и не подозревал, что их будет так много), соорудили **марекоттит**, хотя он мало чем отличался от Mg-циппеита. Особой популярностью пользовалась гостиница для молодоженов **ванденбрандеит** (в честь бельгийского геолога ван ден Бранде). В ней пятигранные изолированные двухшатровые апартаменты обслуживались медными слугами из четырехгранных (также сдвоенных) шатров, которые якобы когда-то были помещениями для надзирателей. Чтобы молодых никто не тревожил, гасителей заряда уволили.

Серия шестая

Однажды хану донесли, что коварный сосед готовится совершить набег на его земли. Для укрепления границ повелел хан построить оборонитель-

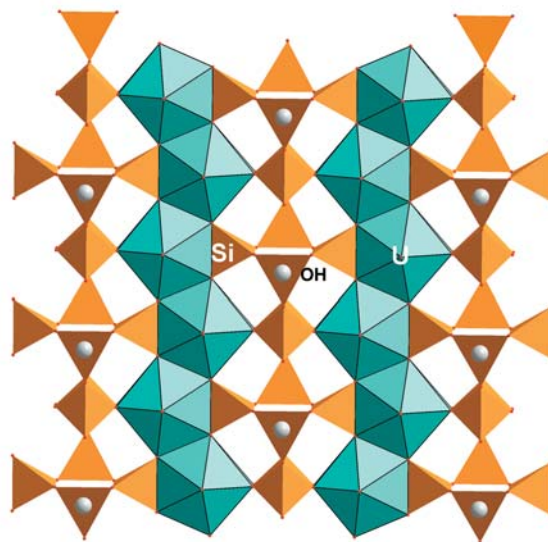
ную крепость и назвал ее **соддиитом** (при чем здесь английский физик Содди?). Пятигранные шатры объединили в ряды, которые поставили вдоль и поперек, прочно скрепив силикатными кирпичиками. Военачальники расположились в шатрах, но без привычных удобств: вода, конечно же, была, но ни жен, ни слуг, ни наложниц. Одни янычары с кремневыми ружьями засели в тетраэдрах.



соддиит

Вид со всех сторон ошетилившейся крепости с амбразурами устрасил врагов и обратил их в бегство. Правда, злые языки говорят другое: дескать, зачем противнику брать крепость, если в ней нет ни одной женщины.

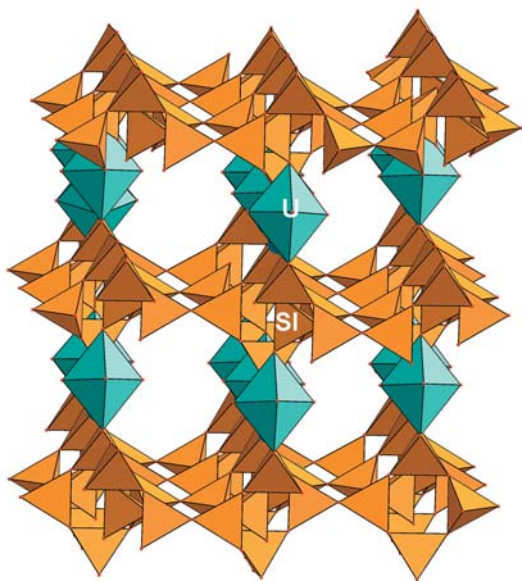
Так или иначе, хан решил усилить обороноспособность страны и приказал привезти из резервации Хейви, что в Калифорнии, казарму под названием **хейвиит**. Военачальники разместились, как всегда, в шатрах, а солдаты расквартировались по тетраэдрам, выстроенным бесконечными шеренгами в три ряда. На каждого начальника приходилось по два бассейна и полденщика кальция (вода-то бесплатная, а денщикам платить на-



хейвиит

до). Солдаты же довольствовались гидроксильными умывальниками (ОН-группами), подвешенными к тетраэдрам (да и то не ко всем). Но им, солдатам, все нипочем, они ведь не простые, а силикатные, и правильнее называть их силдатами.

Казарменный стиль прижился. И даже получил развитие. Чтобы усилить военную мощь, Хан повелел привезти из ближайшего карьера силикатные кирпичи и соединить трехрядные силдатские шеренги. Теперь никакой враг не сможет проникнуть сквозь толстую силдатскую стенку. Получился форменный **уиксит** (названный в честь американского минералога Уикса).



уиксит

Между тем в страну хлынули многочисленные туристы — полюбоваться крепостью и уникальным сооружением, которое в туристических справочниках именовалось как «хейвиитовая кремнекислородная лента». Ученые тоже заинтересовались хейвиитом и уикситом, где западным тетраэдрическим стиль соединился диковинным образом с восточным шатровым. Говорят, один уже защитил диссертацию на тему «Эклектика в архитектуре как проявление национального самосознания». А шатровый стиль уже и в Москве появился (правда, тут его называют «лужковским»).

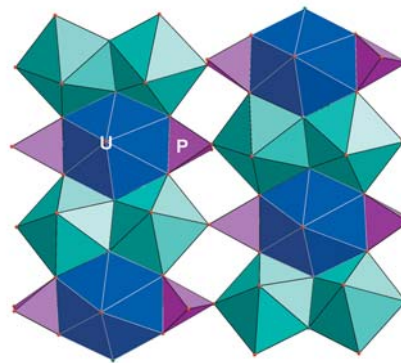
Так крепость соддиит и казармы хейвиит и уиксит стали главными достопримечательностями ханства. И вот уже не поймешь, кто кого охраняет: крепость государство или государство — крепость, да еще и под эгидой ЮНЕСКО...

Серия седьмая

Шестигранные шатры в стране Уранофании считались большой роскошью и использовались в редких случаях. Но для своих детей хан Уран ничего

не жалел. И хотя он никак не мог их сосчитать, всегда следил, чтобы вкусы каждого были учтены, а во дворце обязательно был бы шестигранный шатер. Вереницы шатров — шестигранные (для детей) и пятигранные (для их друзей) — объединялись в **фонтанит** и **руболтит** углеродными треугольниками, а в **мартозит** (названный в честь уже генерального директора Горного союза Верхней Катынги — Мартоза) и **джиллеминит** — селеновыми пирамидами. Каждый дворец обслуживался еще и гасителями заряда — кальциевыми, медными или бариевыми.

Старшей дочери хан подарил дворец из одного шестигранного (для нее самой) и двух пятигранных (для ее подруг) шатров, но заменил селеновые пирамиды фосфорными тетраэдрами. И осветился дворец зеленым светом, а в холодные ночи, говорят, сияет яркими желто-зелеными огнями (по-научному, люминесцирует). Этот дворец называли **фосфуранилитом**.



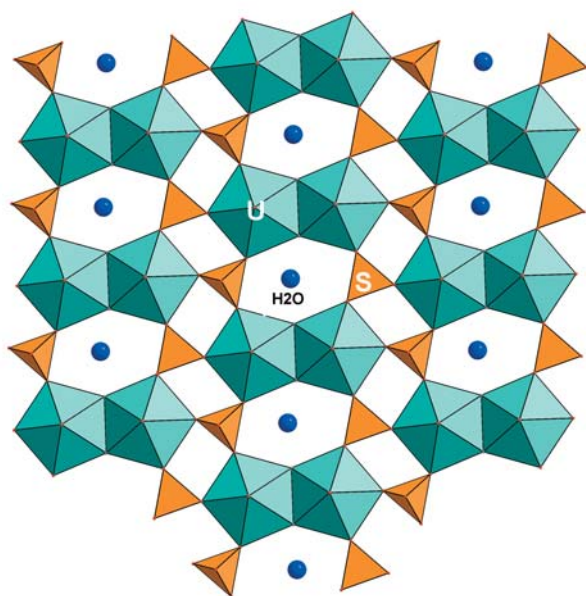
фосфуранилит

Другие дочери тоже захотели иллюминацию. Новые дворцы именовались, как правило, также в честь геологов (друзей отца). Чтобы они хоть как-то отличались друг от друга, пригласили разных гасителей заряда: Al в **упалит** и **фуралюмнит**, Al и Th в **альгунит**, Ca в **фуркалит** и **бергенит** (это не геолог, а место находки Берген-ан-Триб в Германии), Nd в **франкосит**, Pb в **девиндтит** и **дюмонтит** (названных в честь бельгийских геологов Девиндта и Дюмона) и даже U в **ванмеерсшеит**. И только одна взбалмошная дочь, чтобы досадить папаше, заменила фосфорный тетраэдр мышьяковым и назвала дворец **хюгелитом**, в честь какого-то «просто знакомого» Ф.Хюгеля.

Когда один из сыновей увлекся девушкой, хан был против их гражданского брака: «О времена! О нравы!» (свои же браки хан считал законными!). Но отговорить сына не сумел (не отрубать же ему голову!). Раздосадованный хан велел пристроить к шестигранному шатру еще один, а сдвоенные пятигранные — развернуть, чтобы разместить четырех охранников в углеродных треугольниках. В результате этих перестановок сооружение вызвало сенсацию своими уникальными колоннами

из двух шестигранных и двух пятигранных шатров, украшенных к тому же карбонатными треугольниками. (Шестигранные шатры, окруженные треугольниками, есть и в либигите, но там они изолированы.) Колонки объединялись трехвалентными Y, Du и другими редкоземельными катионами, заодно гасившими заряды. А сверху и снизу было множество бассейнов, в которых влюбленная пара готовилась к Олимпийским играм. Дворец назвали **бижвтитом** — с намеком на то, что он предназначен для двоих.

Любимая дочь хана — Урания — не одобряла яркую иллюминацию и заменила фосфорные светильники более изящными серными (любила принимать сероводородные ванны). А поскольку она никак не могла определиться, кому отдать предпочтение — Иоганну С.Баху или Иоганну Штраусу, дворец назвали просто **иоганнитом**. Но тут оказалось, что эрцгерцог Австрии тоже Иоганн (к тому же еще и Батист Йозеф Фабиан Себастьян), а ему отказать было просто неприлично. Однажды увидела романтическая Урания прекрасного принца Нептуния и сразу же в него влюбилась. Но хан не согласился отдать свою дочь за чужеземца. И тогда принц похитил ее.



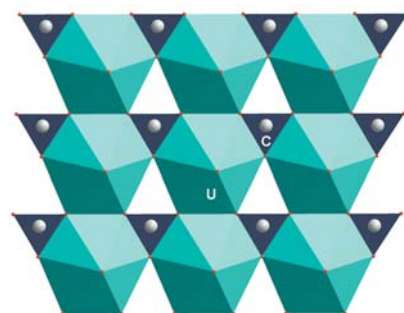
иоганнит

Опустел шестигранный шатер в иоганнитовом дворце. Только фонтан и остался, и даже с водой (не то что Бахчисарайский...). Пустой шатер убрали, чтобы не напоминал хану о семейном позоре, а дворец стал более воздушным и изящным.

Подросла младшая дочь. Она была благоразумна и не покинула шестигранный шатер. Только сероводородный запах оказался ей не по нраву. Зато

любила она лунный свет и велела заменить серные тетраэдры селеновыми, а вышколенную медную прислугу — более утонченной натриевой и изысканной оксониевой. Такой дворец назвали **ларисаитом**.

Но, когда появились внуки, счастливейший хан повелел построить для маленьких уранчиков дворцы из одних шестигранных шатров. Пятигранные пока не нужны — малыши друзьями еще не обзавелись, а кормилицы не спускали их с рук и в отдельных шатрах не нуждались. Конструкция **рутерфординского** дворца была проста и изящна. Шестигранные шатры в направлении с севера на юг соединялись ребрами, а с запада на восток — вершинами. И к каждому шатру прилагался один карбонатный прислужник в треугольном жилище.



рутерфордин

Другой дворец назвали, конечно же, в честь американского минералога **клиффордитом**. Изолированные (как в либигите) шатры выстраивались рядами и объединялись теллурами (как в шмиттерите), которые не помещались в своих треугольниках и вылезали наружу, а сверху прикрывались неподеленной электронной парой, как зонтиком, что производило на публику неизгладимое впечатление.

Вместо эпилога

Хан Уран богат, его 90 шатровых дворцов украшают землю. А еще 280 создали ученые в своих лабораториях. Синтетические дворцы оригинальны, и многие из них не уступают природным по красоте, но я не буду их описывать, потому что сказка минералогическая.

А что же прекрасная дочь хана Урания? Говорят, что она и принц Нептуний до сих пор живут счастливо. А для своих нептунчиков папаша построил дворцы не хуже урановых. Только все они безымянные, потому что в природе не встречаются... ■

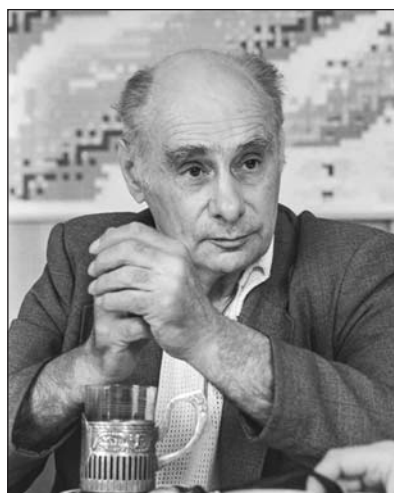
Физика Флерова = = трансурановые элементы + + тяжелые ионы

К 100-летию со дня рождения Г.Н.Флерова

В.А.Карнаухов,
доктор физико-математических наук
Объединенный институт ядерной физики
Дубна

С волнением пишу эти строки об ученом нобелевского уровня, «ядерном» физике, известном всему мировому сообществу. Георгий Николаевич Флеров (1913–1990) — один из пионеров физики тяжелых ионов. Он создатель уникальных циклотронов многозарядных ионов — мощного средства для синтеза новых трансурановых элементов, инициатор развития прикладной ядерной физики, глава научной школы, «отметившейся» не только первоклассными работами, но и целыми научными направлениями, которые живы и сейчас.

Георгий Николаевич родился в Ростове-на-Дону 2 марта 1913 г. в семье Николая Михайловича и Елизаветы Павловны Флеровых. Его родители познакомились на Печоре, куда были сосланы за участие в студенческих беспорядках в 1907 г. О жизни и научных достижениях Г.Н.Флерова можно подробно прочитать в книге воспоминаний [1]. Здесь напомним лишь, что его путь в науку оказался непростым. После окончания школы в 1929 г. он четыре года был рабочим, затем его рекомендовали для учебы в Ленинградский политехнический институт. Еще в студенческие годы Георгию Николаевичу посчастливилось попасть в лабораторию Игоря Васильевича Курчатова, где он совместно со Львом Ильичом Русиновым начал эксперименты по физике деления урана нейтронами. В воздухе носилась идея цепной реакции. Экспериментальная оценка среднего числа нейтронов на акт деления, которую они получили, давала надежду на успех в реализации этой идеи. Впоследствии, когда уже началась война, лейтенант Флеров настолько



Георгий Николаевич говорит о физике за чаем. Середина 70-х годов.

утвердился в осуществимости цепной ядерной реакции, что взял на себя смелость настойчиво «бомбить» верхние эшелоны советской власти убедительными письмами о возможности и необходимости создания ядерного оружия. Надо сказать, что он был не одинок в этом. Известно, что профессор Московского государственного университета Вадим Семенович Шпинель делал то же самое. Георгия Николаевича отозвали из армии, и в конце 1942 г. он присоединился к атомному проекту, который возглавлял тогда еще профессор И.В.Курчатов.

Однако вернемся в предвоенные годы. Делимость природных изотопов урана нейтронами

Флеров изучал совместно с Константином Антоновичем Петржаком, который по характеру был очень уравновешенным человеком, в отличие от импульсивного Георгия Николаевича. Для регистрации осколков деления молодые ученые использовали ионизационную камеру. В те времена импульсная электроника была весьма примитивна: для регистрации импульсов использовался так называемый самописец, который реагировал на появление сигнала в камере резким подскоком пера по закопченной бумаге на расстоянии, пропорциональное величине импульса. Это позволяло отличать осколки деления (большие импульсы) от многочисленных альфа-частиц. Но было очень важно, что два младших научных сотрудника изобрели многослойную ионизационную камеру, которая имела рекордную чувствительность, поскольку в нее удавалось поместить урановые слои площадью до 6000 см².

Всем известно, что важнейший момент в любом эксперименте — определение уровня фона.

Он есть всегда: пробои, «микрофонный» эффект, электрические «наводки» из-за включения чайника в соседней комнате — да мало ли что. Надо знать величину фона и стараться ее уменьшить. Изучаете деление урана нейтронами — уберите нейтронный источник подальше и узнаете, каков фон. Так они и поступили. В отсутствие нейтронного источника скорость счета камеры значительно уменьшилась, но не до нуля: оставалось около шести импульсов в час. Что это? Снова серия контрольных экспериментов. Боялись влияния той компоненты космических лучей, которая могла вызывать деление. Поэтому провели измерения в тоннеле Московского метрополитена на станции Динамо. Пришли к выводу, что наблюдается самопроизвольное деление. Вспомнили, что Нильс Бор делал оценку вероятности спонтанного деления урана и получил столь низкое значение, что этот вид радиоактивности вряд ли возможно было наблюдать. Период полураспада урана в случае спонтанного деления оказался почти в миллион раз короче, чем оценивал Бор. Выходит, что великий датчанин был не прав! Сейчас мы знаем, насколько трудно рассчитать период полураспада ядра по каналу спонтанного деления.

Итак, молодые ленинградские физики открыли новый вид радиоактивного распада (в дополнение к альфа- и бета-распадам). Одного этого было бы достаточно, чтобы войти в историю ядерной физики!

Война позади. Флеров продолжает эксперименты по физике деления тяжелых ядер, изучает делящую компоненту космических лучей. Кроме того, он активно интересуется приложениями ядерных методов в смежных областях науки и техники. Он инициирует разработку методов нейтронного каротажа нефтяных месторождений и руководит этими работами в Московском нефтяном институте в начале 50-х годов. Но фундаментальная физика по-прежнему остается его главным интересом.

1953 год. Отдел оптических приборов Лаборатории измерительных приборов АН СССР (ныне это Научно-исследовательский центр «Курчатовский институт»). Георгий Николаевич возглавляет сектор №7, главная задача которого — синтез новых трансурановых элементов. Конечно, при этом должна быть получена и оригинальная информация о «родном» спонтанном делении.

В 1954 г. автор данной статьи становится сотрудником этого знаменитого сектора. Помог счастливый случай. После окончания физфака Московского университета я был распределен в НИФИ-2 — университетский институт (ныне — Научно-исследовательский институт ядерной физики им.Д.В.Скобельцына МГУ), где делал дипломную работу. Это меня не очень обрадовало. Но — удача! Есть возможность «переиграть» это распределение: от друзей узнаю, что профессору Флерову нужны сотрудники.

И вот в феврале 1954 г. я попадаю на «смотрины» к Георгию Николаевичу. Встреча была у него дома на Песчаной улице, что в 100 метрах за алтарем храма Всех Святых на Соколе. Для меня Флеров был легендарным человеком, выдающимся ученым, лауреатом Сталинской премии, Героем Социалистического Труда. Я сел на черный кожаный диванчик в его кабинете с твердым намерением понравиться, но с некоторым трепетом. Рассказал о дипломной работе, в которой была сделана одна из первых установок для изучения угловых корреляций гамма-квантов с определением их поляризации. Неожиданный вопрос: «А зачем вообще такие измерения, что это дает?»... Я не поддал вида, что слегка растерялся, а, напротив, убежденно сказал, что это важно для проверки предсказаний оболочечной модели ядер. Уже потом, работая с Георгием Николаевичем, я много раз слышал, что надо «видеть лес за деревьями», т.е. четко формулировать физическую задачу, ради которой «вся эта суета». Это одна из «заповедей» флеровской школы, к которой мы еще вернемся.

Задачу свою я, по-видимому, выполнил и на следующий день был уже в кабинете Игоря Николаевича Головина — первого заместителя директора знаменитой Лаборатории измерительных приборов АН СССР (ЛИПАН) академика Курчатова. Игорь Николаевич был красивый, высокий мужчина с черными усами и громким басовитым голосом очень уверенного и властного человека. Георгий Николаевич убедительно рассказал ему, какой я подходящий для них сотрудник, поскольку уже имею опыт работы с фотоумножителями. «Так в чем же дело? Берите его себе в сектор!» — раскатисто сказал Игорь Николаевич. Георгий Николаевич пояснил, что, к сожалению, юноша уже зачислен приказом в Московский университет. Головин вызывает секретаршу и просит соединить его с товарищем В.А.Левшой (как я потом узнал, это был начальник управления по кадрам Министерства среднего машиностроения): «Владимир Алексеевич, вот тут у меня сидит молодой человек (фамилия), очень нужен товарищу Флерову для его работ... есть приказ о направлении молодого человека в МГУ... Пожалуйста, распорядитесь, чтобы приказ отменили». Таким образом, я получил дополнительный месяц отпуска, пока осуществлялись формальности моего перевода из МГУ в ЛИПАН.

ЛИПАН был создан в 1943 г. как «мозговой центр» советского атомного проекта. На промышленном уровне этот проект осуществлялся на так называемых базах, разбросанных по всей стране к востоку от Москвы. Название организации должно было, по замыслу, ввести в заблуждение шпионов, хотя любой мальчишка в Покровском-Стрешневе мог бы сказать вам, что располагается за высоким бетонным забором, окружавшем территорию размером не менее одного квадратного километра.

С первого марта 1954 г. я — старший лаборант с высшим образованием сектора №7, начальни-



Сектор №7 совместно с прикомандированными сотрудниками. Институт атомной энергии АН СССР. 1959 г. Георгий Николаевич стоит десятым справа. Слева рядом с ним — С.М.Поликанов.

ком которого был Флеров. Сектор входил в отдел оптических приборов, который к оптике не имел никакого отношения. Отдел занимался ядерной физикой.

Физики из сектора №7 были молоды. Научная программа была нацелена на синтез новых трансурановых элементов с помощью многозарядных ионов. Другие методы получения новых элементов уже исчерпали себя. Правой рукой у Георгия Николаевича был талантливый двадцатисемилетний физик Сергей Михайлович Поликанов (впоследствии — член-корреспондент Академии наук СССР). На регулярных обсуждениях в небольшом флеровском кабинете хозяин часто прерывал себя словами: «Что вы думаете об этом, Сережа?». Сережа слегка сиплым голосом говорил, что он об этом думает.

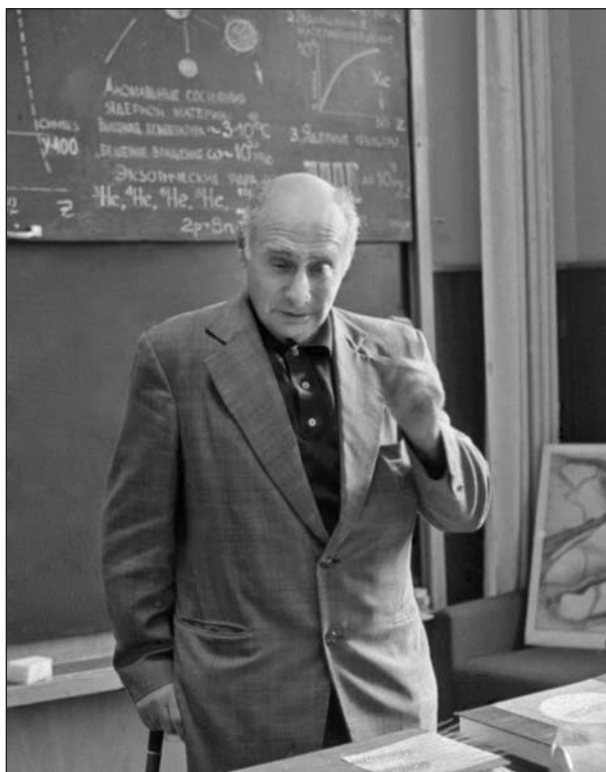
Эти обсуждения чаще всего были рабочими совещаниями, иногда семинарами, но всегда местом коллективной мыслительной работы. «Вот как делается настоящая наука!» — мое первое впечатление от этих сборов. Так, при обсуждении теоретической статьи К.А.Тер-Мартirosяна Георгий Николаевич высказал мысль, что тяжелые ионы — наиболее эффективный способ для изучения кулоновского возбуждения ядер, которое позволяет определить форму ядра. Эту идею по его предложению реализовали на циклотроне Ленинградского физико-технического института Д.Г.Алхазов, И.Х.Лемберг и Ю.П.Гангрский; работа вскоре была отмечена Государственной премией.

Георгий Николаевич — один из создателей физики тяжелых ионов (вначале они назывались многозарядными ионами). Эксперименты в этой области сектор Флерова начал осенью 1954 г. на полу-

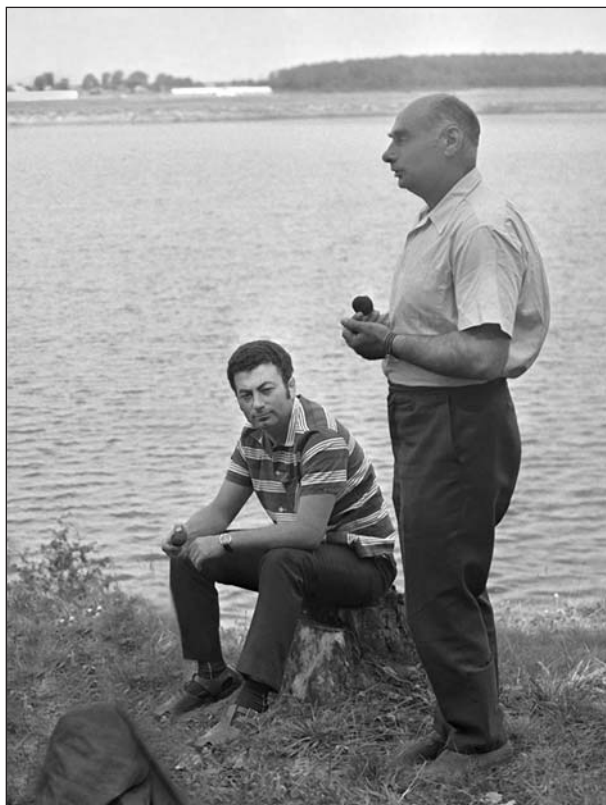
тораметровом циклотроне ЛИПАНа. По предсказанию Оге Бора, сына Нильса Бора и впоследствии тоже нобелевского лауреата, физике тяжелых ионов суждено было стать главным предметом ядерной науки во второй половине 20-го столетия. В нашем распоряжении еще не было специального ускорителя ядер. В первых опытах применили «трюк» Д.Фремлина из Университета Бирмингема (Великобритания), заключающийся в том, что многозарядные ионы получались «обдиркой» низкозарядных ионов на остаточном газе в ускорительной камере. Но энергетический спектр ионов оказался очень широким, и хорошие количественные исследования с таким пучком были невозможны. Георгий Николаевич воспользовался тем обстоятельством, что у института был широкий профиль, и стимулировал создание уникального источника многозарядных ионов Б.Н.Маковым в отделе академика Л.А.Арцимовича. В результате впервые в мире был получен циклотронный пучок тяжелых ионов с фиксированной энергией.

Круглосуточные эксперименты по синтезу 102-го элемента прерывались только из-за чрезвычайных обстоятельств, нарушение трудового законодательства с лихвой компенсировалось энтузиазмом участников. Нередко после ночной смены тебе говорили: «Ну, идите домой, поспите, а после обеда приезжайте обсуждать». Георгий Николаевич полностью нам доверял, однако каждую ночь звонил с вопросом: «Ну, как дела?». Если не случалось привычного ночного звонка, это было настоящее ЧП: не заболел ли?

Масштаб этих работ дает почувствовать фотография, сделанная в 1959 г. на территории инсти-



Обсуждение результатов эксперимента в кабинете Георгия Николаевича. Середина 80-х годов.



Минуты отдыха: с Ю.Ц.Оганесяном на Волге.

тута. Сотрудники сектора №7 перемешались здесь с многочисленными коллегами из других институтов, которые принимали участие в поисковых работах по новым «трансуранам».

Несмотря на увлеченность задачей новых элементов, Георгий Николаевич понимал, что исследование особенностей ядерных реакций на пучках тяжелых ионов, использование их для получения экзотических ядер означало проведение пионерских работ, которые обещали дать качественно новую научную информацию. Георгий Николаевич стимулировал дискуссии и работы «по физике». Обсуждения по «физике» проводились и в его кабинете, и в комнате напротив. Активным участником этих обсуждений был Вилен Митрофанович Струтинский — впоследствии автор известной ядерной модели. Вопросом номер один была судьба высокого углового момента возбужденных ядер, образующихся в соударениях тяжелых ионов, — бешено вращающихся ядер, неизвестных до тех пор науке. Струтинский убедительно показал, что испаряющиеся из возбужденного ядра нейтроны не могут унести всю энергию вращения. Так возникла идея «нейтронных изомеров», распадающихся с «фейерверком» гамма-квантов. Эта идея была вскоре подтверждена в наших «факультативных работах по физике» путем определения множественности гамма-квантов и вида функций возбуждения для реакций с вылетом нейтронов.

Были проведены первые эксперименты по физике деления под действием тяжелых ионов, по реакциям передачи нуклонов, ну и, конечно, эксперименты с фотоэмульсиями, которые давали наглядную картину взаимодействия. Мы были довольны, Георгий Николаевич — не всегда. В минуты особого раздражения нашими «огрехами» он, понизив голос, обзывал нас «детским садом». Когда Георгий Николаевич отмечал 60-летний юбилей, группа «ветеранов многозарядных ионов» подарила ему большое панно с изображением красивой грузинки. На обратной стороне было написано поздравление «от детского сада №7». Вот его списочный состав (по алфавиту): В.В.Волков, В.А.Друин, К.А.Гаврилов, В.А.Карнаухов, Ю.Ц.Оганесян, Д.М.Парфанович, А.С.Пасюк, С.М.Поликанов и Н.И.Тарантин. В качестве «приходящей нянечки» из Ленинграда был приглашен Аршавир Саркисович Карамян, который «вкалывал» вместе со всеми и отличался от молодых коллег только тем, что не гонял шайбу в обеденный перерыв. Аршавир Саркисович написал первую докторскую диссертацию по физике тяжелых ионов, которую ему, к сожалению, не довелось защитить.

Синтез новых трансурановых элементов был основной задачей сектора Флерова. Эта работа нашла успешное продолжение, когда в 1957 г. Героргий Николаевич организовал в Дубне и возглавил Лабораторию ядерных реакций (ныне она но-

сит имя Г.Н.Флерова). Созданные здесь мощные изохронные циклотроны и изощренные экспериментальные методики обеспечили существенный прогресс в этой области (физическими методами занимается Ю.Ц.Оганесян с сотрудниками, химическими — И.И.Звара и С.Н.Дмитриев с сотрудниками; работы лаборатории не раз освещались в «Природе», последние публикации — [2—4]). Полное число открытых в Дубне трансформированных изотопов ($Z > 100$) составляет около пятидесяти. К моменту написания данной статьи самым тяжелым синтезированным ядром (пока безымянного элемента) является изотоп с зарядом 118 и массовым числом 294. Международное признание этих работ выразилось в том, что элемент с атомным номером 105 назван дубнием (символ Db), а 114-й элемент — флеровием (символ Fl) [4].

В советское время существовал Государственный реестр открытий и изобретений. В нем зарегистрированы девять открытий, сделанных Флеровым и его учениками:

- «Спонтанное деление урана» (диплом №33);
- «Явление образования изотопа 102-го элемента» (диплом №34);
- «Протонный распад радиоактивных ядер» (диплом №35);
- «Спонтанное деление атомных ядер из возбужденного состояния» (диплом №52);
- «Элемент 105-й Периодической системы Д.И.Менделеева» (диплом №114);
- «Явление образования изотопа 103-го элемента Периодической системы Д.И.Менделеева» (диплом №132);
- «Явление запаздывающего деления атомных ядер» (диплом №160);
- «Явление образования радиоактивного изотопа элемента с атомным номером 106» (диплом №194);
- «Явление глубоко-неупругой передачи нуклонов в ядерных реакциях» (диплом №224).

- *Ценность работника надо определять методом вычета. Если без этого работника дело замирает, значит — он полезный.*
- *Если я скажу «да», ты перестанешь меня уважать. Если скажу «нет», ты не будешь меня любить. Поэтому — «не исключено».*
- *Объяснять важному начальству научную проблему нужно не так, как правильно, а так, как ему будет понятно. Это ложь во благо.*
- *Это не статистика, а садистика.*
- *Напишите начальству письмо, возвышенное... до глупости.*
- *Теоретики захватили журналы и... на птичьем языке излагают тривиальные вещи.*
- *В молодости меня называли упрямым, а сейчас — настойчивым.*
- *Вы должны писать и говорить так, чтобы даже академикам было понятно.*

Литература

1. Георгий Флеров — ученый, творец, первопроходец. Книга воспоминаний / Под ред. Ю.Ц.Оганесяна и С.Н.Дмитриева. М., 2008.
2. Щеголев В.А. Ритмы материи и Периодический закон Менделеева // Природа. 2009. №1. С.32—43.
3. Ленионжеквич Ю.Э. Экзотические ядра // Природа. 2010. №11. С.3—13.
4. Щеголев В.А. Новые имена на карте элементов // Природа. 2012. №8. С.3—9.



С супругой Анной Викторовной во время визита в Краков. Середина 80-х годов.

В Дубне на улице Флерова установлен скромный бюст академика, Героя Социалистического Труда, лауреата четырех Государственных премий. Но истинным памятником Георгию Николаевичу служит Лаборатория ядерных реакций — мировой центр физики тяжелых ионов, где сейчас работает более 350 человек. На стене коридора второго этажа размещена коллекция «постулатов» школы Флерова, которые состоят из афористических высказываний Георгия Николаевича по научным и околонуучным темам. Закончим статью некоторыми примерами из этой коллекции.

Карл Клаус: он предавался любви к химии и ботанике

С.В.Саксонов,
доктор биологических наук,
С.А.Сенатор,
кандидат биологических наук
Институт экологии Волжского бассейна РАН
г.Тольятти

Имя выдающегося естествоиспытателя Карла Карловича (Карла-Эрнста) Клауса (1796—1864) хорошо известно многим химикам и ботаникам. Оно упоминается в биографических справочниках среди имен великих химиков мира, в энциклопедиях, ему посвящены книги и статьи. Правда, о Клаусе-химике написано гораздо больше [1], чем о Клаусе-ботанике. Мы, будучи биологами, попытались до некоторой степени восстановить справедливость, но все же не обошли стороной и «химическое лицо» Карла Карловича. С этим удивительным оригиналом и добрейшим, симпатичнейшим и честнейшим человеком, как отозвался Н.П.Вагнер* о Клаусе на его похоронах, мы и хотим познакомить читателей «Природы».

Фармацевт и химик

Жизнь не баловала Клауса, не была безмятежной и легкой. Он родился в Дерпте (теперь Тарту, Эстония) в семье прибалтийских немцев, глава которой был художником. Мальчик рано остался сиротой: на четвертом году лишился отца, а в шесть — матери. В 1810 г. 14-летнего Карла, не окончившего гимназию, родственники отправляют в Петербург, где он становится учеником аптекаря. Карл самостоятельно изучает фармацию, химию и ботанику и в 1816 г. сдает экзамен при Дерптском университете на звание провизора**. В следующем году Петербургская медико-хирургическая академия удостоивает Клауса звания аптекаря. Так он оказывается самым молодым сда-

вшим экзамен аптекарем России и отправляется в Саратов, где работает провизором. Однако через пять лет с семьей переезжает в Казань и открывает там собственную аптеку, которая получила широкую известность в городе. Наконец, в 32 года Клаус, в семье которого было уже трое детей, начинает учиться в университете. В летнее время «ботанизирует» вокруг Казани, а в 1829 г. отправляется в Урало-Поволжские степи. В экспедицию его в качестве ботаника пригласил профессор Казанского университета Э.А.Эверсманн (1794—1860). Этот выдающийся натуралист, зоолог, ботаник и врач получил в лице Клауса не только опытного и наблюдательного исследователя, но и верного спутника.

Годом раньше Клауса привлек в поездку по Уралу А.Я.Купфер (1799—1865) — академик, физик, минералог, метеоролог. Они осмотрели многие металлургические заводы, золотые и платиновые прииски. Клаус рисовал пейзажи, и его литографированные иллюстрации были помещены в книге, написанной Купфером об этом путешествии.

В январе 1830 г. Карл Карлович оставляет фармацию. Он продает аптеку, уходит в Казанский университет и становится лаборантом химического кабинета. Через несколько месяцев Клауса послали в Саратов, где разразилась холера и где он «был употреблен по частным домам для подания страждущим помощи». С честью выполнив гражданский долг, Клаус целый год управлял в Саратове аптекой за неимением другого провизора. Затем отправился в родной Дерпт, чтобы изучать химию в университете, где в то время эта наука была лучше поставлена, чем в Казанском, и начал работать в химическом кабинете ассистентом.

Летом 1834 г. профессор химии Дерптского университета К.Ф.Гёбель (1794—1851) пригласил

* Николай Петрович Вагнер (1829—1907), зоолог, открывший педогенез («Самопроизвольное размножение гусениц», 1862) и основавший Биологическую станцию Соловецкой обители, автор классического труда «Беспозвоночные Белого моря» (1885), а также «Сказок Кота Мурлыки», с 1872 г. по 1913-й выдержавших девять изданий, и других литературных произведений. С юности дружил с А.М.Бутлеровым, под влиянием которого стал литератором и увлекся спиритизмом. — *Примеч. ред.*

** В то время в России существовали три фармацевтические ученые степени: аптекарский помощник, провизор и аптекарь (позже — магистр фармации). Провизором мог стать аптекарский помощник, проработавший не меньше трех лет, прослушавший университетский фармацевтический курс и сдавший экзамен. — *Примеч. ред.*

Клауса в экспедицию по Заволжью. Итогом стала книга «Путешествие в степях Южной России, предпринятое Ф.Гёбелем в сопровождении К.Клауса и А.Бергмана» (1837—1838)*. В нее вошел раздел объемом в 105 страниц — первое ботаническое сочинение Клауса, в котором им описаны 1011 видов Заволжской флоры. Долгое время то был единственный источник по флоре этих обширных российских территорий.

Окончив в 1835 г. университет, Клаус становится одним из первых отечественных кандидатов наук**. Степень магистра он получил в 1837 г., защитив диссертацию «Основы аналитической фитохимии» («Grundzüge der analytischen Phytocbemie»; Дерпт, 1837), после чего был назначен адъюнктом фармации в Казанском университете. Там бывший аптекарь заведовал химической лабораторией, читал лекции по химии. По-русски Клаус говорил с изрядным акцентом, а в возбуждении и вовсе переходил на немецкий, но лекции читал превосходно. С 1840 г. он упорно трудился над анализом уральских платиновых руд, ботанику при этом не оставлял, к тому же занимался еще и другими делами. Например, летом 1838 г. Клаус исследовал сергиевские минеральные воды и по результатам работ защитил докторскую диссертацию «Химическое разложение сергиевских минеральных вод» (опубликована в «Ученых записках Казанского университета», 1839). Карл Карлович был не только ученым, но и талантливым живописцем, увлекался нумизматикой, с неистовым азартом играл в карты, собирал монеты и медали. Интересовался очень многим, например, в экспедиции Гёбеля проявил себя как любитель энтомологии.

Скрупулезная работа над платиновыми рудами в 1844 г. привела к открытию нового металла пла-



Карл Карлович Клаус.
11(22).01.1796 — 12(24).03.1864.

тиновой группы — рутения (название дано, как писал Клаус, по имени «моего Отечества»: на позднелатинском *Ruthenia* — Россия). Статья «Химическое исследование остатков уральской платиновой руды и металла рутения» была в тот же год опубликована в «Ученых записках Казанского университета», а в следующем году вышла отдельной книгой с посвящением создателю неевклидовой геометрии Н.И.Лобачевскому, бывшему тогда ректором. В 1845 г. за это открытие Клаусу была присуждена Демидовская премия, а вскоре к нему пришла и всемирная известность. Он был первым русским химиком, который достиг этого без совершенствования за рубежом, и единственным, кто открыл новый элемент в России. К 100-летию

юбилею открытия рутения академик А.Е.Арбузов писал так: «Чтобы открыть во времена Клауса новый элемент платиновой группы — рутений, надо было обладать чрезвычайной наблюдательностью, пронизательностью, трудолюбием, настойчивостью и тонким экспериментальным искусством. Всеми этими качествами в высокой мере обладал Клаус, один из первых блестящих представителей химической науки тогда еще молодого Казанского университета» [2].

Платиновыми металлами Карл Карлович занимался почти до конца жизни, и именно он впервые обратил внимание на сходство между триадами рутений—родий—палладий и осмий—иридий—платина. Во времена Клауса еще не был сформулирован периодический закон, а сам Д.И.Менделеев, излагая сущность закона, отметил вклад Клауса.

На этой высшей точке ученого — научном открытии — мы и остановимся, представляя Клауса-химика. Однако не удержимся, чтобы не привести слова упомянутого уже Вагнера (кстати, никогда не работавшего у Клауса): «...он имел странную, удивительную привычку пробовать все растворы металлов на вкус. Мы всегда удивлялись, как он не сжигает себе язык сильными кислотами и не отвращает себя» [3].

Действительно, вкус вещества Клаус считал одной из важных его характеристик. Он пробовал даже тетраоксид осмия (OsO_4 , называемый тогда осмиевой кислотой) и нашел, что вкус его «острый, перцеподобный». От действия вредных испарений осмиевой кислоты нельзя было защитить себя, она, сообщал Клаус, «принадлежит к самым вредным веществам... Я много терпел от нее...» [4]. А однажды он отравился парами этого соедине-

* Здесь приведен перевод названия книги, изданной на немецком (Reise in die Steppen des südlichen Russlands, unternommen von Dr. Fr.Göbel in Begleitung der Herren Dr. C.Claus und A.Bergman). Вообще многие работы опубликованы Клаусом на этом языке. — *Примеч. ред.*

** В России закон об ученых степенях издан в 1819 г. Их было четыре: действительный студент, кандидат, магистр и доктор. Первая присваивалась всем окончившим университет, вторая — выпускникам, представившим научное сочинение. Степень магистра получали те, кто сдали магистерский экзамен и публично защитили диссертацию. Доктором наук становился магистр, выдержавший экзамены в присутствии декана и всех членов факультета и защитивший публично диссертацию. — *Примеч. ред.*

ния и две недели не ставил эксперименты. В 1860 г. Клаус писал, что у основного аммиака рутения вкус еще более едкий, чем у едкого калия; проба вызвала сильное раздражение языка и образование пузырей в полости рта. Клаус постоянно испытывал вещества и на запах. Конечно, все это могло казаться чудачеством — одним из приписываемых ему.

Любитель ботанической науки

Где бы ни жил Клаус, он всегда находил время для изучения растений: «...я, также будучи любителем этой науки, в свободное для меня летнее время собирал растения в окрестностях Казани. Что служило мне отдохновением от химических работ» [5. С.33]. У Клауса было великолепное и богатое собрание высушенных растений — гербарий, который он собирал долгие годы. Судьба этой коллекции нам, к сожалению, неизвестна. Часть собранных им материалов хранится в старейшем травохранилище страны — Гербарии Ботанического института РАН им.В.Л.Комарова (Санкт-Петербург).

Ботаника была особой страстью Клауса. Об этом писал и создатель теории химического строения органических веществ А.М.Бутлеров*, хорошо знавший и ценивший Карла Карловича. «Не могу вспомнить иначе, как с глубокою благодарностью, и об этом старом наставнике своем. Ему было тогда около 50-ти лет, но он с истинным юношеским жаром предавался своей двойной любви к химии и ботанике. По временам он принимался за свой гербарий и сидел за ним почти безотрывно целые дни в течение нескольких недель. А когда плодом этого сиденья являлась капитальная статья по ботанической географии приволжских стран, то К.К. с таким же рвением переходил к химическим работам, и ему случалось просиживать в лаборатории безвыходно даже летние долгие дни, с утра, не обедая до вечера и закусив калачом в ожидании позднего обеда. Увлекался наукой до такой степени, К.К., понятно, не мог отнестись к ищущей знаний молодежи иначе, как с самым теплым вниманием. Самая типическая наружность К.К. представляла много симпатичного. Он был среднего роста, худощавый, с длинными седыми волосами на затылке, с лысой вершиной головы, всегда закинутой немного назад; цвет его лица был замечательно

свеж, яркий румянец не сходил у него со щек; его добрые серо-голубые глаза приветливо смотрели поверх золотых очков, спущенных на конец носа, который Клаус имел привычку как-то характерно морщить на переносье, когда всматривался, например, в кого-нибудь вошедшего. По живости движений он казался совсем молодым человеком, и эта живость, соединенная с громадной рассеянностью, не раз подавала повод к различным приключениям, в которых личность профессора рисовалась всегда в свете более или менее симпатичном» [6].

Венцом ботанических исследований Клауса стала книга «Флоры местные Приволжских стран», которую он открывает так: «Приволжские страны заслужили внимание многих знаменитых путешественников. Бессмертный Паллас открыл здесь сокровища для ботаники» [5. С.1]. В книге приводится 1950 видов растений для окрестностей Сергиевска, Казани, Сарепты и для Каспийской степи. В этом капитальном исследовании содержится ряд важных ботанических приоритетов: описаны физиономичность растительности и новые виды растений, применены сравнительные методы во флористике. Как убедительно показала геоботаник Г.И.Дохман, Клаус был исследователем, описавшим фенологические смены растительности [7] раньше А.Кернера. Считалось, что он первым это сделал, однако его работа «Das Pflanzenleben der Donauländer» вышла в 1863 г., т.е. на 12 лет позже труда Клауса.

В своем сочинении Клаус почти поэтическим языком описывает аспекты степной растительности [5. С.13, 14]: «К отличительным чертам степной флоры вообще и Сергиевской в особенности принадлежит разительное влияние времен года на наружный вид. Здесь более, нежели в северных странах, заметно, что почва с каждою неделей облекается новою одеждою; здесь в известное время года господствуют особенные породы (виды. — Авт.), которые в полном своем развитии преимущественно поражают взор и своим распространением, и значительным числом особей. Хотя злаки, как и везде, остаются в продолжение всей вегетации, но закрытые однако ж другими высокими растениями, не бывают видны для наблюдателя при первом его взгляде. В начале весны степь одевается в густую зелень и красуется лилейными цветами: *Tulipa biebersteiniana*, *Gagea lutea*, *Fritillaria ruthenica*, *F.minor*, *Iris aequiloba*, даже встречаются *Adonis vernalis*, *Pulsatilla patens*, *Corydalis balleri*, *Orobis vernus*. В половине мая эти скоро исчезающие лилейные растения пропадают до последних следов: их место заступают другие собственно луковичные, крестоцветные и губоцветные: *Alyssum minimum*, *A.altaicum*, *Salvia sylvestris*, *Dracoccephalum ruyschiana*, *Allium decipiens*, наконец, еще другие породы — поколение менее скоро преходящее. В начале июня убранством страны служат бобовые растения, по-

* Александр Михайлович Бутлеров (1828—1886) в первые годы учебы в Казанском университете увлекался ботаникой и зоологией, но особенно много занимался химией, а лабораторную практику начал под руководством Клауса. Однако кандидатскую диссертацию по окончании университетского курса будущий великий химик защитил не по химии. Его диссертационная работа называлась «Дневные бабочки Волго-Уральской фауны» (опубликована в «Ученых записках Казанского университета», 1848). — *Примеч. ред.*

всюду распространенные вместе с гвоздичными, губоцветными и огуречниковыми. Между тем густой зеленый покров на степи становится малопомалу бледнее. В первых днях июля зацветают зонтичные растения: *Libanotis montana* и *Pedicularis alsaticum*, заметные всегда большим числом особей. В то же время цветет *Spiraea filipendula* в таком множестве, что целые поляны бывают как бы ковром покрыты белыми душистыми ее метелками. В половине июля достигают полного своего развития растения — большая часть сложноцветных и чертополоховых растений, преимущественно: *Centaurea scabiosa*, *C. ruthenica*, *Serratula radiata**. Господство этих растений бывает уже знаком наступающей осени, так что все другие семейства с их поникающими цветочными головками предсказывают близкую всем кончину. Теперь степь принимает бледно-желтый оттенок».

Мы упоминали, что Клаус первым описал фенологические смены растительности. В.М.Шмидт и Н.Г.Ильминских доказывают [8], что он еще и на три-четыре года опередил швейцарского ботаника А.Декандоля (1806—1893), считавшегося основоположником количественных методов в сравнительной флористике. Клаус использовал количественные методы для сравнения флор каспийской степи, Сарепты, казанской и сергиевской, в значительной мере изученных им самим, а также флоры Остзейских провинций (Прибалтики), исследованной Э.Э.Линдеманном.

Если руководствоваться классификацией Шмидта [9], то из четырех групп количественных показателей — флористического богатства, систематического разнообразия, коэффициентов сходства систематических структур, коэффициентов сходства флор (флористических списков) — Клаус практически использует в своей работе приемы первых трех групп. Это беспрецедентно для тогдашнего уровня развития ботанической науки. По нескольким фразам из труда Клауса можно проследить закономерности сложения сергиевской флоры: «постоянное уменьшение числа однодольных по мере того, как характер растительности приближается к степному» [5. С.57]; «число видов в иных семействах уменьшается постепенно, начиная с Остзейских губерний в переход к Каспийской степи», в то время как «для других же семейств, наоборот, находим са-

мое большое число видов в степи» [5. С.59]; «число губоцветных и гвоздичных увеличивается вблизи Средней Волги, уменьшается к степи. Распространение злаков идет обратным путем» [5. С.59].

Клаусу был присущ критический взгляд. Опираясь на литературные источники, он не просто их цитирует, а добавляет ранее неизвестные виды к спискам, составленным И.Э.Вирзеном по Казани; указывает на неточности в наименовании растений; ставит под сомнение ряд найденных ранее видов. Полученные материалы Клаус сравнивает с данными К.А.Мейера и К.Ф.Ледебура по кавказской и алтайской флоре, с результатами Г.Шюблера по флоре Вюртенбургского королевства — одной из горных стран Западной Европы. Это позволило Клаусу создать монументальную флористическую работу, описать новые для науки виды.

Среди таких видов пупавка Корнух-Троцкого (*Anthemis trotzkiana*), клоповник Мейера (*Lepidium meyeri*), ушанка Гельманна (*Otites hellmannii*), лапчатка Эверсмanna (*Potentilla ewersmanniana*), ныне занесенные в Красную книгу России [10]. Да еще колосняк Пабо (*Leymus paboanus*), кермек Бунге (*Limonium bungei*), цингерия Биберштейна (*Zingheria biebersteiniana*), полевичка пахучая (*Eragrostis suaveolens*) и ряд других.

Давая названия вновь открытым видам растений, Клаус, видимо, следовал тем ботаникам, в том числе Линнею, которые давали имена в честь известных людей. Так, цингерию Карл Карлович посвятил памяти выдающегося ботаника Федора Кондратьевича Биберштейна (1768—1826). Другие же виды назвал в честь современников: Эдуарда Александровича Эверсмanna, с которым путешествовал по Урало-Поволжским степям; Карла Антоновича Мейера (1795—1855) и Александра Андреевича Бунге (1803—1890), с которыми постоянно консультировался и переписывался; Петра Яковлевича Корнух-Троцкого (1803—1877), профессора и заведующего кафедрой ботаники Казанского университета. А один вид Клаус назвал именем Г.Пабо — сергиевского аптекаря и собирателя завожской флоры, с которым состоял в переписке.

Еще одна черта Клауса — умение заглянуть вперед. Он обозначил проблемы сохранения живой природы, особенно обострившиеся в наше время: «Творческая и вместе губительная рука человека не успела здесь истребить еще всех первобытных произведений, так что край до сих пор сохраняет степной характер в своей растительности» [5. С.9]. И далее: «...теперь дух промышленности завладел окрестностями Сергиевска, и красивые бобовники, служа кормом скоту, превращаются в сало для казанских свечных заводов» [5. С.12].

Клаус изучал сергиевскую флору тщательно: «...я посещал Сергиевск уже четыре раза, где собирал растения во все продолжение летних месяцев, а в последнее время получал отсюда ежегодно растения через весьма ревностного любителя ботаники Г.Пабо, тамошнего аптекаря» [5. С.3].

* Приводим русские названия растений, перечисленных Клаусом во всем абзаце (в порядке их цитирования и в соответствии с современной номенклатурой): тюльпан Биберштейна, гусиный лук желтый, рябчик русский, рябчик шахматовидный, ирис низкий, адонис весенний, сон-трава (или прострел раскрытый), хохлатка Галлера (или плотная), сочевичник весенний; бурачок пустынный, бурачок ленский, шалфей сухостепной, змееголовник Рюйша, лук тюльпанолистный, жабрица порезниковая, златогоричник эльзасский, лабазник обыкновенный, василек скабиозовый, василек русский, серпуха лучистая.



Колосняк Пабо. Видовое название дано в честь сергиевского аптекаря и собирателя заволжской флоры.

Здесь и далее фото авторов

«Особенный характер сергиевской флоры»

160 лет назад Клаус сетовал на уничтожение бобовников в окрестностях Сергиевска. Сохранилась ли теперь сергиевская флора, так подробно им описанная? Нам удалось познакомиться с ней летом 2011 г. Лаборатория проблем фиторазнообразия нашего института провела экспедицию-конференцию* по изучению растительного мира Среднего Поволжья, посвященную 215-летию со дня рождения Клауса. Сергиевск и его окрестности — примечательное место не только в Самарской обл., но и во всем Среднем Поволжье. Это село основано в 1703 г. в 126 км к северо-востоку от Самары. Окрестности Сергиевска представляют собой приподнятую широковолнистую равнину, пересеченную реками Сок, Шунгут и Сургут.

Благодаря наличию серных источников здесь истари развивался серный промысел. Россия,

ведшая в то время изнурительные войны, нуждалась в порохе, для производства которого требовалась сера. Вот почему Петр I в 1703 г. издал указ о постройке крепости в этих местах. Она должна была защищать восточные рубежи государства от набегов степных кочевников-ногайцев и калмыков, а также серные заводы. Свое название — Сергиевская крепость — она получила в честь Сергия Радонежского, почитаемого как «духовный заступник земли Русской». Характерная особенность территории — наличие останцов (обособленных возвышенностей). Наиболее известный из них — Серноводский шихан, расположенный у слияния рек Шунгут и Сургут, примерно в 5 км к югу от Серноводска. Эта гора в форме каравая возвышается на 250 м и хорошо видна на большом расстоянии.

Серноводский шихан сложен мергелями, глауконитовыми песчаниками и плотными глинами татарского яруса пермской системы. Он сформирован водами позднеогенового Акчагыльского моря, а затем — рекой. Такой примечательный объект не обделен вниманием исследователей. До Клауса эту местность посетили великие естествоиспытатели и путешественники XVIII в. П.С.Паллас (1741—1811) и И.И.Лепехин (1740—1802), а после Клауса — выдающийся ботаник академик С.И.Коржинский (1861—1900) и знаток флоры Среднего Поволжья И.И.Спрыгин (1873—1942).

Сергиевская флора занимает обширную территорию в центре бассейна р.Сок, составляя часть лесостепной провинции Высокого Заволжья. Здесь залегают породы пермского возраста: на склонах обнажаются красноцветные песчано-глинистые отложения с прослоями пестрых мергелей, серых известняков и доломитов татарского яруса. Долины рек обрамлены крутыми склонами древнего плато, которые выглядят как обособленные вершины, именуемые местными жителями «горами», или шиханами. Из-за континентальности климата древесная растительность сохранилась лишь по берегам водотоков и по балкам, на склонах шиханов и на плакорах.

На двух природных объектах, которые попали в поле зрения Клауса, мы и познакомим читателя с сергиевской флорой. Одно из них — оз.Молочка, что в двух километрах юго-восточнее с.Новая Боголюбовка, с 1989 г. объявленное памятником природы областного значения. Озеро (точнее запруда) создано на р.Черной, впадающей в Сургут — приток Сока. В этом месте на дневную поверхность выходят многочисленные серные источники. Именно примесь серы придает воде цвет молока, что и обусловило название водоема. Наиболее раннее упоминание о нем (1786) содержится в записках академика И.И.Лепехина: «В оное озеро впадает небольшая речка с северной стороны, глубиною аршина на два, а шириною сажени на две. Вода в ней холодная и прозрачная; а при самом устье, которым она впадает в озеро, белеть

* Такие мероприятия проводятся у нас ежегодно и посвящаются важнейшим датам в развитии отечественной ботаники. Так, экспедиция-конференция 2010 г. проходила под знаком 100-летия выхода в свет работы «Естественные районы Самарской губернии», выполненной талантливейшими почвоведом С.С.Неуструевым, Л.И.Прасоловым и А.И.Бессоновым; в предыдущем году была посвящена классике русской ботанической науки Д.И.Литвинову (1854—1929), с рождения которого прошло 150 лет, а в 2008 г. — 120-летию со дня рождения крупнейшего русского геоботаника А.П.Шенникова (1888—1962).

начинает по причине серного ключа, который из-под подошвы противоположащих сему месту отлогих гор вытекая, в нее впадает» [11].

Озеро Молочка и его окрестности — настоящая флористическая сокровищница. Здесь имеются изолированные популяции редчайших растений юго-востока Европейской России. Особо ценны для ботаников, изучающих историю формирования завожской флоры, представители семейства осоковых. Среди них примечателен пухонос приземистый (*Baeothryon pumilum*) — невзрачное на вид лугово-болотное растение, ареал которого охватывает Европу, Азию и Северную Америку. Однако в Европейской России этот пухонос встречается только в окрестностях Молочки и впервые обнаружен Клаусом. Эта находка процитирована в списках всех авторитетнейших флор и в определителях растений и вызвала много вопросов у ботаников о сохранности популяции пухоноса. Нам удалось повторно открыть это удивительнейшее растение завожской флоры, считавшееся исчезнувшим.

Не менее таинственный вид этих мест — схенус ржавый (*Schoenus ferrugineus*), названный так из-за темно-бурых, точно ржавых, оснований стебля и такого же цвета колосков. Ареал этого растения разорванный, самый большой фрагмент находится в Альпах, а многочисленные островные местонахождения разбросаны по Центральной и Восточной Европе, а также по морским побережьям Атлантической Европы и Средиземноморья, Западной и Восточной Сибири, на Дальнем Востоке. Биогеографам еще предстоит объяснить причины столь необычного распространения вида.

Другое растение с разорванным ареалом — меч-трава обыкновенная (*Cladium mariscus*) — реликтовый вид с узкой экологической валентностью (приспособленностью лишь к небольшим изменениям какого-либо фактора среды). Меч-трава предпочитает биотопы с высоким содержанием в воде кальция и растет на заболоченном берегу Молочки. В России зарегистрировано лишь 11 местобитаний этого вида. После открытия меч-травы ее снова удалось обнаружить Е.И.Исполатову в 1915 г., т.е. спустя 70 лет после Клауса. Затем ее долгое время не находили, лишь в 1990 г. она была переоткрыта Т.И.Плаксиной.

Здесь же встречена миниатюрная орхидея бровник одноклубневый (*Herminium monorchis*),



Серноводский шихан — наиболее известный останец, не обделенный вниманием естествоиспытателей и путешественников.

у которого, в отличие от многих орхидей, имеется всего лишь один корнеклубень, называемый салепом. Крохотные цветки бровника источают медовый аромат, который привлекает разных насекомых, но опыляют лишь самые мелкие осы. Несмотря на обширный ареал, этот вид встречается редко, особенно в лесостепи и степи.

Клаус отмечал богатство сергиевской флоры: «Несмотря на недостаток столь обыкновенных везде растений, флора Сергиевска может называться скорее богатой, потому что этот недостаток вполне заменяется значительным числом других, более редких пород. В самом деле, здесь, на малом пространстве в 100 квадратных верст, находится более видов, нежели в Казанской губернии, в округности на 12 000 квадратных верстах. Сергиевская флора сотнями видов богаче даже большой Каспийской степи» [5. С.10].

Каменистые склоны Серноводского шихана — обитель многих редких степных растений. Мы упомянем лишь те, которые представляют исключительную научную и познавательную ценность. К сожалению, многие из них уже давно попали на страницы Красных книг России и Самарской области. Прежде всего это эндемики, формирующие уникальное «лицо» флоры: тонконог жестколистный (*Koeleria sclerophylla*), пустынная Корина (*Eremogone koriniana*), астрагалы Цингера (*Astragalus zingeri*), Гельма (*Abelmii*) и волжский (*A.wolgensis*), копеечники Разумовского (*Hedysarum ra-*



Схенус ржавый — вид с разорванным ареалом, отдельные острова которого разбросаны по Евразии и отстоят далеко друг от друга. Биогеографы еще не раскрыли причины разорванности.



Меч-трава обыкновенная растет на заболоченном берегу Молочки. В России всего 11 местообитаний этого вида.



Бровник одноclubневый — миниатюрная орхидея, которую опыляют самые мелкие осы.

zoumouvianum) и крупноцветковый (*H. grandiflorum*), люцерна сетчатая (*Medicago cancellata*), остролодочник татарский (*Oxytropis tatarica*). Среди перечисленных растений многие принадлежат семейству бобовых, что отмечал и Клаус: «Особенно много здесь бобовых растений, породы которых многочисленны в сравнении с породами других семейств. Они не встречаются разрозненными на

большом пространстве, но покрывают широкие полосы (особенно те породы, которых нет в западной России), так что сергиевскую флору, по главному ее характеру, со всею справедливостью можно назвать флорой бобовых растений» [5. С.10].

Благодаря художественному взгляду Клаус создал не только поэтические образы фенологической смены аспектов, но и облик целой флоры, представленный через слагающие ее таксоны. «Если исключить семейства злаков и сложноцветных, как самые многочисленные во всех европейских флорах, а следующее за ними семейство по богатству пород принять за характеристику флоры во всякой местности, то, как я заметил и прежде, растительность Каспийской степи должна называться *флорой маревою* (здесь и далее курсив К.Клауса. — *Авт.*), а сергиевская — *флорой бобовой*. Эти названия будут справедливы не только по числу видов в обоих семействах, но также по числу особей» [5. С.16]. В настоящее время нет ни одной работы, посвященной флоре, где при ее анализе не приводился бы спектр ведущих семейств.

В науке мало установить факт, необходимо его объяснить. На вопрос, поставленный Клаусом самому себе, — в чем заключается особенный характер сергиевской флоры — он дает ответ: «необыкновенные свойства почвы» [5. С.12], и, «без сомнения, географическое положение Сергиевска и близость Урала оказывают также существенное влияние на характер здешней растительности» [5. С.12, 13].

Исследование флоры Высокого Заволжья, фундаментом для которого служат труды Клауса, активно продолжается и в настоящее время. Остается доволь-

но много нерешенных вопросов, связанных как с историей ее происхождения, так и с выявлением разнообразия растительного покрова.

* * *

Заслуги Клауса перед наукой были признаны, хотя и с запозданием: 29 декабря 1861 г. он был избран членом-корреспондентом Императорской



Астрагал Цингера. Одно из многих редких степных растений, покрывающих каменистые склоны Серноводского шихана.



Клаусия солнцелюбивая — растение из семейства капустных. Название роду дал П.Я.Корнух-Троцкий в честь Клауса.

Санкт-Петербургской академии наук, а в 1863 г. — Берлинской, имел и другие почетные научные звания. Через год, 12 марта, знаменитый фармацевт, химик и ботаник ушел из жизни, не перенеся воспаления легких.

Именем Клауса названы восемь видов — лук (*Allium clausum*), осока (*Carex clausa*), желтушник (*Erysimum clausioides*), пастернак (*Pastinaca clausii*), хоста (*Hosta clausa*), норичник (*Scrophularia*

clausii), астрагал (*Astragalus clausii*), дзанникелия (*Zannichellia clausii*) — и два рода — клаусия и псевдоклаусия.

Карл Клаус прожил удивительно гармоничную и насыщенную жизнь, к чему бы он ни прикоснулся, везде достигал успеха. Плоды трудов этого многогранного естествоиспытателя не утратили со временем своего значения и не забыты потомками. ■

Литература

1. Волков В.А., Вонский Е.В., Кузнецова Г.И. Выдающиеся химики мира. М., 1991; Дресвянников А.Ф., Михайлов О.В. Элемент, названный в честь великой страны. К.К.Клаус и его открытие // Вестник РАН. 2001. Т.81. №8. С.721—726; Звягинцев О.Е. Жизнь и деятельность Карла Карловича Клауса // Клаус К.К. Избр. труды по химии платиновых металлов. М., 1954. С.258—283; Ушакова Н.Н. Карл Карлович Клаус (1896—1864). М., 1972; Ключевич А.С. Карл Карлович Клаус (1796—1864). Казань, 2006.
2. Арбузов А.Е. Столетие открытия рутения // Успехи химии. 1945. Т.ХIV. Вып.2. С.154—163.
3. Вагнер Н.П. Воспоминания об А.М.Бутлерове // Бутлеров А.М. Статьи по медиумизму. СПб., 1889. С.1—LXVII.
4. Клаус К.К. Избр. труды по химии платиновых металлов. М., 1954. С.284—285.
5. Клаус К.К. Флоры местная приволжских стран. СПб., 1852.
6. Бутлеров А.М. Избр. труды. Т.III. М., 1961. С.96.
7. Дохман Г.И. История геоботаники в России. М., 1973.
8. Шмидт В.М., Ильминских Н.Г. О роли К.К.Клауса в разработке методов сравнительной флористики // Бот. журн. 1982. Т.67. №4. С.462—470.
9. Шмидт В.М. Количественные показатели в сравнительной флористике // Бот. журн. 1974. Т.59. №7. С.929—940.
10. Красная книга Российской Федерации (Растения и грибы). М., 2008.
11. Лепехин И.И. Дневные записки путешествия доктора и Академии наук адъюнкта Ивана Лепехина по разным провинциям Российского государства в 1768 и 1769 годах. Ч.1. СПб., 1771.

Систематика — народная и научная

А.П.Расницын,

доктор биологических наук

Палеонтологический институт им. А.А.Борисяка РАН (Москва),

Музей естествознания (Лондон)

История систематики не только и не столько занимательна, сколько поучительна. В наш просвещенный век мало кто даже из ученых задумывается, в чем смысл и цель этой науки. Понять это помогает весьма объемистая и очень полезная сводка по истории и современным проблемам биологической таксономии — книга «Биологическая систематика: эволюция идей», которая завершается главой «Другая история», написанной Г.Ю.Любарским. Этот раздел, представляющий интереснейшую и живо написанную интерпретацию истории науки в целом и систематики в частности, — приглашение к дискуссии, от которого я не могу отказаться.

Вслед за С.Этреном [1, 2] Любарский выделяет следующие черты народной таксономии: антропоцентричность, целостность взгляда на природу, иерархичность, отсутствие системы сопоставимых таксономических рангов, фрагментарность.

Антропоцентричность проявляется в том, что в характеристику объекта на равных включаются его собственные признаки (строение, внешний вид, поведение и т.д.) и все, что связано с ним для человека (вред и польза, особенно включая лекарственные и магические свойства, приметы, легенды и сказки, в которых растение или животное фигурируют).

Целостность взгляда («живой мир является интегрированным

целым взаимодействующих частей», с. 508) состоит, в частности, в том, что «такой [антропоцентричный. — А.Р.] наблюдатель будет членить наблюдаемое в природе согласно естественным границам» (с. 561).

«Отсутствие системы сопоставимых таксономических рангов» — неточная формулировка. Имеется в виду, что в народной систематике нет строгой и многоступенчатой иерархии, как в научной: «народные царства» (растения, животные) на одном конце шкалы и родовиды (акула, собака, дуб) на другом вполне сопоставимы. Уровни выше родовида обозначаются как жизненные формы (биоморфы), что вызывает вопросы, поскольку парадигмальные жизненные формы — это деревья, кустарники и травы, и такие народные таксоны, как жуки, мухи, рыбы, гады, птицы, звери, вряд ли годятся в образцовые биоморфы. Емкость народной систематики (возможность включения новых объектов) признается ограниченной (на уровне порядка тысячи родовидов). Фрагментарность донанучной систематики состоит в том, что «нельзя было в краткой форме дать большой кусок системы, просто нельзя. Систему учили долго и выговаривали только кусочками. Ее целостный облик — это почти облик мироздания, это не выговаривается подряд и без выражения» (с. 564).

Появление науки автор связывает с возникновением второй реальности, а точнее — модели, анализ которой позволяет пони-



Павлинов И.Я.,
Любарский Г.Ю.
БИОЛОГИЧЕСКАЯ
СИСТЕМАТИКА:
ЭВОЛЮЦИЯ ИДЕЙ.

М.: Т-во науч. изд. КМК, 2011.
667 с. (Сборник трудов Зоологического музея МГУ. Т. 51.)

мать и предсказывать свойства и поведение реальности. (Это, безусловно, не открытие Любарского, но его подход, и я отталкиваюсь именно от него.) Чтобы адекватно подменять реальность, модель должна быть проще ее, но при этом сохранять наиболее важные ее черты. Исторически первой удачной научной моделью реальности (физической реальности) считается математическая модель Кеплера—Ньютона. Ее успех сделал математизацию идеалом (часто недостижимым) любой науки. Научную систематику обычно связывают с К.Линнеем. Не отходит от этой традиции, но подчеркивает роль его предшественников, и Любарский. Однако в его изложении научная систематика стремится прежде всего избавиться от антропоцентричности, т.е. от использования субъективной (экспертной) оценки признаков. Достигнутый сегодня уровень приближения к идеалу — филогения, которая, в отличие от системы по сходству, независима от наблюдателя и потому объективна. Другие черты научной таксономии носят еще более технический характер. Во-первых, это комбинативный подход — ориентация на конкретные признаки (вместо целостного взгляда на организм). Таксон рассматривается как статистически анализируемая сумма легко комбинируемых признаков, которые стандартизируются и упорядочиваются. Получается, от признаков ушли и к признакам пришли. Во-вторых, детально проработанная многоступенчатая система сопоставимых (в идеале) иерархических рангов обеспечивает неограниченную емкость классификации. В-третьих, целостный взгляд на систему органического мира через метафору единого и единственного древа жизни.

В соответствии с этой схемой роль Линнея (как и его предшественников) в создании научной систематики состоит не в формулировании понятия вида и рода и не в создании на-

много более совершенной, чем ранее, классификации растений, а в том, что необозримая реальность подменяется упрощенной моделью. У Кеплера и Ньютона это была математическая модель физической реальности. У Линнея — морфологическая модель растения, ограниченная только теми свойствами, которые можно свести к числу, форме и взаимному положению частей. Пояснением служит метафора со слепым наблюдателем, которому доступны только те свойства растения, что подвластны лишь осязанию из всех пяти человеческих чувств.

В обсуждаемой работе есть противоречия и, возможно, даже ошибки, но я сейчас не намерен их рассматривать. Для меня важна сама концепция, которая в общих чертах выглядит очевидной, а вот ее интерпретация далеко не бесспорна. Должен признать, мое несогласие с тем, что отказ от антропоцентризма — движение от не(до)науки к науке, отчасти связано с нежеланием признать ненаучную позицию, выстраданную многими десятилетиями анализа методологических основ систематики. В споре о том, где начинается и кончается наука, я не ощущаю достаточно твердой почвы под ногами, но все же отмечу: избегание антропоцентризма — это своего рода бегство от цели к методу. Действительно, все внимание обращено к поиску корректного метода, который сам по себе должен привести к корректному же результату. Генеалогическая система выбрана *a priori*, лишь потому, что родственные отношения существуют независимо от нашего сознания и теоретически свободны от антропоцентризма. Это утверждение может показаться преувеличением, но, увы, нет: если бы выбор был серьезно обоснован, его многочисленные сторонники не игнорировали бы с таким упорством контраргументы. Напомню лишь некоторые из них, самые очевидные.

Единственный способ представления генеалогии организ-

мов — дерево самой простой формы (без слияний и пересечений). Создается оно исключительно из соподчиненных ветвей (голофилетических групп), каждая из которых со всеми ее ответвлениями имеет единственный корень (предковую линию). Ясно, что адекватная этому идеалу система заведомо обречена на неудачу, поскольку не способна корректно отобразить, к примеру, ситуацию, когда у ветви более одного корня, как при симбиогенезе. Тем не менее общепринято, что симбиогенез лежит в самом основании системы организмов и время от времени реализуется на более высоких ее уровнях. Равным образом голофилетическим древом нельзя описать гибридогенные таксоны, которых, как известно, тьма среди растений. Получается, что генеалогия — только одно из приближений к реальности, она никак не может претендовать на исключительность.

Второй столп оптимизма — уверенность, что точная реконструкция генеалогии организмов возможна, что признаки достаточно доступны и надежны, чтобы генеалогии можно было сделать единственной основой системы организмов. Против этого утверждения есть серьезные контраргументы, причем среди них есть очевидные и даже навязные в зубах, но ничуть не опровергнутые. Речь идет о том, что выбор объектов (признаков организмов для выявления генеалогии) и метода расчетов (оперирования с этими признаками) определяется в основном личными предпочтениями исследователя. Это, кстати, справедливо и по отношению к молекулярным методам, которые используются для построения схем эволюционного древа (кладограмм) и на которые возлагается столько надежд [3]. Субъективность, вероятно, одна из важных причин неустойчивости кладограмм, не имеющих, судя по всему, реальных преимуществ перед традиционной («интуитивной»)

систематикой. Все это давно известно, но не убеждает сторонников генеалогии.

Другой аспект той же проблемы кажется более наглядным. Трудно спорить, что в ходе эволюции виды разошлись (дивергировали) относительно недавно — намного позже, чем семейства. Казалось бы, и следы дивергенции видов должны были сохраниться полнее, и их отношения должны быть прозрачнее и понятнее. Однако любой практикующий систематик, особенно имеющий дело с большими (богатými видами) группами, хорошо знает, что обычно легче разобраться в родственных отношениях семейств, чем видов [4, 5]. Это знание, на которое никак не реагируют специалисты по кладистике и молекулярной филогенетике, однозначно указывает, что филогенетический сигнал в норме весьма слаб. Воссоздаваемая нами генеалогия обусловлена не только и, может быть, даже не столько дивергенцией, сколько сочетанием параллелизма (сходных изменений сходно организованных форм) и дифференцированным вымиранием промежуточных (несбалансированных) линий, о чем предупреждал еще Ч.Дарвин, сформулировав принцип вымирания [6].

Еще одно наглядное свидетельство того, что объективные (не интуитивные, не антропоцентричные) методы реконструкции родственных связей создают кладограммы, далекие от искомой генеалогии, — их сопоставление с геологической летописью. Оказывается, по соответствию с палеонтологическими данными кладограммы устойчиво уступают традиционным («интуитивным») филогенетическим схемам [7–9].

Любарский пишет: «Достаточно спросить: а кто же ставит цели? Понятно, что не человек — но тогда кому принадлежат цели? И в ответ на такой вопрос вместо соответствующего положению дел “не знаю” обычно раздается поток благо-

глупостей про объективность. При том что в иных контекстах претензия на объективность весьма критикуется, но именно при противопоставлении антропоцентризму этот аргумент, оказывается, можно высказывать. В результате не доказано, что антропоцентрическое познание каким-то специальным образом ущербно, не доказано это и про неантропоцентрическое познание» (с. 503). А чуть раньше он так описывает деятельность современного, вполне научного (т.е. неантропоцентричного) систематика: «элементы, которые классифицирует систематик — не найдены “такими” в природе, а сконструированы мыслью. <...> Из таких таксонов шьется сама собой, объективными методами, система определенного типа — и никакого другого типа система из таким образом сконструированных элементов не получится» (с. 493).

При чем здесь объективность? Мне нечего к этому прибавить, поэтому вернемся к антропоцентрическому познанию и попытаемся понять, так ли уж негативны его свойства, как их описывает Любарский вслед за Этреном и его школой. Таких негативных свойств фактически три: собственно человек как исходная точка познания (мы начинаем изучение с того, что ближе и понятнее), неуместность и, как следствие, невозможность представления системы целиком, а также ограниченная емкость народной систематики. Но характерны эти негативные свойства, судя по Любарскому, для систем в интервале времени от Аристотеля до Парацельса и ятрохимиков. Однако, по известному свидетельству Э.Майра, туземцы Новой Гвинеи различают виды певчих птиц наравне с профессионалом-орнитологом [10]. А ботаники долиннеевских времен, как пишет сам Любарский, знали большинство высших растений не только местных флор, но и Южной и Центральной Европы, а также немало экзотов. Так

что невозможность представления системы целиком и ее ограниченная емкость — свойства преходящие.

Многие выделы народной систематики (водоплавающая и боровая дичь, гнус, лекарственные растения, масличные, зернобобовые, технические культуры) действительно носят потребительский характер. Но, скажем, различение трав, кустарников и деревьев важно для человека не только в обиходе, но и вне его — не случайно же такое деление закрепилось для понятия «жизненные формы». А звери, птицы, гады и рыбы — это, конечно же, таксоны, но только если не подменять их историческое название (как единицы общей системы организмов) голофилумом (как части генеалогической системы). Сужение значения термина «таксон» до голофилума и расширение понятия «жизненная форма» до любого неголофилума неприемлемо, так как приводит не только к путанице, но и к лишнему названию устоявшегося понятия. Жизненные формы — это только группировка, выделяемая по немногим важным экологически значимым признакам (в данном случае по форме роста растения), которые предопределяют значительное число особенностей соответствующих организмов, но не претендуют на их общую характеристику.

Таксоны народной системы, конечно, неоднородны. Частично это жизненные формы, но не менее часто — сугубо прагматические единицы (например, гнус) или, наоборот, настоящие таксоны, нередко даже голофилумы (насекомые, птицы, млекопитающие). Различение зверей, птиц и прочих действительно очень важно для человеческой практики, но неразумно трактовать это разделение как сугубо антропоцентричное. Народная систематика гораздо точнее соответствует принципу «различай разное и объединяй сходное», чем вопросу «а почему сие

важно для меня и мне подобных?». И это естественно, потому что человек может делать только то, что может: пока не было секвенаторов, оценивать сходство и различие большого числа видов по тонкой структуре ДНК было просто невозможно. Но никакого желания поставить себя в центр мироздания в этом не просматривается: человек просто пытается доступными ему средствами построить картину мира как он есть. Вернее, по возможности приблизиться к этому недостижимому идеалу. А называть этот подход антропоцентризмом, интуитивизмом или как-то иначе — вопрос другой и вряд ли самый принципиальный. Если только его не связывать жестко с не-объективностью и не противопоставлять генеалогическому подходу как объективному.

Объективность, конечно, важное свойство любой системы взаимодействия человека с окружающим миром. Но не менее важна ее эффективность, адекватность задаче оптимальной систематизации биологического разнообразия. Система, построенная по размеру организмов (линейному или по весу, объему), по цвету или химическому составу, может быть объективной и притом полезной для каких-то целей. Но явно не для тех, которые преследуют систематики при построении идеальной системы. Ей доверено право присваивать научные названия, ее так и хочется назвать естественной. Любарский, кстати, ссылаясь на Б.Берлина [11], отмечает, что «естественная система — это образ народной таксономии для классификатора» (с. 550).

«Различай разное и объединяй сходное» — вполне адекватный принцип классифицирования, если он позволяет приблизиться к ее конечной цели. Я имею в виду определенную цель и готов ее сформулировать. Таксономическая классификация организмов биологическое разнообразие таким образом, чтобы облегчить наше взаимодей-

ствие с ним. А для этого таксоны общей системы должны быть осмысленными объединениями с точки зрения максимально широкого круга пользователей. Например, слово «птица» — определенное понятие не только для орнитолога, но и для охотника, повара и художника. Чтобы соответствовать такой цели, таксоны общей системы должны быть максимально однородными внутри себя и максимально различными между собой по максимально широкому кругу признаков. Это позволит системе выполнять еще две важнейшие функции: создавать лаконичную информацию о живых организмах в доступной форме и предсказывать свойства недостаточно изученных таксонов [12]. Иными словами, в качестве определения системы и конечной цели классификации предлагается фенетическая система.

Однако не все так просто. Филогения тоже должна быть задействована в построении системы, но не как конечная цель или единственный законный метод, а как помощь в достижении главного — точного и глубокого отражения баланса сходств и различий между таксонами. И эта помощь, замечу, велика. Поскольку родство в определенной мере предопределяет сходство, генеалогия обладает прогностическими свойствами, и не воспользоваться этим ее достоинством было бы неразумно. Конкретные способы введения генеалогии в процедуру построения системы — вопрос особый и не самый простой. Понятно, что отражение родственных отношений — не цель построения системы, а лишь один из способов ее оптимизации.

А что же Любарский? По моему мнению, он, тонко уличив Этрена и его школу в двойственности взгляда, сам делит процесс развития систематики всего на два отрезка — донаучный и научный. Конечно, автор разбирает в деталях (зачастую необычайно интересных) деятельность всех персонажей истории науки и от-

мечает, что решающий шаг, сделанный Линнеем, вполне соответствует революции Кеплера—Ньютона. Таким образом, обедненная система Линнея, в которой растение подменено его упрощенной («осязаемой») моделью, незаметно, без перехода обернулась самой научной (неантропоцентричной!) генеалогической системой. Разница между Ньютоном и Линнеем была практически не замечена, а ведь она огромна. Ньютонова редукция мира к математике и сегодня не оспаривается, она только углубляется и расширяется. Линнеева редукция, напротив, стала размываться, как только была создана и апробирована первая успешная система. Как это описывает сам Любарский, растению очень скоро вернули цвет, а затем запах и вкус, а у животных их по существу никто никогда и не отнимал. Но важнее другое. И Кеплер, и Ньютон, и ученые следующих поколений нисколько не сомневались в значении произведенной редукции, прославляли ее и экспортировали, часто весьма успешно, в другие области знания. Линней же сам стеснялся своего революционного шага, называя созданную им систему искусственной и считая ее временной, подлежащей замене на естественную.

Самое же удивительное, что, резко отделяя Линнея от народной, донаучной систематики, Любарский не заметил, что его герой остался столь же антропоцентричным и приверженным правилу «различай разное и объединяй сходное», как и его предшественники, а до генеалогической систематики оставалось еще без малого 200 лет. А ведь приверженность Линнея методу различения разного и соединения сходного была, похоже, не только истовой, но и глубоко продуманной. Об этом говорит его знаменитый совет: «То, что в одном роде важно для установления рода, в другом — вообще не имеет значения. Знай: признак не определяет род, но род — признак. Признак вытекает из

рода, а не род из признака. Признак существует не для того, чтобы учредить род, а для того, чтобы его познать [опознать. — А.Р.]» [13]. Это значит, что некая группа сначала очерчивается, пусть предварительно и неточно, но по каким-то естественным границам, и лишь затем выявляются ее диагностические признаки. Здесь легко опознается методология народной таксономии, ведь для нее «мир членится на естественные ступки...» (с. 498), между которыми и нужно проводить границы. Именно поэтому, пытаясь выявить суть методологии традиционной систематики и имея в виду традиции народной таксономии, освоенные и развитые Линнеем и последующими, в том числе

последарвинскими поколениями систематиков, я первоначально обозначил эту экспликацию как «традистика» [5. С.180]. Название не понравилось и было заменено на еще более сомнительное «филистика» [14. Р.24]. Но затем провал в памяти был исправлен и восстановлено давнее определение метода с той же основой и теми же аллюзиями, но более благозвучное — филетическая систематика (или «филетика») [15. С.6].

* * *

Повторю еще раз, очерк Любарского необычайно интересен, информативен и провокативен, однако целиком принять его концепцию трудно. Представляется, что эволюция таксо-

номической мысли была далека от прямолинейности и что познавательный потенциал традиционных подходов (которые, напомним, опираются на принцип «различай разное и объединяй сходное», но не чураются и филогении как дополнительного метода, позволяющего оценить тотальный баланс сходств и различий) отнюдь не поколеблен. Исторически оправдавшая себя методология, опирающаяся на сочетание современных и традиционных способов исследования, остается основным инструментом познания биологического разнообразия. Без чего разумное и безопасное взаимодействие человека с окружающим миром просто невозможно. ■

Литература

1. Atran S. The cognitive foundations of natural history: Towards an anthropology of science. N.Y., 1990.
2. Atran S. Folk biology and the anthropology of science: cognitive universals and cultural particulars // Behav. Brain Sci. 1998. V.21. №4. P.547—609.
3. Абрамсон Н.И. Молекулярная и традиционная филогенетика. На пути к взаимопониманию // Современные проблемы биологической систематики. Тр. Зоол. ин-та РАН. М., 2012. (в печати).
4. Любищев А.А. Проблемы формы, систематики и эволюции организмов. М., 1982.
5. Расницын А.П. Принципы филогенетики и систематики // Журн. общ. биол. 1992. Т.53. №2. С.172—185.
6. Дарвин Ч. Происхождение видов путем естественного отбора, или сохранение благоприятных рас в борьбе за жизнь / Ред. А.Л.Тахтаджян. СПб., 1991. С.107.
7. Rasnitsyn A.P. Testing cladograms by fossil record: the ghost range test // Contributions to Zoology. 2000. V.69. №4. P.251—258.
8. Расницын А.П. Летопись и кладограмма // Эволюция биосферы и биоразнообразия / Ред. С.В.Рожнов. М., 2006. С.39—48.
9. Расницын А.П. Молекулярная филогенетика, морфологическая кладистика и ископаемые // Энтомол. обозр. 2010. Т.89. №1. С.85—132.
10. Майр Э. Систематика и происхождение видов с точки зрения зоолога. М., 1947.
11. Berlin B. Ethnobiological classification: Principles of categorization of plants and animals in traditional societies. Princeton, 1992.
12. Расницын А.П. Теоретические основы эволюционной биологии // Введение в палеоэнтомологию. М., 2008. С.6—79.
13. Линней К. Философия ботаники. М., 1989. §169.
14. Rasnitsyn A.P. Conceptual issues in phylogeny, taxonomy, and nomenclature // Contributions to Zoology. 1996. V.66. №1. P.3—41.
15. Пономаренко А.Г., Расницын А.П. О фенетической и филогенетической системах // Зоол. журн. 1971. Т.50. №1. С.5—14.

Охрана окружающей среды. География

Ю.П.Князев. ВСЕМИРНОЕ ПРИРОДНОЕ И КУЛЬТУРНО-ПРИРОДНОЕ НАСЛЕДИЕ ЮНЕСКО. Волгоград: Лицей, 2011. 258 с.

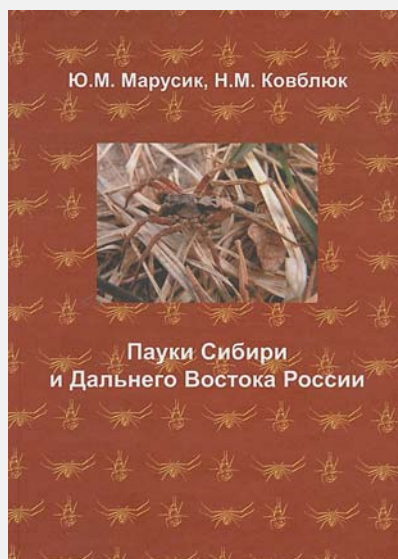
Это первое учебно-справочное пособие, созданное с целью сформировать у студентов вузов представления о структуре объектов Всемирного наследия, их географическом распространении, о проблемах их выделения, классификации и охраны. Изучение и охрана наиболее выдающихся по значимости природных и культурных достопримечательностей, которые необходимо сохранять и оберегать в течение неограниченно длительного времени, так как они будут нужны людям всегда, входят в число наиболее актуальных проблем всего человечества.

Рассмотрение темы в книге начинается с общих сведений о Всемирном наследии, изучения Конвенции ЮНЕСКО о Всемирном культурном и природном наследии, критериев выделения его объектов, данных о структуре и деятельности организаций по охране Всемирного наследия. Далее представлен проведенный по единому плану комплексный физико-географический и геоэкологический анализ объектов Всемирного природного и культурно-природного наследия на территории России, а в завершающих книгу главах — и в других регионах мира. Полный список объектов Всемирного наследия ЮНЕСКО (на 9 сентября 2010 г.) приведен в приложении.



Зоология

Ю.М.Марусик, Н.М.Ковблюк. ПАУКИ СИБИРИ И ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2011. 344 с.



Пауки — один из самых крупных отрядов животных, населяющих Россию к востоку от Урала. Широкому расселению пауков способствуют некоторые особенности их биологии. Все они — облигатные хищники, при этом большинство не специализируется на каких-либо жертвах. Пауки способны к пассивному расселению на паутинках на огромные расстояния.

Книга представляет собой первое после 40-летнего перерыва руководство на русском языке по изучению пауков и первый определитель семейств пауков, населяющих азиатскую часть России. Издание включает главы об истории изучения арахнофауны региона, о методах сбора, хранения, исследования пауков, об их строении и классификации, а также специальную часть, посвященную детальным обзорам всех 38 семейств пауков (их морфологии, биологии, таксономии, перечню надвидовых таксонов), встречающихся в Сибири и на Дальнем Востоке. В книгу включены обзоры еще трех семейств, нахождение которых в азиатской части России очень вероятно, а также сведения о трех семействах пауков, известных из этого региона в ископаемом состоянии. Для книги были разработаны оригинальные политомические, дихотомические и графические ключи для определения семейств. В приложении даны этимология родовых названий пауков, словарь терминов и другие полезные сведения. Книга богато иллюстрирована и содержит более 600 цветных и черно-белых фотографий и рисунков.

Библиографическая редкость — Журнал «Тиетта»

М.Е.Раменская,

кандидат геолого-минералогических наук

Московский государственный университет им.М.В.Ломоносова

Среди академических изданий появился новый научно-популярный журнал. Это не московский или питерский журнал всероссийского назначения, посвященный одной из отраслей естествознания, как «Земля и Вселенная» или «Химия и жизнь». Выпускают его Геологический институт Кольского научного центра (ГИ КНЦ) РАН и Кольское отделение Российского минералогического общества (КО РМО). Выходит журнал шестой год, едва-едва установились его объем (около 100 страниц) и частота издания (ежеквартально, но в первый год вышло шесть номеров). Как говорят его организаторы, «журнал ищет свое лицо», которое сквозь туман уже начинает проступать. Распространяется он бесплатно по отделениям Минералогического общества и крупнейшим геологическим библиотекам, а авторы вместо гонорара получают по экземпляру того номера, в котором напечатан их материал. Поэтому, как и многие издания в наши дни, журнал этот — библиографическая редкость.

Первый номер, вышедший в январе 2008 г., не имел даже названия — чтобы его найти, обратились к читателям. Всем понравилось название, которое предложил кандидат геолого-минералогических наук Валентин Андреевич Припачкин (1937—2010), впоследствии научный редактор журнала, и со второго номера журнал получил имя «Тиетта». Так назвал в свое

время А.Е.Ферсман домик научной базы, с которой отправлялись отряды экспедиций, изучавших Кольский п-ов. Александр Евгеньевич переводил слово «Тиетта» как «наука» по-саамски. Однако слова «наука» на языке полярных кочевников быть не могло. Разве что в том смысле, в каком по-русски звучит это слово в «Сказке о рыбаке и рыбке»: «Впредь тебе, невежа, наука — не садись не в свои сани!». Изображение домика красуется теперь на обложке рядом с названием. Кольский научный центр РАН гордится этим сгоревшим в войну «деревянным дворцом»: он стал первой базой Академии наук в провинции, из этой базы и вырос КНЦ.

Что касается тематики, то она уже почти установилась.

Открывает каждый номер колонка редактора и основателя «Тиетты» — профессора, доктора геолого-минералогических наук Юрия Леонидовича Войтеховского*, назначенного директором Геологического института в апреле 2007 г. Главный редактор сообщает о наиболее важных материалах номера и о планах следующего, о грядущих событиях в жизни института, поздравляет читателей с предстоящими праздниками. Лишь первый номер открылся двумя вступительными статьями. Одна из них принадлежит перу предыдущего директора института — советника РАН академика Феликса Петровича Митрофанова: «Всегда приятно

встречать новый год в измененном жизненном качестве. Такая ситуация у нас с вами. Теперь я могу помогать вам только как советник и, может быть, как некий локомотив в получении грантов (лотов) и бульдозер в публикации ваших научных трудов. Обещаю всегда быть готовым к такой деятельности. Желаю вам и вашим семьям в новый и последующие годы всего самого наилучшего. Ваш Ф.П.Митрофанов». Представляю, как поразили сотрудников института эти мирные, почти отеческие слова, сказанные от лица их прежнего директора, который вел достаточно жесткую политику, чтобы сохранить институт на плаву в самые тяжелые времена.

Каждый номер содержит разделы: «Наука», «Обзор событий», «Творческая галерея» (иногда бывает и «Поэтическая страничка»). Также рассказывает о жизни института и Отделения минералогического общества, об истории и путешествиях. Большинство статей предпослано краткое резюме на английском языке. Завершается каждый номер поздравлениями с днем рождения всех родившихся в минувшем квартале сотрудников института, а каждому юбиляру посвящается статья о его жизни и деятельности; с №3 за 2009 г. за ними следуют письма читателей. Почти в каждом номере есть статья о каком-либо интересном месте Кольского п-ова: например, в 2009 г. в №1 описывается экскурсия в Мурманский океанариум для детей сотрудников института, в №2 —

* Трижды лауреат конкурса научно-популярных статей РФФИ (2003, 2009, 2011).



Калейдоскоп журнала «Тиетта» — 2009, 2010 и 2011 гг.

на страусиную ферму, в №3 — в Полярный ботанический сад. Кроме того, каждый первый номер года посвящен Женскому дню, второй — Дню геолога, третий — минувшему полевому сезону, четвертый — итогам уходящего года и наступающему новому. Начиная с 5-го номера 2008 г. на первой странице обложки красуется фотография одного из минералов Кольского региона. На четвертой странице обложки (с №3 за 2009 г.) приводится описание минерала, изображенного на первой. Как известно, Кольский регион богат разнообразными, зачастую редкими минералами и по числу встречающихся видов занимает первое место в нашей стране. Надолго хватит! Минералы описывает доктор геолого-минералогических наук Анатолий Васильевич Волошин, с 1968 г. заведующий лабораторией минералогии ГИ КНЦ.

Журнал иллюстрирован, полиграфия великолепно передает природные краски.

Раздел «Наука» состоит из двух-трех серьезных статей по одной из отраслей геологии — геологической, минералогической, геофизической, петрографической, кристаллографической и т.п. Статьи считаются науч-

но-популярными, но часто по наличию и глубине новой информации (а порой и по трудности восприятия) их следовало бы назвать научными. В их числе — статья, посвященная минералогическому феномену «беломорские рогульки» (автор М.Г.Федотова, №1 за 2009 г.), или другая, объясняющая, почему интрузивные породы — порции магмы, застывшие на глубине, — иногда выглядят слоистыми (В.К.Каржавин, №6 за 2008 г.). Особый интерес представляют статьи в №2 за 2010 г. и в №4 за 2011 г. о знаменитой сверхглубокой Кольской скважине (40 лет с начала бурения исполнилось 24 мая 2010 г.). Основатель лаборатории геоэлектрики ГИ КНЦ главный научный сотрудник института А.А.Жамалетдинов пишет об истории скважины начиная с выбора места для нее, о технике бурения и о его результатах. И называет главные книги, рассказывающие об этой скважине: два тома научных результатов «Кольская сверхглубокая», опубликованных в Москве, и одноименную научно-популярную книгу В.С. и М.И.Ланевых, изданную в Мурманске. В другой статье — ведущего научного сотрудника геофизика Ф.Ф.Горбачева — рассказывается об изуче-

нии физических свойств глубинных пород, вынесенных к поверхности вулканическими процессами, по материалам нескольких сверхглубоких скважин. В 2011 г. опубликовано последнее интервью инициатора бурения Кольской скважины Д.М.Губермана (он скончался в октябре этого года).

Печатаются в разделе «Наука» и классические научно-популярные статьи лучших представителей этого жанра: увлекательные, строго и точно излагающие устоявшиеся научные сведения, известные лишь узкому кругу специалистов. Один из самых ярких примеров — «минералогическая сказка» известного кристаллографа Р.К.Расцветаевой «Дружба народов»*, посвященная кристаллической структуре некоторых редких минералов, открытых на Кольском п-ове (№2 за 2012 г.). В роли дружных народов выступают химические элементы. Сказки Расцветаевой печатаются и в дальнейших номерах, например в №3 за 2012 г. Наконец, встречаются там и такие статьи, в которых изложены новые, мо-

* См.: Расцветаева Р.К. Дружба народов. Минералогическая сказка // Природа. 2010. №4. С.51—56.

жет, даже не додуманные до конца, мало кем разделяемые взгляды на актуальные вопросы науки. При этом автор предупреждает читателя, что точка зрения не общепринята, а некоторые утверждения обоснованы недостаточно. Эти статьи присутствуют в журнале также в разделе «Наука», т.е. считаются научно-популярными, но это неточно. У этого жанра названия еще нет, но жанр этот необходим. Новые, оригинальные, еще не устоявшиеся идеи должны обсуждаться не только узким кругом экспертов, запрещающих их для научной публикации, но и широкой научной общестvenностью. Известно, что «воображаемая геометрия» была доложена Н.И.Лобачевским в 1826 г., но опубликовать ее ему удалось только в 1829—1830 гг., когда он стал ректором Казанского университета. Коллеbatельная реакция была открыта Б.П.Белоусовым в 1951 г., но читали его сообщения только рецензенты химических журналов, а первую публикацию удалось пробить А.М.Жаботинскому, исследовавшему эту реакцию, лишь в 1964 г. Бывает, не признание длится и дольше. Тогда теряет приоритет не только исследователь, но и страна. Чтобы напечатать такую статью, нужно мужество и автора, и редактора. Регулярно публикует работы подобного рода только «Химия и жизнь».

В разделе «Наука» содержатся не только геологические материалы. В №3 за 2010 г. по инициативе главного редактора опубликована подборка, посвященная 90-летию открытия Н.И.Вавиловым закона гомологических рядов в наследственной изменчивости. В статье «К системному содержанию закона гомологических рядов» Войтеховский пишет о рядах фуллеренов, которые, в соответствии с общей теорией систем, становятся явлением того же класса, что и вавиловские гомологические ряды. С сожалением приходится отметить, что

«Тиетта» оказалась единственным журналом, уделившим внимание юбилею достижения нашей науки.

Раздел «Обзор событий» ведет главный редактор. Здесь и описание посещений Геологического института иностранными учеными (в частности, заключение с ними договоров о работе по общим программам), и сообщения об участии сотрудников ГИ или КНЦ в общероссийских конкурсах (из которых они зачастую выходили победителями); и проведение научных совещаний различного уровня, и участие сотрудников института и членов КО РМО в региональных, общероссийских и международных конференциях (две из них — Математическая школа и Ферсмановская научная сессия — созываются ежегодно более шести лет). В двух номерах рассказывается об экскурсиях, проводившихся институтом для участников XXXIII Международного геологического конгресса по территории Кольского региона, а №5 за 2008 г. почти целиком посвящен конгрессу и участию в нем института.

Одно из главных событий, освещаемых в этом разделе, — День геолога. Этот праздник, учрежденный в 1966 г. и отмечаемый в первое воскресенье апреля, сотрудники института традиционно проводят на природе. Дирекция заклада распоряжается подготовить все необходимое, когда из Москвы и Питера прибывают высокие гости, а в последние годы и зарубежные коллеги. В связи с этим «в 2009 г. нами заложена новая традиция — сопровождать День геолога конференцией по проблемам пограничного сотрудничества», — пишет в №2 за 2010 г. главный редактор. Но (видимо, в связи с публикацией «Тиетты» в Интернете) об этом стало широко известно в Апатитах и других городах региона — и в 2010 г. на празднике было много «неопознанных гостей». Мероприятие постепенно превращается

из городского в региональное. В 2012 г. Геологический институт Кольского научного центра РАН отметил свое 60-летие тоже в День геолога — см. №1 и 2 за этот год.

Исторический раздел — пожалуй, самый интересный в журнале. «Тиетта» стимулировала сотрудников КНЦ, состоящих в Минералогическом обществе, заняться историей изучения и освоения своего края. Уже в №2 за 2008 г. можно прочесть о составе первой экспедиции А.Е.Ферсмана в Хибины в 1920-х годах (в статье кандидата геолого-минералогических наук А.К.Шпаченко «Они были первыми»). Затем заведующая научным архивом КНЦ РАН кандидат исторических наук Е.И.Макарова в соавторстве со Шпаченко повествуют подробно о тех из них, о ком удалось найти материал. Одной из участниц экспедиции, Е.Ереминой (она стала известным французским петрографом), в №1 за 2009 г. посвящена статья «Элизабет Жеремин (1879—1964)», написанная профессором французского Национального музея естественной истории Жаном Орседем.

В №3 за 2008 г. в статье доктора геолого-минералогических наук Жамалетдинова «Инновационные электромагнитные методы в геофизике» о международной конференции, проходившей в Салехарде, повествуется о сходстве истории освоения богатств Ямало-Ненецкого округа (устье Оби и п-ов Ямал) и Кольского п-ова. Автор рассказывает о строительстве в прошлом веке двух железных дорог: Лабытнанги—Салехард—Надым—Игарка, о которой неоднократно писали газеты и журналы, и Титан—Кейвы, неизвестной широкой общественности. Обе дороги сданы не были, так как строительство тогда не обеспечили ни инженерно-геологически, ни экономически. Работали там заключенные, и на каждой из строек погибли десятки тысяч человек. В №3 за

2009 г. кандидат геолого-минералогических наук Е.Б.Халезова, дочь соратницы А.Е.Ферсмана химика И.Б.Борнеман-Старынкевич, опубликовала редкие фотографии Хибин, сделанные в 1940-х годах, а в №4 за тот же год рассказала о своем детстве, проведенном с матерью в Тьетте (в домике научной базы).

В других номерах журнала «Тьетта» рассказывается о судьбах и заслугах геологов и других исследователей полуострова. Почти в каждом номере имеется материал, посвященный Ферсману (если не ему самому, то его родословной, книгам из его библиотеки и материалам, хранящимся в КНЦ еще с 1940-х годов). Это неудивительно: всем известна роль этого блестящего ученого и популяризатора науки в исследованиях и пробуждении к жизни Кольского заполярья. В историческом разделе в №3 за 2009 г. говорится о сподвижнике Ферсмана, человеке-легенде А.Н.Лабунцове (1884—1963). Это его отряд нашел коренное месторождение апатитов — главного богатства Хибин.

«Творческая галерея» знакомит с живописцами, графиками и фотохудожниками городов Мурманской обл., в частности из г.Апатиты, где располагается большая часть Кольского научного центра (в том числе и Геологический институт), а следовательно, и редакция «Тьетты». Как правило выставки этих художников рано или поздно проходят в Геологическом институте. В №4 за 2009 г. — статья искусствоведа К.А.Колобовой о

живописце из соседнего Кировска В.Г.Володькине, а затем — репродукции 18 его нежных и изящных пейзажей и натюрмортов. Но иногда пишут и о мастерах из других мест. Так, в №3 за 2010 г. в статье «Спасибо, Олег»! рассказано о работах кандидата геолого-минералогических наук О.К.Гречищева, с которым Войтеховский познакомился в Институте геологии и минералогии в Новосибирске. В журнале помещены репродукции полировок из цветных камней (пейзажи), они сделаны руками Олега Константиновича. Но после тяжелой болезни ему отказало зрение, и теперь он сосредоточен на поэзии и прозе. В номере опубликованы и прекрасные стихи Гречищева. Вот уж воистину, если человек талантлив, то талантлив во всем!

Надо сказать, что Апатиты — не наукоград. Большинство его населения — работники ОАО «Апатит» и других производств, не считая сферы обслуживания. Но наличие в городе научного центра РАН накладывает свой отпечаток. В одном из номеров «Тьетты» рассказывается о выставке, посвященной Ферсману, открывшейся в Доме детского творчества, где много лет руководит геологическим кружком Ю.М.Кирнарский, сотрудник Геологического института.

Раздел путешествий посвящен странам, где по работе или в туристической поездке побывали сотрудники института, и не только они. В нескольких номерах печаталось описание жизни в Австралии. Автор —

наш эмигрант геолог А.И.Пертель. Как русский человек, он на свою новую родину смотрит достаточно критически, лишая читателя иллюзий, навеянных журналистами. Самое, пожалуй, поразительное — это то, что их карты ориентированы для нас вверх ногами: у них наверху юг. На мелкомасштабных картах мира они надписывают страны и города только австралийские и британские. Интересно, как же изучают географию у них в школе? О Швейцарии пишет побывавший там в качестве туриста ведущий научный сотрудник Геологического института П.К.Скуфьин — и эта страна представляется читателю раем. Не столько красотой, сколько четкими и справедливыми демократическими порядками, когда законы и общественность сильнее денег и государственных руководителей. Впрочем, другие европейские страны, описанные в том же очерке «По средне-европейскому времени» — вполне обыкновенные (№1—4 за 2009 г., №1 и №4 за 2010 г.). Все очерки авторы иллюстрируют великолепными фотографиями.

Мне хотелось бы своим обзором показать, насколько интеллигентен и интересен журнал, издаваемый в небольшом заполярном городке Апатиты. Не знаю, насколько это получилось. Если удалось вас заинтересовать и вы — человек, не боящийся Интернета, то любой номер журнала можно посмотреть на сайте*.

* <http://geoksc.apatity.ru/>

Правила для авторов

Журнал «Природа» публикует работы по всем разделам естествознания: результаты оригинальных экспериментальных исследований; проблемные и обзорные статьи; научные сообщения и краткие рефераты наиболее примечательных статей из научных журналов мира; рецензии; персоналии; материалы и документы по истории естественных наук. Поскольку статьи адресуются неспециалистам, желающим знать, что происходит в смежных областях науки, суть проблемы необходимо излагать ясно и просто, избегая узкопрофессиональных терминов и математически сложных выражений. Авторами могут быть специалисты, работающие в том направлении, тема которого раскрывается в статье. Без предварительной апробации научным сообществом статьи не принимаются, а принятые к публикации в «Природе» рецензируют

ся и проходят редакционную подготовку.

Допустимый объем статьи — до 30 тыс. знаков (с пробелами). В редакцию статьи можно прислать по электронной почте прикрепленными файлами или на любом из следующих носителей: компакт-дисках CD-R или CD-RW; дисках DVD+R или DVD+RW; дисках Zip 100 Mb; на устройствах, поддерживающих USB. Для сжатых файлов необходимо представить свой архиватор. Самораспаковывающиеся архивированные файлы не принимаются.

Текст статьи, внутри которого библиографические ссылки нумеруются по мере цитирования, аннотация (на русском и английском языках), таблицы, список литературы и подписи к иллюстрациям оформляются одним файлом в формате MS с расширением doc, txt или rtf. Иллюстрации присылаются отдельными файлами. Если пере-

сылаемый материал велик по объему, следует архивировать его в формат ZIP или RAR.

Принимаются растровые изображения в форматах: EPS или TIFF — без LZW-компрессии. Цветные и полутоновые изображения должны иметь разрешение не ниже 300 dpi, черно-белые (B/W, Bitmap) — не менее 800 dpi. Принимаются векторные изображения в формате COREL DRAW CDR (версии 9.0—11.0) и Adobe Illustrator EPS (версий 5.0—8.0).

Редакция высылает автору статью для согласования только в виде корректуры. Все авторские исправления необходимо выделять цветом, курсивом, полужирным шрифтом и т.д. и не трогать формулы и специальные символы (греческие буквы, математические знаки и т.п.), в которых ошибки не допущены.

Поступление статьи в редакцию подтверждает полное согласие автора с правилами журнала.

Над номером работали

Ответственный секретарь
Е.А.КУДРЯШОВА

Научные редакторы
О.О.АСТАХОВА
М.Б.БУРЗИН
Е.Е.БУШУЕВА
Т.С.КЛЮВИТКИНА
К.Л.СОРОКИНА
Н.В.УЛЬЯНОВА
О.И.ШУТОВА

Выпускающий редактор
Л.П.БЕЛЯНОВА

Литературный редактор
Е.Е.ЖУКОВА

Художественный редактор
Т.К.ТАКТАШОВА

Заведующая редакцией
И.Ф.АЛЕКСАНДРОВА

Перевод:
С.В.ЧУДОВ

Набор:
Е.Е.ЖУКОВА

Корректоры:
М.В.КУТКИНА
Л.М.ФЕДОРОВА

Графика, верстка:
А.В.АЛЕКСАНДРОВА

Свидетельство о регистрации
№1202 от 13.12.90

Учредитель:
Российская академия наук,
президиум
Адрес издателя: 117997,
Москва, Профсоюзная, 90

Адрес редакции: 119049,
Москва, Маро́новский пер., 26
Тел.: (499) 238-24-56, 238-25-77
Факс: (499) 238-24-56
E-mail: priroda@naukaran.ru

Подписано в печать 18.03.2013
Формат 60×88 1/8
Офсетная печать, усл. печ. л. 10,32,
усл. кр.-отт. 67,8 тыс., уч.-изд. л. 12,2
Заказ 1139
Набрано и сверстано в редакции

Отпечатано в ППП типографии «Наука»
Академиздатцентра «Наука» РАН,
121099, Москва, Шубинский пер., 6

www.ras.ru/publishing/nature.aspx

При использовании материалов ссылка на журнал «ПРИРОДА» обязательна.