

ПРИРОДА

7 "11"



В НОМЕРЕ:**3 Черных Е.Н.****Структура Евразийского мира на фоне геоэкологии после открытия металлов Север—Юг**

К началу эпохи раннего металла три основных мира Евразии – «трехслойный пирог» цивилизаций Севера и Юга – протянулись непрерывными полосами от Атлантики до Тихого океана. Они, в свою очередь, делятся почти по меридиану еще на две части – и на поверхность всплывают особенности будто бы несовместимых миров Востока и Запада...

14 Волинский А.Л.**Как визуализировать процесс деформации полимеров?**

С точки зрения способности к большому обратимым деформациям полимеры не знают себе равных. При деформации полимера происходит перенос части материала из объема на поверхность. Как изучать этот процесс?

22 Салтыковский А.Я.**Причины и возможные последствия извержения исландского вулкана**

Весной 2010 г. в Исландии проснулся вулкан Эйяфьядлайокюдль. Образовалась гигантская пепловая туча, парализовавшая авиасообщение над Европой. Что же произошло в Исландии и что вызвало авиакатастрофы в Европе? Ответ надо искать в особенностях глубинной структуры острова.

30 Макарова О.Л.**Обитаемый остров: клещи в Гренландии**

Последнее оледенение (около 10 тыс. лет назад) островов Северной Атлантики привело к массовой гибели биоты. История и механизмы формирования природных сообществ региона долгое время вызвали споры. Ответить на важные для биогеографии вопросы позволило изучение клещей Гренландии.

40 Бызов Б.А., Рабинович Я.М.**Невидимые миры почвы**

Разнообразие живых организмов в почве огромно: это и беспозвоночные, и грибы, и многочисленные бактерии. Все они взаимодействуют между собой. Изучение таких межорганизменных связей чрезвычайно важно как с теоретической, так и с практической точки зрения.

47 Белов С.В.**Великая дайка Зимбабве**

Среди геологических образований, существующих на нашей планете и относящихся к памятникам природы, есть поистине уникальные, свидетельствующие о грандиозных процессах, которые меняли лик Земли. Одно из них — Великая дайка Зимбабве.

52 Литинская Т.К.**Как живешь, секвойя?**

Сегодня девственные леса секвойи, занимающие когда-то в Северной Калифорнии примерно 2 млн акров, сильно поредели и остались лишь на защищенных территориях: в национальных парках и заповедниках. Изучение старых деревьев с помощью древолазания помогает раскрыть секреты этих долгожителей.

58 Комаров В.Н.**И снова о шаровой молнии****59 Егоров А.И., Степанов С.И.****Шаровая молния в лаборатории****Заметки и наблюдения****64 Рижинашвили А.Л.****Нарядная родственница вороны****О чем писала «Природа»****69 Кольцов Н.К.****Опыты Штейнаха по омоложению организма****Анисимов В.Н.****В поисках «фонтана юности» (77)****80****Новости науки**

VII Европейский конгресс Международной ассоциации геронтологии и гериатрии. Михайлова О.Н. (80). Как сравнить с Эйнштейном? (81). Фуллерены в космосе (81). Топливные элементы с углеродными нанотрубками (82). Пищеварение речного бобра (83). Залеты сибирских видов воробьиных птиц в Европу (83). Расселение брусники животными на юге Дальнего Востока (84). Резервная популяция азиатской дикуши в Западной Сибири (84). Бухарский горный баран в Таджикистане (84). Облака и климат (85). Тропические леса в палеоцен-эоценовое потепление (85). Реконструкция тундростепей северо-востока Азии в плейстоцене (86).

Рецензии**87 Левина Е.С.****История жизни незаурядного человека**

(на кн.: Л.М.Шабад. История одной лаборатории)

91**Новые книги****93 Потапов Р.Л.****Загадка амурских тигров****Встречи с забытым**

CONTENTS:

3 Chernykh E.N. Structure of Eurasian World on the Background of Geoecology after Discovery of Metals North–South

In the beginning of the early metal age the three main worlds of Eurasia — the «three-layered pie» of civilizations of North and South — stretched out in almost continuous belts from Atlantic to Pacific. In their turn, they were subdivided almost along meridian line into two parts, and the features of supposedly incompatible worlds of East and West emerged...

14 Volynsky A.L. How to Visualize Polymer Deformation Process?

In respect of ability to undergo reversible deformations nothing can compete with polymers. During polymer deformation some material is transferred from volume onto the surface. How to study this process?

22 Saltykovsky A.Ya. Causes and Possible Consequences of Eruption of Icelandic Volcano

In spring 2010 volcano Eyjafjallajökull woke up. A huge ash cloud arose and paralyzed air travel over Europe. What bad happened in Iceland and what caused collapse of air travel in Europe? The answer should be looked in peculiarities of the island deep structure.

30 Makarova O.L. Inhabited Island: Mites in Greenland

The last glaciation (about 10000 years ago) of the islands of Northern Atlantic led to mass extinction of life. History and mechanisms of formation of ecosystems of this region for long time were controversial. The study of Greenland mites allowed find answers to important questions of biogeography.

40 Byzov B.A., Rabinovich Ya.M. Invisible Worlds of Soil

Diversity of living organisms in the soil is tremendous: it includes invertebrates, fungi and lots of bacteria. They all interact with each other. Study of such interspecies interactions is extremely important from both theoretical and practical perspectives.

47 Belov S.V. The Great Dike of Zimbabwe

Among geological formations existing at our planet and registered as natural wonders there are really unique, manifesting grandiose processes that changed the face of Earth. One of them is the Great Dike of Zimbabwe.

52 Litvinskaya T.K. How Do You Do, Sequoia?

Today primeval forests of sequoia, that formerly occupied around 2 mln acres in Northern California, get rather thin and remain only at protected areas: in national parks and reserves. Study of old trees using tree-climbing helps to uncover secrets of these long-livers.

58 Komarov V.N. And Again about Ball Lightning

59 Egorov A.I., Stepanov S.I. Ball Lightning in Laboratory

Notes and Observations

64 Rizhinashvili A.L. Well-dressed Relative of a Crow

What «Priroda» Wrote About

69 Koltzoff N.K. Steinach's Experiments on Organism Rejuvenation

Anisimov V.N. In Search of «Fountain of Youth» (77)

80 Science News

VII European Congress of International Association of Gerontology and Geriatrics. **Mikhailova O.N.** (80). How to Compete with Einstein? (81). Fullerenes in Space (81). Fuel Cells with Carbon Nanotubes (82). Digestion in Beavers (83). Siberian Species of Passerine Birds of Passage in Europe (83). Spreading of Mountain Cranberries by Animals at Southern Far East (84). Backup Population of Siberian Grouse in Western Siberia (84). Bukhara Urial in Tajikistan (84). Clouds and Climate (85). Tropical Forests during Paleocene–Eocene Warming (85). Reconstruction of Tundro-steppes of North-Eastern Asia during Pleistocene (86).

Book Reviews

87 Levina E.S. Life History of a Remarkable Man (on book: L.M.Shabad. History of a Laboratory)

91 New Books

Encounters with Forgotten

93 Potapov R.L. The Riddle of Amur Tigers

Структура Евразийского мира на фоне геоэкологии после открытия металлов

Север—Юг

Е.Н.Черных

В попытке приблизиться к пониманию базовых деталей структуры невероятно сложного организма, каким представляется гигантский мир разновременных и разнохарактерных культур Евразии, необходимо хотя бы очень кратко остановиться на ряде важнейших исходных позиций. Начнем с лапидарной оценки роли археологических источников в изысканиях такого рода. Достаточно хорошо известно, что археология «отвечает» за реконструкцию более чем 99% всей мировой, долгой — в 2.5 млн лет — истории человечества. При этом вполне очевидно, что наиболее сильной стороной предлагаемых археологической наукой исторических картин становится опора на воистину неохватные базы системно обработанной бесчисленной массы разнообразных материальных артефактов. Сами базы рассматриваются (или, по крайней мере, должны рассматриваться) на фоне геоэкологических либо иных природных реалий и — что особенно важно — в теснейшей связи с последними.

Гораздо слабее выглядят археологические реконструкции социальной сферы различных народов. Для успешного создания широких и впечатляющих социокультурных полотен совершенно необходимым кажет-



Евгений Николаевич Черных, доктор исторических наук, профессор, член-корреспондент Российской академии наук, заведующий лабораторией естественно-научных методов Института археологии РАН. Область научных интересов — история технологий и структура древних культур и общностей Евразии.

ся сочетание и комбинация методов археологии со свидетельствами письменных исторических документов. Поэтому наиболее убедительные и эффективные результаты археологических реконструкций предстают, как правило, в сфере междисциплинарных исследований по истории различных технологий, динамике их развития, а также в сопряженности различных технологических моделей с исторической документацией и с учетом геоэкологических зон.

И, наконец, перед изложением некоторых сюжетов резонно привлечь внимание к ряду ключевых, переломных периодов истории евразийских социумов, когда их мир буквально сотрясали взрывы базовых, кардинальных изменений. Начнем же мы с того периода, который в четвертичной геологии обозначен переходом от плейстоцена к голоцену: геологические сдвиги в данном случае во многом обусловили также и значительные исторические перемены.

Финал древнекаменного века: изоляция континентальных «анклавов»

Первый — постледниковый — переломный период датируется временем, близким к 12 тыс. лет назад, или же 10-м тысячелетием до н.э. (в археологии такой стиль обозначения времени употребляют несравненно чаще). К этому тысячелетию по существу завершилось освоение человеком фактически всех пространств Евразийского материка, вплоть до побережья Северного Ледовитого океана. Глобальные межконтинентальные миграции стали одними из самых

ярких проявлений активности позднелепестолитических популяций. В ярких «пучках» этих активных миграционных потоков обычно различают два наиболее важных канала — американский и австралийский.

Американское направление миграций евразийских народов в этом ряду привлекает, безусловно, самое пристальное внимание большого числа ученых — археологов, антропологов, даже лингвистов. Популяции древнекаменного века должны были преодолевать ледяной и крайне суровый с геологической позиции **Берингов мост**, соединявший северо-восточные окраины Евразии с американской Аляской (рис.1). Именно культура этих мигрантов и послужила исходной базой для всех древнейших социумов Америки. Сторонники «длинной» хронологии сибирско-американских переселений полагают, что первые *Homo sapiens sapiens* в Новом Свете появились еще около 40—35 тыс. лет назад. Их оппоненты — приверженцы «короткой» хронологии — уверены лишь в одной волне мигрантов в рамках примерно 22—12 тыс. лет назад. 12 тыс. лет назад в Северном полушарии уже почти растаяли гигантские континентальные ледниковые покровы. Именно с того времени Берингов мост оказался перекрытым поднявшимися более чем на сотню метров и слившимися водами Тихого и Северного Ледовитого океанов, отчего путь между обоими континентами оказался пресеченным.

Параллельно протекавшие глобальные геологические сдвиги перерезали и юго-восточный коридор для евразийских позднелепестолитических

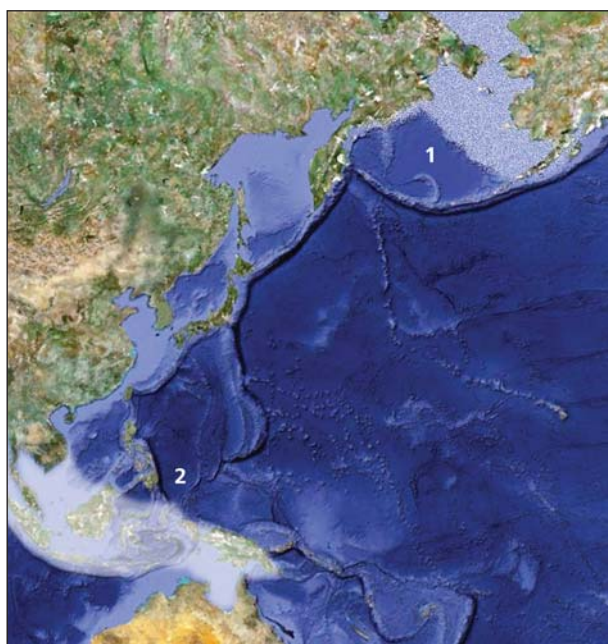


Рис.1. Конец эпохи плейстоцена. Основные пути расселения палеолитического человека в Америку через Берингию (1) и по суше в Австралию (2).

ких мигрантов. К Австралии от Юго-Восточной Азии их группы продвигались ранее по вытянутому «языку» гористых джунглей, — тех, что после резкого повышения уровня вод Мирового океана предстали бесконечной цепью больших, малых и крохотных островов — от Явы, Суматры, Борнео вплоть до Новой Гвинеи и северного побережья Австралийского континента. С началом голоцена этот — самый незначительный по площади — материк нашей планеты также оказался в изоляции от основного гигантского массива евразийской суши (рис.1).

Итак, примерно 12 тыс. лет назад на нашей планете предстали обособленными друг от друга народы четырех весьма неоднозначных по пространственному охвату и геологическим условиям континентальных «анклавов» — Евразии, Америки, Африки и Австралии. Правда, Евразия и Африка были по-прежнему связаны узким Суэцким перешейком, однако роль этого мостика в долгой истории большинства африканских культур кажется сравнительно малозначимой. Но при этом подчеркнем главное: при обсуждении различных аспектов очевидной изоляции Африканского материка от Евразии обычно подразумевают области Африки южнее Сахары, но не те, что связаны с долиной нижнего и среднего течения Нила или же прилегают к Средиземноморью. Североафриканские регионы в развитии древних культур были как бы подключены к общеевразийским, но не к южноафриканским моделям развития. Глобальные же межконтинентальные миграции народов возобновятся много позднее — спустя 12 тысячелетий, когда наступит уже Новое время.

Завершившийся около 12 тыс. лет назад (или же, как мы будем говорить далее, в 10-м тысячелетии до н.э.) период оказался воистину переломным в истории евразийских народов. Завершалось развитие тех культур финала древнекаменного века, что представляли даже для относительно искушенного в археологии наблюдателя внешне чрезвычайно монотонными и трудноразличимыми. На фоне процессов материкового обособления стал резко снижаться и масштаб внутриконтинентальных миграций, также требовавших у социумов чрезвычайных усилий. Судя по всему, фокус общественной энергии постепенно начал смещаться в сферу освоения заселенных популяциями пространств, в разработку технологий и новых способов взаимодействия культур с окружающей природой. Почти немедленно проявились признаки неравномерности в характере и динамике исторического развития. Отныне на первый план выходят процессы развития различных форм существования разнообразных евразийских популяций, что сказалось на проявлении их культур.

Но вот что следует подчеркнуть особо: начиная с межконтинентальных «обособлений», с переходом от плейстоцена к голоцену, процессы формирования важнейших геологических зон

Евразии резко ускорились (эти зоны мало изменились и поныне).

Начало производящей экономики и период протометалла

Исходной, базовой моделью жизнеобеспечения всех палеолитических социумов — и не только Евразии — служили охота, рыболовство и собирательство. Такую модель в археологической науке обычно именуют *присваивающей экономикой*. С началом окультуривания злаков и их регулярного выращивания, равно как и domestikации (приручения) животных — прежде всего мелкого и крупного рогатого скота, — нарастают признаки революционных изменений в исходной модели жизнеобеспечения. Такого рода технологически более развитые социумы в археологии относят уже к разряду культур с *производящей экономикой*. Когда же со скотоводством и/или земледелием в той или иной культуре оказывается сопряженной металлургия — или хотя бы лишь металлообработка — то, как правило, говорят уже о *комплексной производящей экономике*.

Согласно прежней и, безусловно, господствовавшей еще недавно археологической парадигме все революционные преобразования человечества зарождались в Месопотамии. «Свет» с Востока, или же Двуречья, постепенно распространялся затем по всем «варварским» сторонам и окраинам Евразии, и обитатели этих областей старались по мере сил и возможностей усваивать азы живи-



Рис.2. Поселения и святилища эпохи протометалла 9—7 тысячелетий до н.э. Красными точками обозначены памятники с древнейшими на нашей планете изделиями из меди.

тельных лучей. Современные исследования археологических реалий показывают, однако, что ситуация оказывалась несколько иной, а во многих случаях отличалась от прежних «виртуальных» представлений даже кардинально.

Так, наиболее ранние и весьма яркие признаки социумов с производящей экономикой были обнаружены не в Месопотамии, а севернее ее — в Анатолии. Черты некоторых анатолийских памятников 10—8-го тысячелетий до н.э. ярче всего отразились в архитектуре — каменной или глиняной, а также в скульптуре (рис.2—4). Строго говоря, в археологии под термином «культура» пони-



Рис.3. Чайоню-тепеси — поселение 9—8 тысячелетия до н.э. в восточной Анатолии. Здесь, кроме самой многочисленной для эпохи протометалла коллекции примитивных по форме медных изделий, вскрыты и изучены фундаменты великолепных каменных сооружений.



Рис.4. Гёбекли-тепе — святилище 9-го тысячелетия до н.э. на востоке Анатолии с гигантскими каменными стелами (а); истинный размер каждой из стел (б); фигуры животных, высеченные на стелах (в).

мается совокупность достаточно однородных и сходных по своим важнейшим характеристикам памятников — поселений или некрополей, пространенных по некоторой территории в определенный отрезок времени. Здесь же мы почти повсеместно встречаемся лишь с отдельными поселениями или же святилищами, и каждый из подобного рода памятников отличается от иных, даже соседних, чрезвычайно ярким и неповторимым своеобразием наиболее характерных признаков. По существу мы сталкиваемся с проявлением неких «точечных» технологических революционных взрывов, творцами которых представляли относительно немногочисленные и в той или иной мере изолированные от соседей популяции. Специфическая культура в таких «революционных точках» могла существовать несколько столетий, но затем столь же внезапно «умирать», не оставляя после себя явных последователей.

Металлургическая революция 5-го тысячелетия и эпоха раннего металла

Отдельным малочисленным группам людей стало известно о металле еще в предшествующий период — в 9–6-м тысячелетиях до н.э. Однако находки этого времени — лишь редкие и маловыразительные по форме мелкие медные украшения типа бусинок или подвесок. На их изготовление пошла, как позволяют говорить специальные анализы, медь самородная, но не та, которую выплавляли из минералов. Мы именуем этот период эпохой протометалла — ведь истинную металлургию люди постигли много позднее — в 5-м тысячелетии до н.э.

Чрезвычайное значение металла в жизни человечества общеизвестно — ведь именно он сделался реальным костяком человеческой цивилизации, и без него даже сегодня мы были бы отброшены вновь в далекое прошлое каменного века. Металл служил самым надежным технологическим маркером исторических эпох. К примеру, знаменитая «триада» последовательно сменявших друг друга веков — каменного, бронзового и железного — популярна и поныне, хотя молодой датчанин и любитель древностей Кристиан Томсен сформулировал эту гипотезу почти две сотни лет назад. Но о великой роли металла ведали намного раньше. Еще за два с половиной тысячелетия до Томсена древнегреческий поэт и мыслитель Гесиод важнейшие этапы восходящей истории человечества рисовал себе через призму металлов. И сколь блаженными рисовались ему времена исходных — золотого и серебряного — веков! Но вот...

*Третье родителъ Кронид поколение людей
говорящих
Медное создал, ни в чем с поколеньем несхожее
прежним.
С копыями. Были те люди могучи и страшны.
Любили
Грозное дело Арея, насильщину. Хлеба не ели.
Крепче железа был дух их могучий.
Никто приближаться
К ним не решался, великою силой они обладали
И необорные руки росли на плечах многоможных.*

За грозным «медным поколеньем» следовало четвертое — «справедливее прежних и лучше, славных героев божественный род». И, наконец, наступает век пятый по счету Гесиода — совре-

менный ему век железа, и поэт с отчаянием посылает ему свои проклятья:

*Если бы мог я не жить с поколением пятого века!
Раньше его умереть я хотел бы или позже родиться.
Землю теперь населяют железные люди. Не будет
Им передышки ни ночью, ни днем от труда и от горя...*

Сама металлургическая революция в Евразии вспыхнула довольно далеко от «сакральной» земли месопотамского Двуречья и даже Анатолии, где до этого прорывались и исчезали впечатляющие как специалистов, так и простых наблюдателей «точечные технологические взрывы». Металлургической колыбелью стали северные Балканы и Карпаты — регионы, прилегавшие в основном к среднему и нижнему бассейну Дуная. Знаковыми памятниками этой революции стали медный рудник Аи бунар в южной Болгарии (рис.5) и знаменитый «золотой» Варненский некрополь (рис.6). Расчеты показали, что из щелевидных и глубоких разработок только Аи бунара древние горняки смогли извлечь примерно 30 тыс. т медных минералов, а из них выплавить не менее тысячи тонн меди. В могилах же кладбища на окраине Варны археологи обнаружили несколько сотен медных образцов орудий и оружия, а также до 3 тыс. золотых украшений. Тогда же — в 5-м тысячелетии до н.э. — сформировалась первая в евразийской истории Балкано-Карпатская металлургическая провинция, где на площади до 1.5 млн км² — от Балкан до Поволжья — распространялась медь, выплавленная из руд балкано-карпатских месторождений.

Формирование этой провинции обозначило уже начало великой эпохи раннего металла, история которой охватила время с 5-го вплоть до рубежа 2-го и 1-го тысячелетий до н.э. За эти долгие четыре тысячелетия произошли четыре смены основных периодов, которые в археологии чаще всего именуют веками: медный (5-е тысячелетие), ранний бронзовый (4-е тысячелетие), средний бронзовый (3-е тысячелетие) и, наконец, поздний бронзовый (с рубежа 3-го и 2-го до рубежа 2-го и 1-го тысячелетий до н.э., когда надвигался век столь проклинаемого Гесиодом поколения «железных людей»).

Не может быть сомнений, что каждый из упомянутых веков дает в руки исследователей чрезвычайно важные материалы для заключений о характере развития культур Евразии и уровня их технологического развития. Однако тема эта кажется необъятной, и мы по этой причине постараемся в настоящей статье привлечь внимание лишь к тем важнейшим чертам эпохи раннего металла, которые отразились на генеральной структуре Евразийского мира.

Как правило, старт каждого из периодов («веков») знаменовался, во-первых, своеобразным «взрывом» или же стремительным появлением блока инноваций в металлургической технологии. Сам взрыв оказывался практически всегда сопряжен-



Рис.5. Металлургическая революция 5-го тысячелетия до н.э. в Балкано-Карпатье. Медный рудник Аи бунар в южной Болгарии. Археологи за расчисткой одной из глубоких горных выработок.



Рис.6. Знаменитый некрополь 5-го тысячелетия до н.э. в Варне. Золотые и каменные изделия из могил.

ным с территориальным скачком в расширении пространственного ареала металлоносных культур, и кроме того, последнее непременно влекло за собой резкие перемены в этнокультурном полотне на огромных евразийских пространствах.

Во-вторых, практически всегда за каждым из такого рода пространственно-технологических рывков следовал иной, «спокойный», период, но уже пространственно-технологической стабилизации. Тогда технологические и этнокультурные «полотна» в Евразии словно застывали в неподвижности, либо перемены в деталях этих картин казались малозначимыми. По этой причине в каждом из веков можно было различать две более или менее равные в хронологическом отношении части: взрыв и пространственный скачок с последующей стабилизацией. С принципиальным отличием от установленной последовательности мы столкнулись при изучении культур позднебронзового века.

Гигантский пространственно-технологический рывок и Великая пространственная стагнация

Динамика пространственных скачков территориального охвата металлоносных культур в Евразии представляет, пожалуй, для нашей темы особый интерес (рис.7). В так называемую эпоху протоме-

талла единичные памятники с редкими находками медных предметов были рассеяны по площади в 0.7—0.9 млн км². Культуры медного века покрывали уже ареал до 3—3.5 млн км²; однако реально значимые металлургия и металлообработка охватывали тогда лишь территорию Балкано-Карпатской металлургической провинции на площади примерно до 1.5 млн км². Ранний бронзовый век 4-го тысячелетия привел к скачку до 6—7 млн км². Средний бронзовый век, датированный рамками 3-го тысячелетия, привел к территориальному росту до 10—11 млн км².

Однако вся динамика предшествующих периодов выглядит весьма бледной на фоне гигантского пространственного взрыва в позднебронзовом веке. Тогда в пределах относительно короткого хронологического отрезка, включавшего финальные столетия 3-го и начальные века 2-го тысячелетий, тот взрыв накрыл общую территорию до 40—43 млн км². Рост четырехкратный! При этом металлоносные культуры оккупировали всю южную и большую часть Евразийского континента. Однако не менее 10—13 млн км² (преимущественно северной, таежно-лесной и тундровой зон) оставались заселенными популяциями, культура которых отвечала облику истинно каменного века. Северные лесные народы либо почти ничего не знали о металле, либо обрабатывали его весьма примитивно.

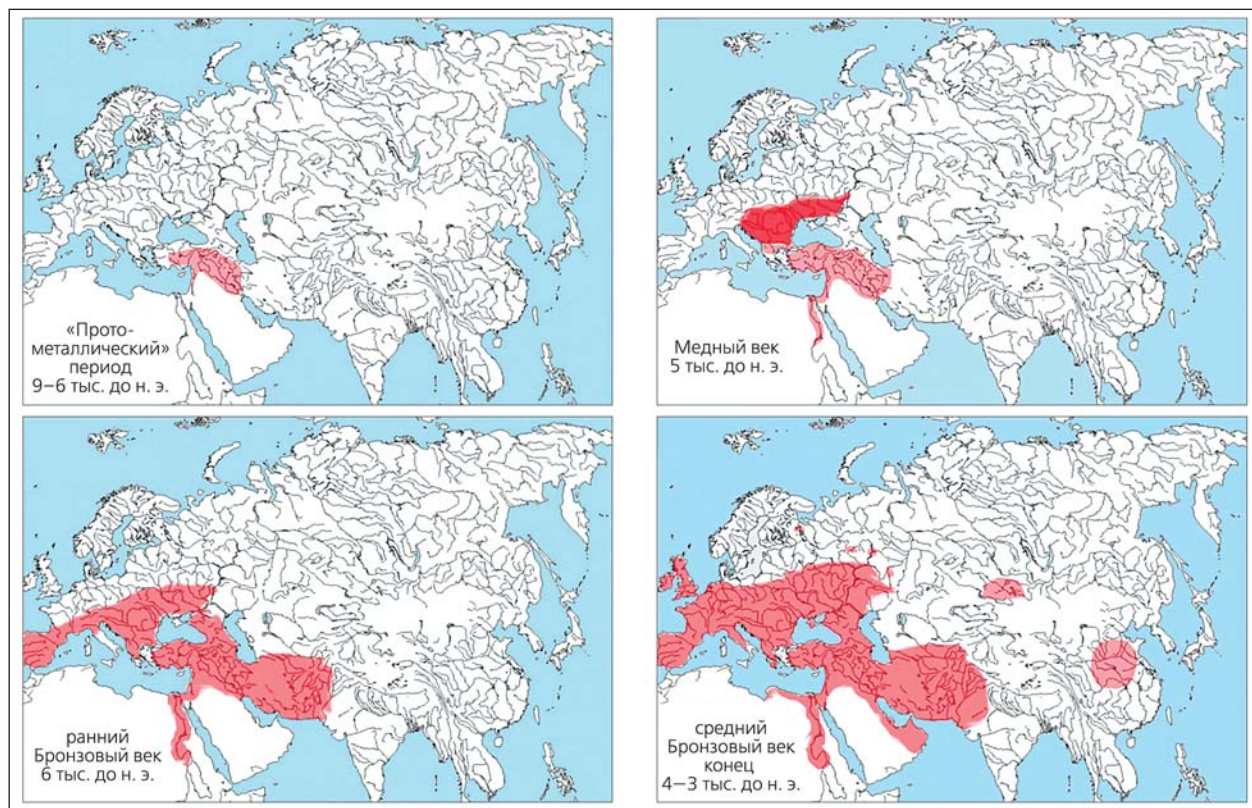


Рис.7. Основные этапы и ареалы распространения металлоносных культур в Евразии с 9 по 3 тысячелетие до н.э.

На фоне впечатляющих перемен века поздней бронзы внезапно предстает — для исследователей малопонятным и труднообъяснимым — феномен уже совершенно иного рода: Великий пространственный рывок (рис.8) порождает эпоху Великой пространственной стагнации. Эта неожиданная эпоха означает, что в течение последующих **трех или даже трех с половиной тысячелетий** территориальные рамки металлоносных высокотехнологичных культур с комплексной производящей экономикой оставались практически неизменными. Период территориальной стагнации растянулся вплоть до того рубежа, который многие историки предпочитают пометить 1500 годом (этот по цифрам слегка «округленный» год очень часто служит своеобразным и относительно удобным маркером начала Нового времени — ведь он почти совпадает со временем открытия Америки). Картина евразийской мегаструктуры застывает на очень долгий отрезок времени.

Но вот что при этом видится также весьма странным: Великая стагнация оказалась сопряженной лишь с территориальным охватом. Пространственная стагнация никак или почти никак не тормозила бурных процессов кардинальных перемен как в технологии производств, так и в структурах социокультурной сферы металлоносных сообществ, оккупировавших тогда большую, южную часть Евразии. Но этой чрезвычайно интересной для нас темы мы коснемся позднее.

Геоэкологические зоны Евразии и модели жизнеобеспечения

По всей видимости, к 6–5-му тысячелетиям до н.э., т.е. к началу эпохи раннего металла, геоэкологическая структура Евразийского континента приобрела тот устойчивый облик, который сохраняет свои базовые черты вплоть до наших дней. Сложившаяся структура послужила фундаментом для формирования трех важнейших, но не сходных между собой моделей жизнеобеспечения евразийских общностей: 1) охотников, рыбаков и собирателей, 2) мобильных — кочевых или полукочевых — скотоводов и 3) оседлых земледельцев (рис.9). Металлургия и/или металлообработка были неперенными занятиями как скотоводов, так и оседлых земледельцев, отчего мы и помещаем экономику последних в разряд комплексной производящей. Охотники и рыбаки южной полосы лесной зоны континента если и знали металл, то в большинстве случаев редко. Медь там почти никогда не играла сколько-нибудь значимой роли; поэтому их экономику мы и причисляем к категории присваивающей.

Рубежом формирования на всем пространстве Евразии представленной здесь картины можно считать границу 3-го и 2-го тысячелетий до н.э., т.е. начало позднебронзового века. Устойчи-

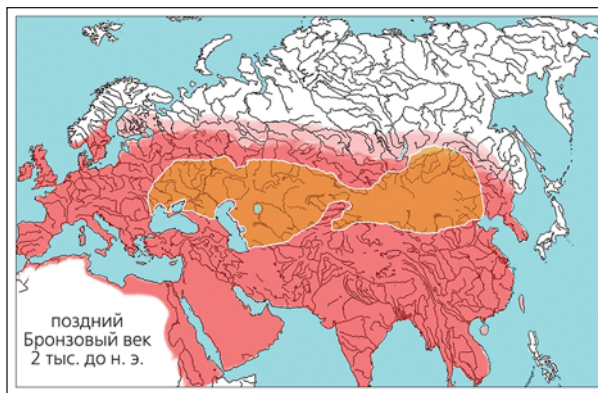


Рис.8. Гигантский скачок в пространственном распространении металлоносных культур Евразии на рубеже 3-го и 2-го тысячелетий до н.э. Контур в центре ареала обозначает границы Степного пояса материка.

вое воспроизводство каждой из моделей наблюдалось в течение не менее чем трех или трех с половиной тысячелетий — вплоть до Нового времени или до второй половины 2-го тысячелетия, но уже нашей эры. При этом каждая из совокупностей культур одной из трех основных моделей оказалась сопряженной с конкретной геоэкологической зоной, служившей надежным доменом для этих столь непохожих друг на друга общностей.

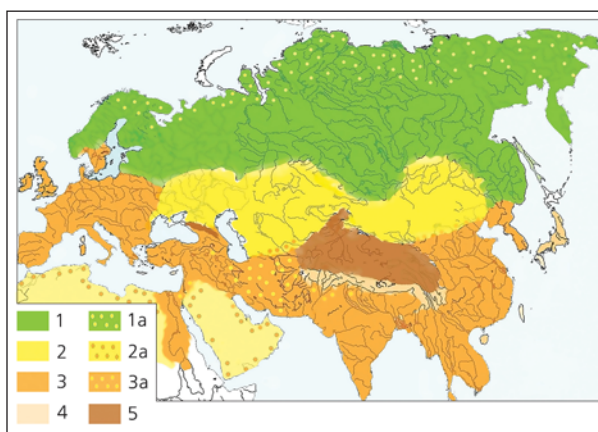


Рис.9. Ареалы основных геоэкологических зон Евразии и модели жизнеобеспечения культур: 1 — лесная и тундровые зоны — культуры охотников, рыбаков и собирателей; 1a — культуры мобильных оленеводов; 2 — Степной пояс континента: ареал мобильного, кочевого и полукочевое скотоводства; 2a — земледельческие (оазисные) культуры в зонах господства скотоводческих культур; 3 — зоны доминирования оседло-земледельческих культур; 3a — скотоводческие культуры в зонах господства оседло-земледельческих культур; 4 — подгорные зоны, смешанный тип моделей жизнеобеспечения; 5 — высокогорные зоны, неопределенный (смешанный) тип моделей жизнеобеспечения.

С геоэкологической позиции наиболее однородными выглядят, пожалуй, лесная, лесотундровая и полярно-тундровая зоны Евразии — домен охотников, рыбаков и собирателей. Эта область простиралась без каких-либо заметных перерывов от Атлантики вплоть до Тихого океана, покрывая до 17—18 млн км².

Иной предстает зона мобильных скотоводческих культур. В их домене легко различить два изолированных друг от друга ареала. Основная часть — это знаменитый Степной пояс, пересекающий Евразийский континент от Желтого моря на востоке до Северного Причерноморья (точнее, до устья Дуная и Восточных Карпат) на западе. Территориальный охват Степного пояса равен примерно 8—9 млн км². Другая, но уже существенно меньшая (до 3 млн км²) часть домена, оккупированная кочевыми и полуседлыми скотоводами, — это Аравийский п-ов, который порой именуют субконтинентом. Его пустыни и полупустыни плавно перетекают в засушливые области Сирии, Палестины и даже Месопотамии.

Наконец, домен оседло-земледельческих культур являет собой наиболее крупную, однако пеструю, порой даже контрастную в геоэкологическом отношении зону. Охватывая суммарно до 22—23 млн км², этот домен включает в себя не только исключительно пригодные для высокопродуктивного земледелия ареалы, подобные хрестоматийно известным речным долинам Нила, Тигра и Евфрата, Инда, Хуанхэ, но также регионы оазисов — изолированных и вкрапленных в те аридные области, где занятие земледелием считалось либо невозможным, либо рискованным. Весьма существенную долю в этой южной зоне занимают высокогорные области, подобные гигантскому лабиринту хребтов Тибето-Гималайской системы, Памиро-Тянь-Шаню или, скажем, Большому Кавказу. Такие высокогорья занимали суммарно не менее 4—5 млн км², и оседлое земледелие в узких долинах их рек и речек не могло играть сколько-нибудь значительной роли. Кроме того, такого рода могучие узлы горных систем расчленили весь южный домен на составные и нередко жестко изолированные друг от друга регионы.

Мы намеренно не акцентируем внимания на социокультурных характеристиках сообществ каждого из трех блоков: это тема особая и требующая специального изложения; поэтому ограничимся здесь лишь скупыми замечаниями. Наиболее разнообразные в отношении социальных структур в конце 3-го и первой половине 2-го тысячелетий до н.э. общности были сосредоточены, безусловно, в южном домене оседло-земледельческих культур. Однако и в этих группах наряду с весьма развитыми, уже освоившими письменность государствами Месопотамии, Палестины, Анатолии и Китая изобиловали и определенно преобладали по своей численности те общности, что в социальном отношении считаются сравнительно слабо структурированными.

Более «монотонными» по уровню социальной дифференциации выглядели культуры мобильных кочевых и полукочевых скотоводов. В их среде очень долгое время не могли выработать собственной письменности, и потому наши знания о социокультурных структурах скотоводческих сообществ строятся лишь на попытках дешифровки археологических материалов, либо на сообщениях более продвинутых в отношении средств информатики оседло-земледельческих социумов. Однако заметим при этом, что оценки «письменными» цивилизациями своих кочевых соседей предстают, как правило, крайне тенденциозными, не только недоброжелательными, но весьма нередко насыщенными злобными фантазмагориями (правда, такие свидетельства относятся преимущественно уже к более поздним периодам).

Сообщества же охотников, рыбаков и собирателей, как правило, археологи и этнологи почти без колебаний причисляют к числу первобытно-родовых, хотя термины и наполнение каждого из них могут не совпадать в представлении и изложении у различных исследователей.

«Слоеный пирог» евразийских миров

На приводимой здесь карте (рис.9) порядок и расположение трех основных миров Евразийского континента очень похожи на своеобразный «трехслойный пирог». Верхушка «пирога» — суровый и холодный северный мир охотников-рыбаков. База «пирога» — знойный и разноликий мир оседлых земледельцев. Оба домена протянулись многотысячекилометровыми полосами с запада на восток — от Атлантики до морей Тихоокеанского бассейна. «Верхний» и «нижний» миры очень жестко отчленил друг от друга домен мобильных скотоводов. Этот мир растянулся также чрезвычайно протяженной — восьмитысячекилометровой, но намного более узкой в сравнении с облегающими его доменами полосой, упиравшейся своим левым флангом в массив Карпатской горной системы.

Любопытно, однако, что в крайней юго-западной части Евразийского материка уже не пастушеские, но оседло-земледельческие общности разрезали пастушеский домен, «отколов» от его базового монолита огромный кусок Аравийского субконтинента с прилегающими к этим пустыням областями. Этот «кусочек» граничил со Средиземным морем и затем, преодолев узкую долину Нила и непременно расширившись за счет североафриканских пустынь, упирался уже в побережье Атлантики.

«Диалог» цивилизаций: Север—Юг

Эпоха поздней бронзы возвестила вступление трех миров в поразительно долгую фазу апогея «диалога цивилизаций». И протекал такой диалог

не менее четырех тысячелетий по всей необъятной арене Евразийского материка. Скажем, однако, что начальные симптомы этого диалога стали прорезаться в намного более раннем времени, — по меньшей мере, с первыми признаками формирования ядра высокотехнологичных металлоносных культур, т.е. с 5-го тысячелетия до н.э.

Понятие диалога совершенно не означает мирных «дискуссий» и сосуществования разнохарактерных культур. Пожалуй, даже наоборот: весьма похоже, что доминантой в этих бесконечных «беседах» служили кровавые столкновения, столь ярко окрашивавшие бесчисленные страницы летописей этих взаимоотношений. Во всяком случае, письменные источники с несравненно большей охотой повествуют нам именно об этой силовой стороне диалога, не желая почти ничего рассказывать о мирных страницах и восславлять «светлую дружбу между народами».

Не подлежит также сомнению, что самая напряженная линия кипящих страстей подобного рода «дискуссий» совпадала с водоразделом миров мобильных скотоводов и оседло-земледельческих цивилизаций и культур. Несопоставимо слабее это отражалось на взаимоотношениях скотоводов с культурами лесных охотников и рыбаков. Обо всем этом недвусмысленно свидетельствуют не только письменные, но и археологические источники.

Агрессивный выход пастушеских культур на передний план мировой арены оказался связанным не только с domestикацией лошади, но также — и это, пожалуй, главное — с освоением коня под верховую езду, с появлением всадничества (мы будем именовать такое сочетание комплексным коневодством). Первые (правда, в те времена не вполне очевидные) признаки постижения степняками такого рода скотоводства археологи и археозоологи подмечают в памятниках самого начала эпохи раннего металла, еще в 5-м тысячелетии до н.э. Косвенные показатели всадничества нарастают в материалах степных культур 4-го тысячелетия, а к концу 3-го тысячелетия до н.э. господство культур коневодов проявляется уже неоспоримо по всей огромной протяженности Степного пояса. Надо полагать, что в эти тысячелетия шаг за шагом совершенствовалась свои боевые качества первобытная кавалерия — тот, безусловно, ударный и наиболее мощный род войск, сохранявший свое исключительное значение, по существу, вплоть до начала 20-го столетия, но уже Нового времени.

Именно с развитием комплексного коневодства мы начинаем определять культуры коневодов-пастухов в качестве мобильных. Ведь до того времени способность к территориальным перемещениям у скотоводов была крайне невысокой. Тогда же проявил себя весьма странный парадокс: пастух — владелец стада, его хозяин, но одновременно он же — неотлучный придаток своих медли-

тельно передвигающихся животных. Но вот настало время, когда степняки сумели не только приручить, но и оседлать коня. И тогда пастухи-всадники — или же их группы — смогли уже легко «отвязаться» от своих стад. Их боевым отрядам оказались под силу стремительные броски на многие десятки и сотни километров. Стали возможны сложные маневры, группировка и перегруппировка разнохарактерных воинских соединений. И в этом почти немедленно проявилось их очевидное превосходство над оседлыми земледельцами: ведь для первобытных «фермеров» оставить и забросить свои поселения и засеянные поля было равнозначно катастрофе (рис.10).

А скотоводы-всадники — здесь все иначе: *«Ни одному врагу, напавшему на их страну, они не дадут спастись; и никто не может их настичь... Ведь у скифов нет ни городов, ни укреплений, и свои жилища они возят с собой. Все они конные*

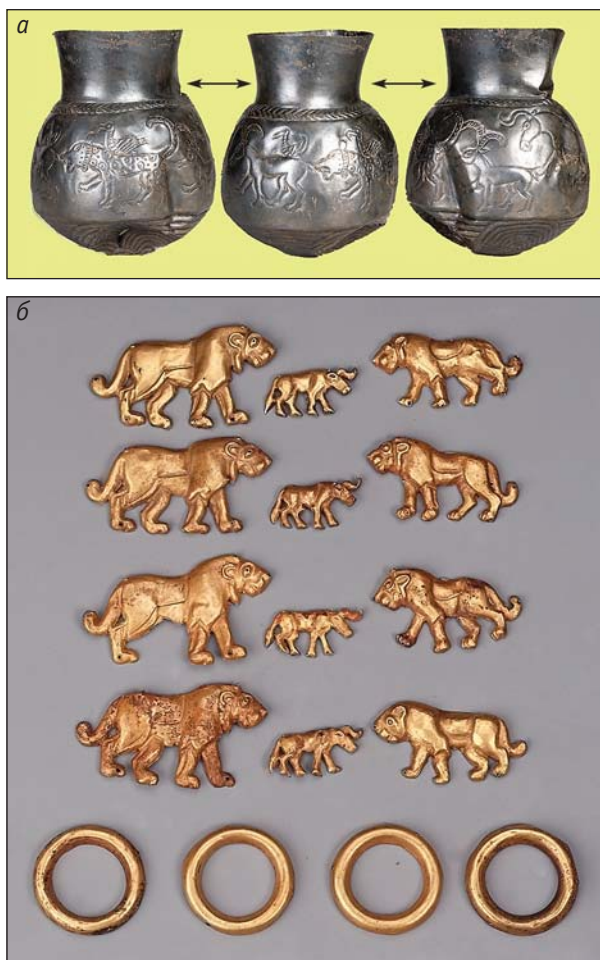


Рис.10. Курганная майкопская культура воинственных скотоводов 4-го тысячелетия до н.э. в предгорьях и степях Северного Кавказа. Эти серебряные сосуды (а) и золотые украшения (б), скорее всего, — дань или военные трофеи, полученные вождями этих народов при встрече с южными оседло-земледельческими цивилизациями.



Рис.11. Монумент основателю Монгольской империи Чингисхану неподалеку от г.Улан-Батора.

лучники и промышляют не земледелием, а скотоводством; их жилища в кибитках. Как же такому народу не быть неодолимым и непреступным?». Это слова «отца истории» Геродота из его повествования о печально известном походе персидского царя Дария в страну скифов: сколь губительными оказались тщетные старания громадного пер-

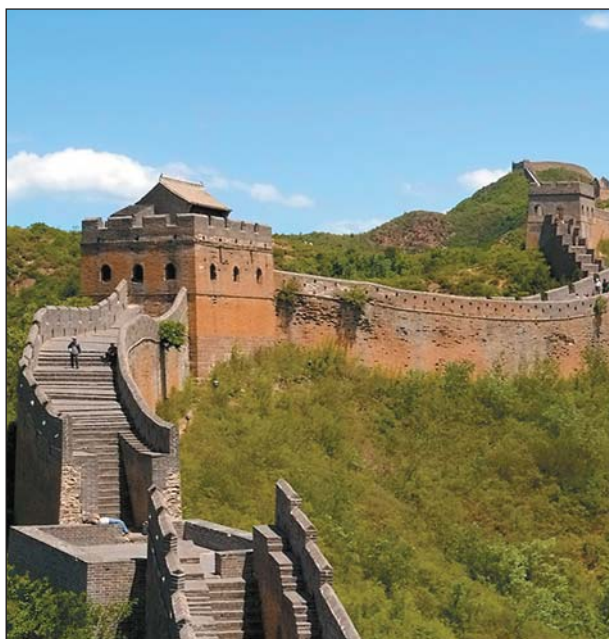


Рис.12. Небольшой, но хорошо сохранившийся участок Великой Китайской стены.

сидского войска догнать и наказать коварных степняков в их родных бескрайних просторах.

Почти всегда во всей долгой истории взаимоотношений мобильных скотоводов с оседло-земледельческими культурами можно было отмечать весьма сходную картину в пропорции народонаселения обоих втянутых в этот сложный диалог миров. Южные популяции всегда не менее чем на порядок (а порой даже на два порядка) превосходили своим числом пастушеские народы. Однако сокрушить и истребить своих жестоких, коварных и трудноуловимых северных соседей им удавалось крайне редко. Более того, хорошо известно, что достаточно часто кочевые народы Степного пояса доминировали над огромными массивами культур и цивилизаций южного мира, и наиболее яркий пример этого, конечно же, Великая Монгольская империя 13–14-го столетий (рис.11).

Все это казалось южным цивилизациям постыдным и трагичным, совершенно необъяснимым: *«При громадности территории Поднебесной как может Империя испытывать унижения от орды, населяющей всего лишь один уезд?»* — вот лишь одно из множества драматических восклицаний в датированном началом II в. до н.э. послании высшего чиновника империи Хань своему монарху.

Кажется, что ярчайшим символом этого бесконечного и жестокого «диалога» цивилизаций стала, конечно же, Великая Китайская стена (рис.12), под которой в реальности понимается запутанный многотысячекилометровый лабиринт чрезвычайно разнохарактерных по конструкции и облику оборонительных стен. Сооружение этих фантастических фортификаций, которые скрывали под своими кладками воистину немереные трудозатраты, продолжалось более 2 тыс. лет — с середины 1-го тысячелетия до н.э. вплоть до XVII в. (рис.13). Укрепления были предназначены для обороны государственных объединений Китайской равнины от набегов северных конных орд. Выдвинутые к северу участки стен отражают, по всей видимости, победоносные продвижения китайских регулярных воинских соединений в зону степного домена. Южные же рваные линии фортификаций заставляют думать о драматичном состоянии китайских цивилизаций под неистовым напором кочевых орд.

Чисто археологические материалы, сосредоточенные, как правило, в могилах степных вождей с 4-го по 1-е тысячелетие до н.э., также говорят о том, что победоносные походы их отрядов позволяли украшать как посястороннюю, так и потустороннюю жизнь кочевых лидеров впечатляющей массой драгоценностей, захваченных во время набегов на южные центры...

Вряд ли требуется специальная оговорка, что этот чрезвычайно своеобразный «диалог» мобильных скотоводов с оседло-земледельческими народами касался не только Китая. Не трудно привести примеры такого рода «дискуссий» не

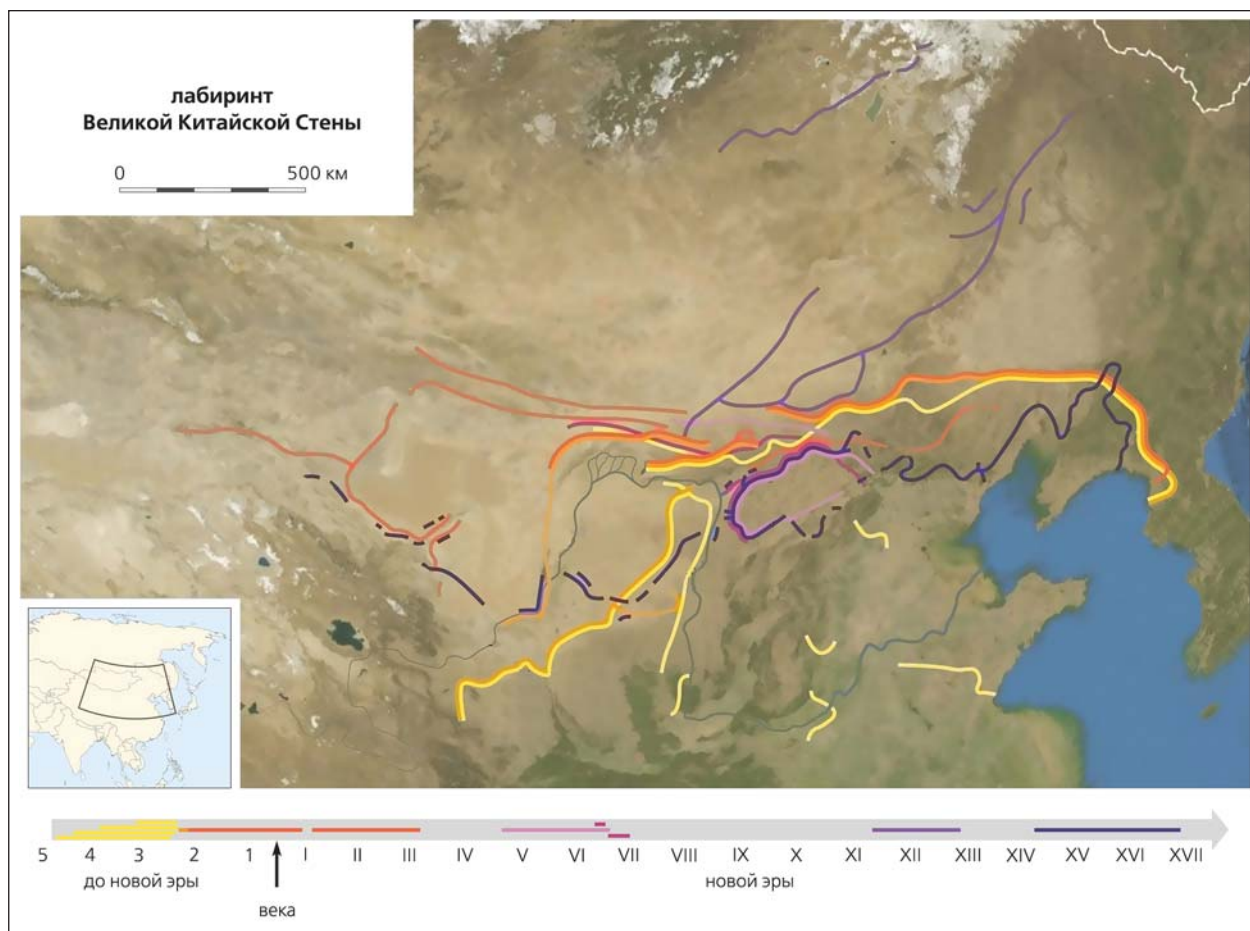


Рис.13. Великая Китайская стена: ее общая длина, согласно данным ЮНЕСКО, превышает 6300 км. В реальности это невообразимый запутанный лабиринт самых разнообразных по характеру и способам сооружения оборонительных стен. Лабиринт сооружали в течение более чем двух тысячелетий — с середины 1-го тысячелетия до н.э. вплоть до XVII в. Основной задачей этого заградительного феномена была защита различных государств и княжеств Китая от набегов безжалостных кочевников.

только для западной половины Степного пояса, но и для отколовшегося от него Аравийского субконтинента с прилегающими областями Сиро-Палестины. По меньшей мере, со времени легендарного Авраама (с 3-го тысячелетия до н.э.) о передвижениях вплоть до Египта пастушеских полупоселенных племен древних евреев со своими стадами, а также об их постоянных столкновениях с обитателями городов мы обыкновенно судим по библейским текстам Книги Бытия. Второй (и намного более мощный) взрыв активности полукочевых арабских племен, приведший к зарождению самой молодой мировой религии — ислама, приходится уже на седьмое столетие новой эры.

Таковы важнейшие черты «диалога» соседствующих на юге обоих евразийских миров, и на их фоне совершенно иным представляется диалог в северной половине континента. Письменные источники крайне мало говорят нам о взаимоотношениях степняков с их северными таежными

соседями охотников и рыболовов. Археологические материалы более информативны: степные элементы время от времени заметно влияли на облик сообществ южной половины таежной зоны. Процессы подобных воздействий чаще всего носили волнообразный характер. Однако эти влияния крайне редко изменяли глубинную сущность лесных культур: последние, как правило, сохраняли верность своим исконным чертам. Можно лишь догадываться, что южная кромка лесной евразийской зоны время от времени служила для кочевых скотоводов своеобразной базой для накопления новых сил при провалах на южных «фронтах». Возможно также, что лесные племена были для степняков извечным источником столь ценной всеми пушнина. И вряд ли овладение этими «дарами леса» требовало от номадов таких же усилий, что и на юге. ■

**Окончание
в следующем номере**

Как визуализировать процесс деформации полимеров?

А.Л.Волынский

С толь распространенное в роли качественной характеристики слово «деформация» в физике становится строго определенным количественным термином — это изменение размеров твердого тела под действием приложенной нагрузки. Саму деформацию оценить очень просто: надо измерить размеры твердого тела до и после приложения нагрузки. Однако с точки зрения ученого, изучающего механизм данного явления, картина будет неполной. Такому ученому необходимо разобраться, какие изменения происходят в твердом теле при его деформации. Для решения разнообразных прикладных задач химии-технологии синтезируют все новые и новые полимеры, вещества, непревзойденные по своей пластичности. Но чтобы создавать на их основе новые материалы с полезными свойствами, нужно знать механизм деформации. А что, собственно, мы понимаем под этим механизмом?

Метаморфозы в полимерах

Для ответа на этот вопрос кратко напомним основные представления о механических свойствах и строении полимеров. Полимеры — это твердые тела, построенные из цепных макро-



Александр Львович Волынский, доктор химических наук, профессор, главный научный сотрудник химического факультета Московского государственного университета им.М.В.Ломоносова, член-корреспондент РАН. Область научных интересов — структура и механика полимеров.

молекул. Другими словами, молекулы полимеров представляют собой длинные цепочки, в которых отдельные группы (звенья) соединены таким образом, что образуются ниточки, хаотически перепутанные в твердом теле друг с другом (рис.1,*а*). Такое строение полимерных молекул придает им уникальное свойство — *гибкость*, т.е. способность изменять в широком диапазоне свою форму под действием внешнего напряжения или теплового движения. Все фундаментальные свойства полимеров, и в первую очередь механические, обусловлены именно цепным строением их молекул и связанной с ним гибкостью. Главное достоинство, которым не могут похвастаться никакие другие твердые тела, — возможность больших обратимых деформаций. Подобные деформации нам хорошо известны и могут быть

легко продемонстрированы. Растянем в пальцах обычную резинку — ее длина может превысить исходные размеры в десятки и даже сотни раз (рис.1,*б*). Но этого мало: если мы отпустим растянутую резинку, она мгновенно сократится до первоначального состояния (причем может больно ударить нас по пальцам). Именно способность восстанавливать свои размеры после многократного растяжения и называют большой обратимой деформацией. Схематически ее механизм иллюстрирует рис.1: при деформации полимера хаотически перепутанные макромолекулы (рис.1,*а*) вытягиваются, ориентируются, выстраиваются вдоль оси приложенного напряжения (рис.1,*б*), а после снятия нагрузки под действием теплового движения самопроизвольно возвращаются к исходной форме.

Отметим, что большая обратимая деформация является однородной, т.е. она развивается одновременно во всем объеме деформируемого полимера. Мы не будем здесь анализировать причины такого самопроизвольного, однородного сокращения растянутой резины, поскольку движущие силы этого удивительного процесса давно и исчерпывающим образом отражены в литературе [1]. Важно подчеркнуть, что способность сокращаться после многократного растяжения характерна для полимеров лишь в определенном температурном интервале. В этом температурном интервале они находятся в особом состоянии, которое называется *высокоэластическим*, или *каучукоподобным*.

Если же мы будем понижать температуру деформирования полимера, то неизбежно достигнем некоторой температуры, когда механические свойства полимера резко изменяются. Эту температуру называют температурой стеклования (T_g), а состояние, в котором оказывается полимер, охлажденный ниже T_g , — *стеклообразным* состоянием. Конечно, и здесь полимер сохраняет свое цепное строение и комплекс уникальных свойств, в том числе механических. Ниже T_g в полимере «замораживается» крупномасштабное молекулярное движение, определенного вида молекулярная подвижность, ответственная за реализацию больших обратимых деформаций, поэтому он не может самопроизвольно изменять форму своих макромолекул. На практике это означает, что мы можем растянуть полимер, как и ранее, во много раз, но сократиться обратно при температуре растяжения он не сможет — размеры растянутого стеклообразного полимера не восстановятся после снятия нагрузки.

Деформация полимера, находящегося в стеклообразном состоянии, сопровождается возникновением и развитием в нем так называемой шейки — резко-

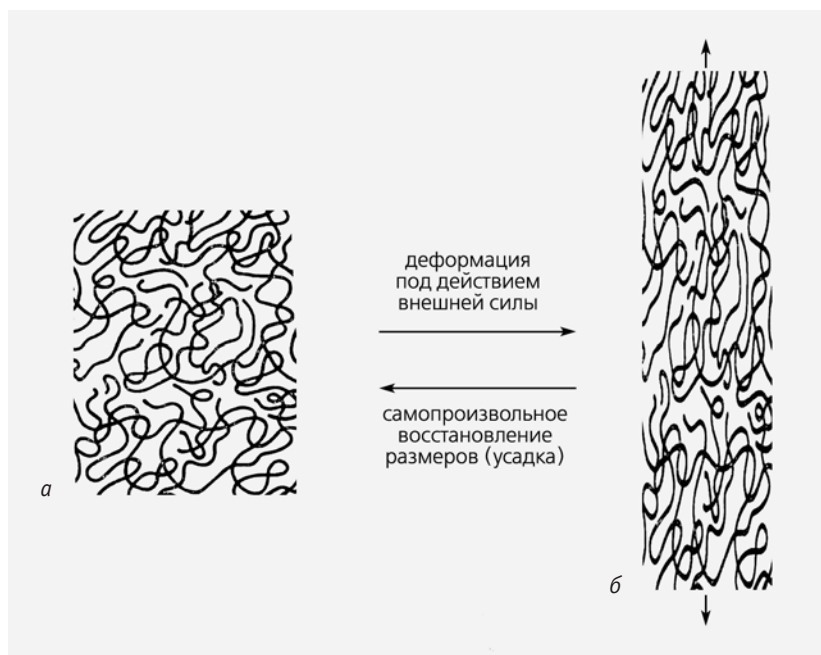


Рис.1. Схематическое изображение молекулярной структуры аморфного полимера до (а) и после деформации растяжения (б).

го сужения (рис.2). В этом случае в полимере сосуществуют две части: исходная блочная, в которой макромолекулы хаотически перепутаны, и ориентированная — материал шейки, где макромолекулы взаимно ориентированы. Как видим, деформация стеклообразного по-

лимера, в отличие от деформации высокоэластического, рассмотренной выше, оказывается неоднородной. По мере деформации материал блочной неориентированной части непрерывно «перетекает» в «вещество» шейки до тех пор, пока весь полимер не перейдет в ориен-

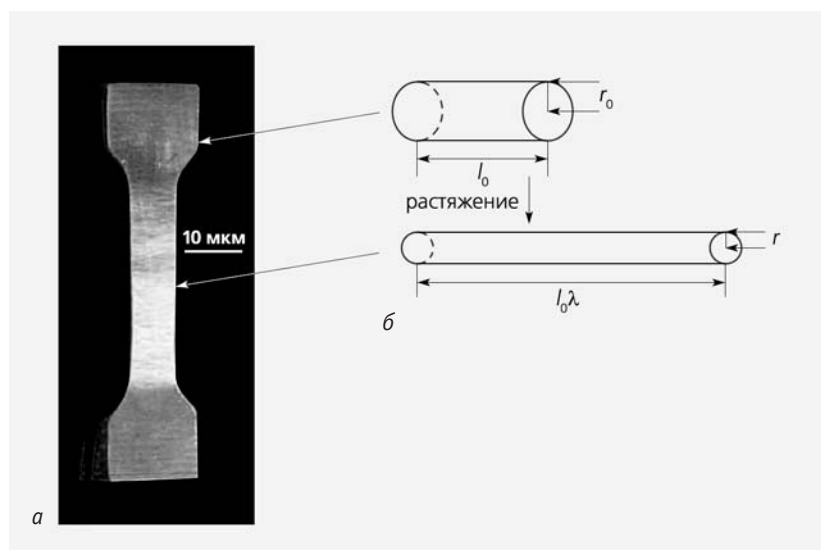


Рис.2. Внешний вид участка синтетического полимерного волокна, деформированного с образованием шейки (а), и схема, позволяющая оценить изменение площади поверхности полимера при его деформации (б).

тированное состояние. Важно отметить, что образовавшаяся шейка остается устойчивой и сохраняет свои размеры только в «пределах» стеклообразного состояния. Если полимер, перешедший в шейку, нагреть до его температуры стеклования (т.е. придать ему необходимую молекулярную подвижность), он восстановит свои размеры в полном соответствии с механическим поведением каучукоподобного полимера (рис.1).

Итак, деформация растяжения в случае полимера — это не просто изменение его геометрических размеров, которое очень легко оценить с помощью линейки или как-то иначе. Это коленная перестройка внутренней структуры, приводящая к значительным изменениям в свойствах. Следовательно, кроме измерения геометрических размеров для описания деформации здесь необходимы структурные исследования, помогающие понять механизм явлений, сопровождающих этот процесс.

Из недр наружу и обратно

Выше приведены очень важные и хорошо известные примеры, отражающие особенности структурно-механического поведения полимеров. Однако существует еще один аспект данной проблемы, который до настоящего времени не рассматривался и не учитывался. Любая деформация твердого тела, и полимера в частности, сопровождается изменением не только геометрических размеров, но и площади его поверхности. В то время как объем деформируемого полимера может оставаться постоянным [1], площадь его поверхности изменяется всегда. Рисунок 2, где представлена фотография участка образца полимерного волокна, частично перешедшего в шейку в результате его растяжения, наглядно иллюстрирует это положение. Из рис.2,а следует, что диаметр сформованного волок-

на до его ориентационного вытягивания составлял примерно 15 мкм (верхняя и нижняя часть волокна), а после вытягивания диаметр шейки уменьшился примерно до 8 мкм (средняя часть — участок шейки). Элементарным путем можно рассчитать (рис.2,б): поверхность фрагмента волокна длиной 1 см до его вытяжки (радиус берем из верхней части рис.2,а) составляет $47.8 \cdot 10^{-3} \text{ см}^2$, а после деформации с учетом изменения радиуса волокна (средняя часть рис.2,а), — уже $100.8 \cdot 10^{-3} \text{ см}^2$. Это означает, что ориентационное вытягивание волокна увеличивает его поверхность более чем в 2 раза. Очевидно, увеличение площади поверхности осуществляется путем перехода части материала из объема наружу. Такого рода полимерный транспорт не был до настоящего времени экспериментально обнаружен и охарактеризован.

Процессы развития, увеличения площади межфазной поверхности, а также ее уменьшения (залечивания) [2] имеют место при любых воздействиях на полимерные системы. Несмотря на очевидные успехи в области установления механизма деформации полимеров, этот аспект проблемы пока остается практически неисследованным. П.А.Рибиндер первым обратил внимание на то, что деформация твердого тела — по сути поверхностное явление (т.е. процессы деформации и разрушения твердых тел сопровождаются изменением их межфазной поверхности). Воздействуя на деформируемые твердые тела поверхностно-активными веществами, он смог поразительным образом повлиять на такие важнейшие их деформационно-прочностные характеристики, как прочность и разрывная деформация [3]. Эффект Рибиндера имеет общий характер и был реализован в полимерах в том числе [4]. Однако сам процесс изменения площади поверхности деформируемого полимера до настоящего времени исследовать не удавалось.

Получению достоверной информации о механизме массопереноса (и связанного с ним изменения межфазной поверхности) при деформации полимеров препятствует главным образом отсутствие надежного экспериментального метода, поскольку задача очень сложна. Действительно, из рис.2,а следует, что до и после ориентационного вытягивания полимерное волокно имеет гладкую цилиндрическую форму, и сказать что-либо о массопереносе в объеме полимера на основании такого наблюдения совершенно невозможно. Поэтому разработка информативных и по возможности прямых методов исследования указанных процессов весьма актуальна.

Для визуализации структурных перестроек, сопровождающих большие деформации полимеров, на химическом факультете МГУ им.М.В.Ломоносова была предложена следующая простая, но весьма эффективная методика [5]. Перед деформацией (усадкой)* на поверхность полимера наносят тонкое (толщиной в несколько нанометров) металлическое покрытие. При последующей деформации (усадке) указанное покрытие будет реагировать на изменение площади поверхности полимера, с которой оно прочно связано. В результате этого в поверхностном слое реализуется особый вид структурообразования, обусловленный массопереносом полимера из поверхности в объем или наоборот.

Возникающий при этом микрорельеф может быть зафиксирован и охарактеризован прямым микроскопическим методом. Рисунок 3 демонстрирует микрофотографии образцов нескольких аморфных полимеров, на поверхность которых нанесли тонкое металлическое покрытие, после чего их подверга-

* Деформацией называется изменение размеров полимера под действием внешней нагрузки, а усадкой — то же под действием внутренних напряжений, например при отжиге.

ли растяжению при температуре выше их температуры стеклования. Видно, что в результате простого растяжения полимера-подложки покрытие на его поверхности распадается на множество упорядоченно расположенных островов примерно одинакового размера (светлые полосы на микрофотографиях). Одновременно каждый такой фрагмент приобретает очень регулярный волнистый микрорельеф. Поражают регулярность самопроизвольно возникающего рельефа и его строгая ориентация относительно оси растяжения: углубления и вершины всегда ориентированы строго вдоль (параллельно) оси растяжения, которая обозначена стрелкой на микрофотографиях. Оба явления (регулярная фрагментация покрытий и образование регулярного микрорельефа) были подробно изучены.

Было показано, что фрагментация покрытий обусловлена деформацией растяжения на поверхности полимера, а одновременно возникающий микрорельеф образуется благодаря деформации их одноосного сжатия [5]. Другими словами, простое наблюдение структур, которые возникают на поверхности полимера с тонким покрытием, дает возможность оценить направление сжимающих и растягивающих напряжений.

Кроме направления действующих в полимере напряжений данные рис.3 дают представление об изменениях площади поверхности деформируемого полимера. Действительно, трещины в покрытии обнажают участки полимера, который находился до деформации в его объеме и переместился на поверхность в результате увеличения общей поверхности полимера при его деформации — на них покрытия «не хватает». С другой стороны, образование складчатого рельефа в пределах островков связано с деформацией сжатия покрытия на поверхности деформируемого

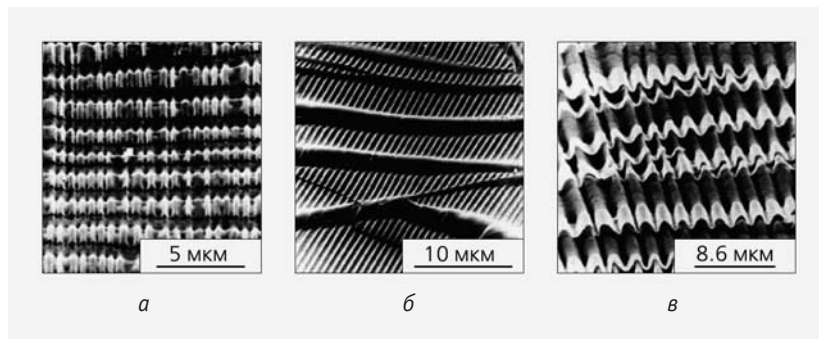


Рис.3. Микрофотографии (сканирующая электронная микроскопия) пленок полиэтилентерефталата (ПЭТФ) с тонким (10 нм) кварцевым покрытием после растяжения на 100% при температуре 90°C (а), натурального каучука с тонким (10 нм) угольным покрытием после растяжения на 100% при комнатной температуре (б) и ПЭТФ с тонким (10 нм) золотым покрытием после растяжения на 100% при температуре 90°C (в).

полимера. Это сжатие возникает в том случае, если полимер, прочно связанный с покрытием, уменьшает площадь своей поверхности в процессе деформации. Покрытие же не может «последовать» за поверхностным слоем полимера в его объем — вместо этого оно сжимается на поверхности, теряет устойчивость и приобретает регулярный волнистый микрорельеф по механизму, описанному ранее [5].

Итак, структура полимера сложным образом реагирует на одноосное растяжение. Такая деформация сопровождается миграцией материала как из объема на поверхность, так и с поверхности в его объем. Предложенная в [5] методика позволяет выявить указанные процессы, поскольку отсутствие покрытия при деформировании полимера никакого рельефообразования не происходит. Об этом прямо свидетельствует такой эксперимент. На поверхность полимера, как и ранее, наносили металлическое покрытие методом термического распыления в вакууме, но часть полимерного образца закрывали непроницаемым для напыляемого металла экраном. После этого полимер подвергали деформации растяжения. Участок полимера вблизи границы, где металл был экранирован, изоб-

ражен на рис.4. Граница не является резкой: толщина нанесенного слоя сходит на нет постепенно. Хорошо видно, что в покрытии имеет место описанное выше структурообразование, связанное с его фрагментацией и формированием регулярного

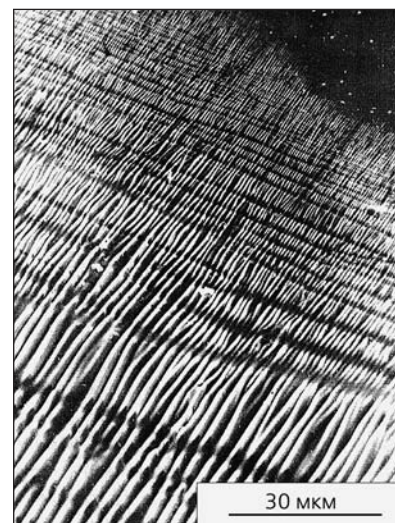


Рис.4. Электронная микрофотография поверхности образца ПЭТФ-пленки, на поверхность которой был нанесен тонкий (10 нм) слой меди методом термического испарения в вакууме. После напыления образец был растянут на 100% при 90°C. Часть образца была закрыта непроницаемым для напыляемого металла экраном. На рисунке представлена граница между металлическим покрытием и чистым полимером (в верхнем правом углу).

микрорельефа. По мере того, как покрытие делается все более тонким, и период микрорельефа, и размер фрагментов разрушенного покрытия уменьшаются в полном соответствии с развитыми ранее представлениями [5]. В правый верхний угол снимка попала часть образца, которая не имеет покрытия: она не имеет и рельефа, оставаясь гладкой. Это означает, что диффузия полимера из поверхности в объем и обратно при деформировании полимера не сопровождается каким-либо рельефообразованием, а поэтому микроскопическое исследование полимера до и после его растяжения ничего не даст нам с точки зрения установления механизма деформации. Данные рис.4 демонстрируют эффективность разработанной методики визуализации структурных перестроек деформируемого полимера и позволяют получить новую информацию о внутренних процессах массопереноса полимера при его деформации. Важно отметить, что пока такого рода информацию получить другим образом невозможно.

Учтенная миграция

Продemonстрируем теперь эффективность разработанной методики для решения реальной проблемы — установления механизма обратимой деформации аморфного полимера. Рассмотрим данные по восстановлению размеров деформированного стеклообразного полимера при его нагревании, который может восстановить свои размеры при нагревании лишь по достижении T_c . Такое термомеханическое поведение обычно называют термостимулируемой усадкой деформированного полимера.

Оказывается, если полимер был деформирован при температуре выше T_c (рис.5, кривая 2), а затем охлажден в деформированном состоянии, то при последующем отжиге он приходит к исходным размерам в области

T_c , обозначенной вертикальной штриховой линией. Здесь все понятно. Как только мы реализовали в полимере крупномасштабную молекулярную подвижность (достигли T_c), макромолекулы получают возможность принять равновесные свернутые конформации и полимер восстанавливает свои исходные размеры.

В то же время полимер, деформированный при комнатной температуре, при нагреве (рис.5, кривая 1) восстанавливает свои размеры практически полностью в области ниже T_c , т.е. в пределах стеклообразного состояния. А ведь в этом температурном интервале, как было отмечено выше, крупномасштабное молекулярное движение, ответственное за изменение размеров тела, «заморожено». Хотя это удивительное деформационно-прочностное поведение деформированных полимерных стекол — их общее свойство,

оно до сих пор не получило исчерпывающего объяснения.

Попытаемся использовать описанную выше методику визуализации структурных перестроек для выяснения механизма термостимулируемой усадки стеклообразных полимеров. Для того чтобы упростить картину и визуализировать транспорт полимера в направлении только с его поверхности в объем, несколько изменим методику «приготовления» образцов для исследования. Мы будем растягивать полимер в плоскости таким образом, как это представлено на рис.6. Для этого образец, имеющий форму таблетки, будем раздавливать под прессом. В результате таблетка расплющится, и площадь образца, примыкающая к поверхности пресса, возрастет. На эту увеличенную поверхность мы и нанесем покрытие. При восстановлении исходных размеров (усадке) эта поверхность, очевидно,

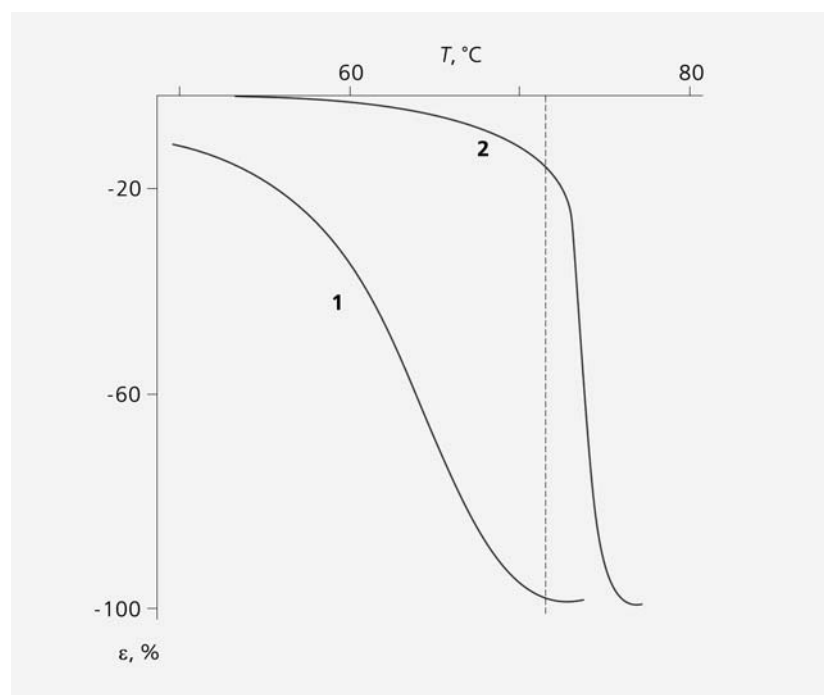


Рис.5. Восстановление исходных размеров при отжиге образцов ПЭТФ, деформированных в условиях одноосного сжатия, при комнатной температуре (1) и 100°C (2). Показано относительное изменение диаметра ϵ . Нулевая точка отвечает деформированному состоянию, а в точке $\epsilon = -100\%$ образец полностью восстанавливает свои размеры, которые имел до деформации. Пунктирной линией обозначена T_c ПЭТФ.

будет уменьшаться, и мы с помощью нанесенного покрытия получим информацию о массопереносе полимера только с его поверхности в объем.

На рис.7,*а,б* представлены результаты исследования структуры, возникающей при отжиге двух образцов одного и того же полимера, на поверхность которых наносили тонкое металлическое покрытие. Единственное различие между образцами *а* и *б* заключается в том, что один из них (*а*) был предварительно деформирован при температуре выше T_c (100°C), а другой (*б*) при более низкой — комнатной. Необходимо отметить, что при усадке в процессе отжига в отсутствие покрытия поверхность обоих деформированных образцов остается гладкой на всех ее этапах независимо от температуры предварительной деформации и температуры отжига.

Усадка полимера, деформированного выше T_c (рис.7,*а*), придает платиновому покрытию регулярный и ярко выраженный микрорельеф в виде хаотически ориентированных складок диаметром 6 мкм. Причины возникновения такого микрорельефа подробно описаны в книге [5], здесь же лишь подчеркнем однородность его распределения по всей поверхности образца, что говорит об общей однородности действующего на покрытие напряжения. Другими словами, появление регулярного микрорельефа, который покрывает всю поверхность полимера, свидетельствует об однородности деформации, ответственной за изменение размеров (усадки).

Рассмотрим теперь, каким образом реагирует нанесенное металлическое покрытие на плоскостную усадку образца, деформированного ниже температуры стеклования. В этом случае термостимулируемая усадка полимера сопровождается кардинально иными структурными перестройками (рис.7,*б*). Хорошо видно, что поверхность образца полностью покрывается

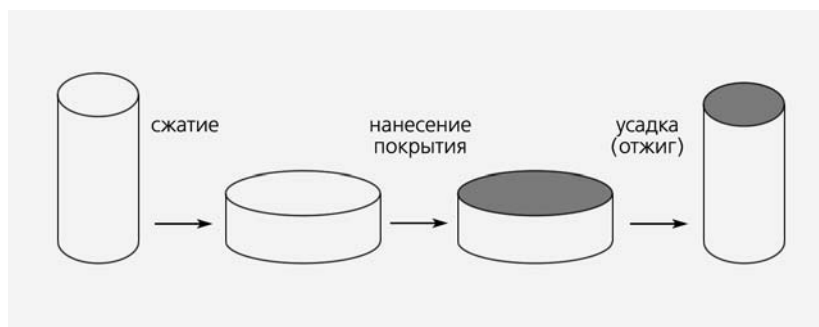


Рис.6. Схема эксперимента по визуализации структурных перестроек при термостимулируемой усадке полимера, деформированного в условиях одноосного сжатия (плоскостного растяжения).

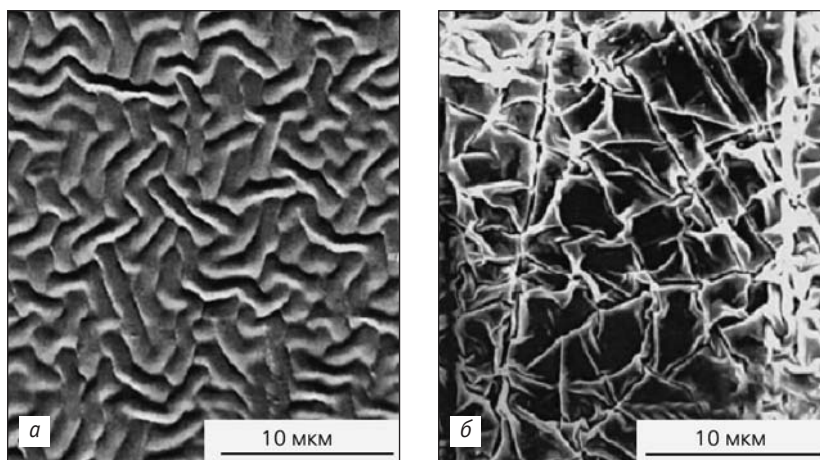


Рис.7. Электронные микрофотографии образцов ПЭТФ, деформированных в условиях одноосного сжатия при 100°C (*а*) и при комнатной температуре (*б*). После деформации на поверхность образцов были нанесены тонкие (10 нм) слои платины, и структуры были подвергнуты отжигу при 105°C.

прямолинейными полосами, которые под различными углами пересекают всю поверхность образца и друг друга. Их поперечные размеры неодинаковы: имеется весьма широкий разброс по ширине.

Данные атомно-силовой микроскопии (рис.8,*а*) показывают, что полосы суть углубления различной ширины. Поскольку обнаруженные полосы пересекают всю исследованную поверхность образцов, можно предположить, что они пересекают и все сечение деформированного полимера. Очевидно, указанные полосы — это прямолинейные каналы (рис.8,*б*), в которых полимер втягивается из поверхности в объем в процессе отжига.

Условия эксперимента таковы, что в обоих случаях (выше и ниже T_c) в результате плоскостного растяжения поверхность полимера увеличивает свои размеры (рис.6). Рост площади поверхности неизбежно сопровождается «выносом» на поверхность материала из глубины (объема) полимера. В обратном процессе (усадки) имеет место уменьшение площади межфазной поверхности, и, следовательно, происходит транспорт полимера из его поверхности в объем. Используемая методика однозначно свидетельствует о том, что при деформировании полимера выше его T_c деформация полимера происходит однородно и восстановле-

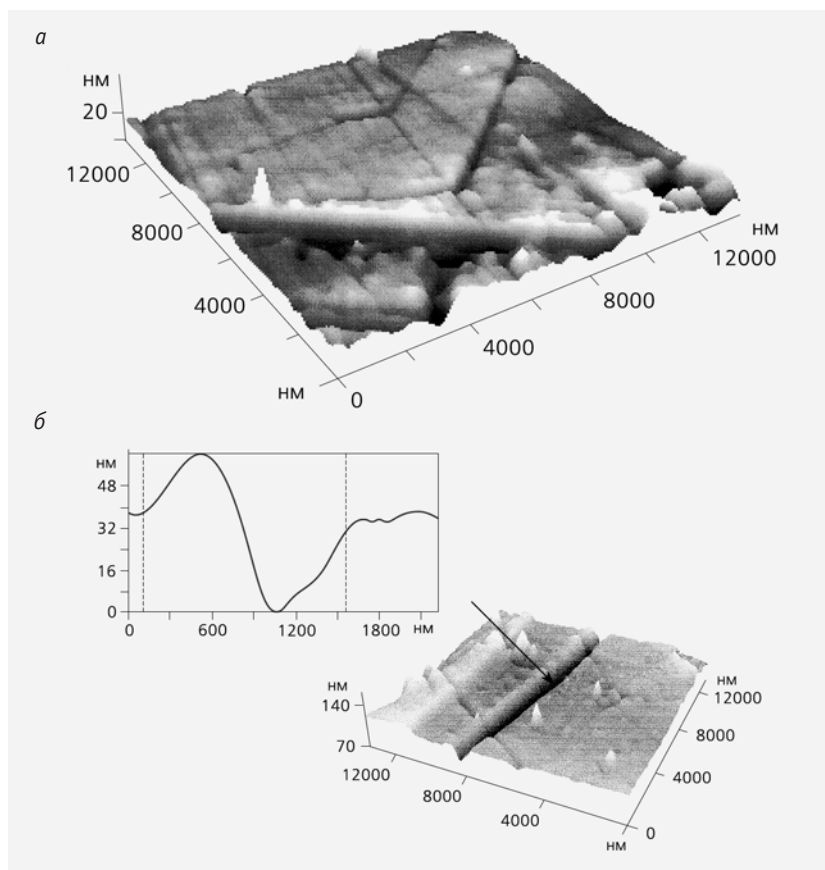


Рис.8. Трехмерная реконструкция атомно-силового изображения поверхности образца ПЭТФ, деформированного в условиях плоскостного растяжения с последующим нанесением на поверхность тонкого (10 нм) слоя платины и отжигом, в результате которого образец претерпел полную усадку (а), и изображение отдельной полосы сдвига с профилем рельефа на выноске (б).

ние прежней исходной поверхности при отжиге также происходит равномерно. В результате равномерного сжатия по всей его плоскости нанесенное покрытие однородно сжимается. Именно по этой причине наблюдается образование однородного рельефа (рис.7,а) по механизму, подробно рассмотренному в [5].

При плоскостной деформации стеклообразного полимера прирост площади поверхности осуществляется неоднородно. Этот прирост локализован в дискретных зонах неупругой деформации, которые назовем полосами сдвига. Полученный результат подчеркивает кардинальное различие в механизмах деформации и усадки полимеров выше и ниже T_c . Использо-

ванная методика визуализации структурных перестроек деформируемого полимера впервые позволяет выявить и охарактеризовать такое отличие.

Тем не менее вопрос о необычном термомеханическом поведении полимера, деформированного ниже его T_c , остается открытым. Сравнение рис.5, 7 и 8 свидетельствует, что необычное термомеханическое поведение стеклообразного полимера (усадка ниже T_c) сопровождается возникновением и развитием полос сдвига. Другими словами, эти два феномена (низкотемпературная усадка и возникновение полос сдвига) каким-то образом оказываются взаимосвязанными. Достоинство использованной методики визуализации структурных перестро-

ек как раз и состоит в обнаружении указанной взаимосвязи.

Вообще зарождение и развитие прямолинейных образований в деформируемых твердых телах известно достаточно давно. Мы здесь не будем останавливаться на механизме их возникновения, поскольку этому вопросу посвящено большое количество исследований. Отметим только, что такие линии, которые обычно называют полосами сдвига, сопровождают деформацию самых разных твердых тел, в том числе и полимеров. При деформации блоки твердого тела движутся вдоль указанных линий (сдвигов) под углами, близкими к 45° по отношению к оси деформации.

Однако линии сдвигов в полимерах имеют принципиальное структурное отличие от сдвигов, наблюдающихся в низкомолекулярных твердых телах. В полимерах это не просто линии, вдоль которых скользят блоки твердого тела. Эти линии оказываются каналами, наполненными высокодисперсным ориентированным полимером. На рис.9 представлена микрофотография специальным образом обработанной полосы сдвига, образовавшейся при деформировании стеклообразного полимера (полистирола) [6].

Хорошо видно, что края полосы сдвига соединены тончайшими тяжами ориентированного полимера. Такие агрегаты макромолекул, получившие название «фибриллы», имеют диаметр 5–10 нм. Это очень важное наблюдение, позволяющее объяснить многие особенности структурно-механического поведения деформированных полимерных стекол, в том числе и их аномальную низкотемпературную усадку. Дело в том, что полимер, измельченный до наноразмеров, имеет пониженную по сравнению с блочным полимером T_c . Это открытие, сделанное в конце прошлого века [7], заставляет нас пересмотреть важные и, казалось бы, хорошо устоявшиеся представления о

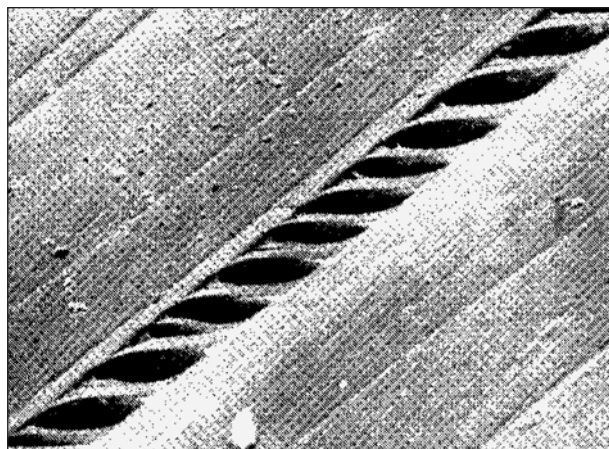


Рис.9. Фибриллярная структура полосы сдвига в полистироле (сканирующая электронная микроскопия) [6].

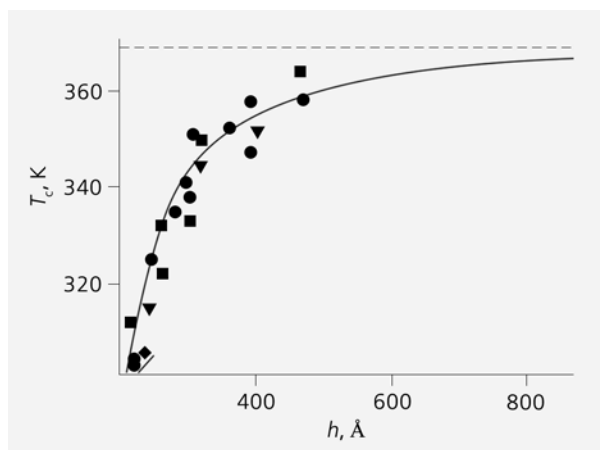


Рис.10. Зависимость температуры стеклования полистирольных пленок от их толщины h [7].

свойствах полимеров. На рис.10 представлена зависимость T_g пленок полистирола от их толщины. Хорошо видно, что при толщине примерно 80 нм T_g полимера начинает стремительно снижаться с уменьшением толщины пленки и это снижение составляет десятки и даже сотни градусов. Низкотемпературная усадка деформированного стеклообразного полимера (рис.5), очевидно, связана с такого рода понижением температуры стеклования высокодисперсного материала, наполняющего полосы сдвига.

Последние данные позволяют описать круг явлений, связанных с деформацией и усадкой стеклообразных полимеров, следующим образом. При деформировании стеклообразного полимера в нем возникают и развиваются полосы сдвига. Они представ-

ляют собой прямолинейные каналы, простирающиеся от одного края образца до другого. Очень важно отметить, что указанные полосы сдвига заполнены ориентированным фибриллизированным полимером таким образом, как это представлено на рис.9. Диаметр фибриллярных структурных элементов составляет 5–10 нм, что предполагает пониженную по сравнению с блочным полимером величину T_g . При отжиге полимера, содержащего полосы сдвига, заполняющий их высокодисперсный фибриллизированный материал претерпевает усадку, как только окружающая температура сравняется с его T_g . Однако, поскольку ориентированный полимер, заполняющий полосы сдвига, имеет более низкую температуру стеклования, чем блочный (см. рис.10), усадка деформирован-

ного стеклообразного образца происходит в низкотемпературной области (рис.5). Такого рода усадка сопровождается втягиванием расстеклованного полимера в каналы полос сдвига, где он локализован. Это явление успешно визуализирует разработанная в [5] методика.

Итак, достигнутая визуализация структурных перестроек, сопровождающих деформацию полимеров, не только позволяет понять, каким образом происходит массоперенос в деформируемом полимере, но и помогает объяснить аномалии в термомеханическом поведении деформированных стеклообразных полимеров (в частности, их низкотемпературную усадку). Получить такого рода информацию другим способом в настоящее время не представляется возможным. ■

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проекты 10-03-90028-Бел_а и 11-03-00699-а.

Литература

1. Трелоар Л. Физика упругости каучука. М., 1953.
2. Вольнский АЛ., Бакеев Н.Ф. Залечивание межфазной поверхности в полимерных системах // Высокомолек. соед. А. 2009. Т.51. №10. С.1783–1816.
3. Горюнов Ю.В., Перцов Н.В., Сумм Б.Д. Эффект Ребиндера. М., 1966.
4. Вольнский АЛ. Эффект Ребиндера в полимерах // Природа. 2006. №11. С.11–18.
5. Вольнский АЛ., Бакеев Н.Ф. // Структурная самоорганизация аморфных полимеров. М., 2005.
6. Li J.C.M. // Polym. Eng Sci. 1984. V.24. №10. P.750.
7. Forrest J.A., Dalnoki-Veress K. // Adv. Colloid and Interface Sci. 2001. V.94. P.167.

Причины и возможные последствия извержения исландского вулкана

А.Я.Салтыковский

В конце марта — первой половине апреля 2010 г. в южной Исландии после более двухсотлетнего молчания проснулся вулкан под ледником Эйяфьядлайокюдль (Eyjafjallajökull в переводе с исландского языка означает «Остров горных ледников»). Первый раз он дал о себе знать 20 марта, но серьезно воспринимать его активность оснований не было. Примерно через три недели (14 апреля) в леднике, панцирем покрывающим вулкан, возникла 500-метровая трещина. Началось излияние расплавленной лавы с одновременным выбросом в атмосферу огромного количества пара. Образовалась гигантская вулканическая пепловая туча, из-за которой на несколько дней было практически полностью парализовано авиасообщение над Европой. Что же произошло в Исландии и что вызвало авиакатастрофы в Европе? Для ответа на эти вопросы следует в общих чертах представлять себе особенности геологического строения этого острова и его глубинную структуру.

Геологическое строение Исландии

Исландия располагается в северной части Атлантического океана, на стыке двух средин-



Артур Яковлевич Салтыковский, доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник Института физики Земли РАН. Заместитель начальника Советской геолого-геофизической комплексной экспедиции АН СССР в Исландии (1986—1991). Занимается созданием региональных вещественных (петрологических) моделей земной коры и верхней мантии для различных структур Земли.

ных подводных хребтов: Рейкьянеса на юге и Колбенсея на севере. Это самые молодые океанические структуры с чрезвычайно тонкой земной корой. Многие исследователи полагают, что Исландия представляет собой приподнятую над уровнем океана часть срединно-океанического хребта. По словам французского историка А.Сарра-Бурнэ, «здесь нередки разломы, трещины, а рифты Рейкьянеса или Тингвеллира обнаруживают следы процессов сжатия и расширения земной коры». Но самое важное отличие Исландии от типичных океанических структур — значительная мощность земной коры и существенная доля кислых (до 10—12%) магматических пород среди их интрузивных (образовавшихся внутри земной коры) и эффузивных (излившихся на поверхность) разновидностей. Наличие здесь больших объемов контрастных по составу магматических пород — базальтов и риолитов, габбро и гранитоидов — привело почти 150 лет назад известного немецкого ученого Р.Бунзена [1] к представлению о двух исходных магмах: основной и кислой. Долгое время господствовало мнение, что в земной коре острова должен располагаться сиалический слой (главные его компоненты — Si и Al, отсюда и название), плавлением которого и можно объяснить значительную долю кислых по составу пород. Кроме того, здесь встречаются и все главные петрохимические разновидности базальтоидов, а также известково-щелочные породы.

В Исландии нигде не обнаружены породы древнее 16 млн лет, т.е. она действительно очень молодое геологическое образование.

Активная вулканическая деятельность обусловлена положением острова на северной оконечности Срединно-Атлантического хребта и двумя рифтовыми неовулканическими зонами, пересекающими его территорию с юго-запада на северо-восток. По ним происходит раздвижение океанических плит (Северо-Американской и Евразийской), которое вызывает падение давления в низах земной коры, и на поверхность устремляется насыщенный флюидами (газами, водяным паром и др.) магматический расплав (рис.1).

Исландия — один из районов самого активного современного вулканизма на Земле, что хорошо согласуется с идеями о ее рождении на дне океана, в пределах Срединно-Атлантического океанического хребта. Для Исландии чрезвычайно характерны дифференциация расплавов путем образования кристаллов на малой глубине и смешение магм различного состава. И действительно, как показывают геофизические исследования, под большинством исландских вулканов (например, Геклой, Краблой, Катлой и ее соседом Эйяфьядлайокюдлем) магматические резервуары располагаются неглубоко, в пределах нескольких километров (рис.2).

Самые древние (миоценовые, возрастом около 25 млн лет) базальты находятся на западе и востоке Исландии, а наиболее поздние, четвертичные, вулканы сосредоточены в современной вулканической рифтовой зоне, в центральной части страны. По всем признакам остров представляет собой молодой наземный рифт, в котором господствуют субгоризонтальные растягивающие напряжения. В лавовых толщах они создают протяженные сбросовые разломы, наиболее эффективные в районе оз.Тингвадлаватн, расположенного в 50 км к востоку от Рейкьявика. (Здесь в одной из трещинных долин под обрывистыми базальтовыми



Рис.1. Положение Исландии на Срединном океаническом хребте и неовулканические зоны, пересекающие остров. Треугольниками обозначены наиболее активные вулканы. 1 — хребет Колбенсей; 2 — хребет Рейкьянес.

ми стенками 960 лет назад сформировался первый исландский парламент — Альтинг. Здесь же провозглашались первые законы страны...) В приподнятых восточной и западной частях острова третичные базальтовые покровы рассечены интрузивными жилами, штоками, силлами и различного размера массивами. Наиболее известные и изученные интрузивные массивы — Вестюрхорн и Айтюрхорн — находятся на восточном побережье Исландии.

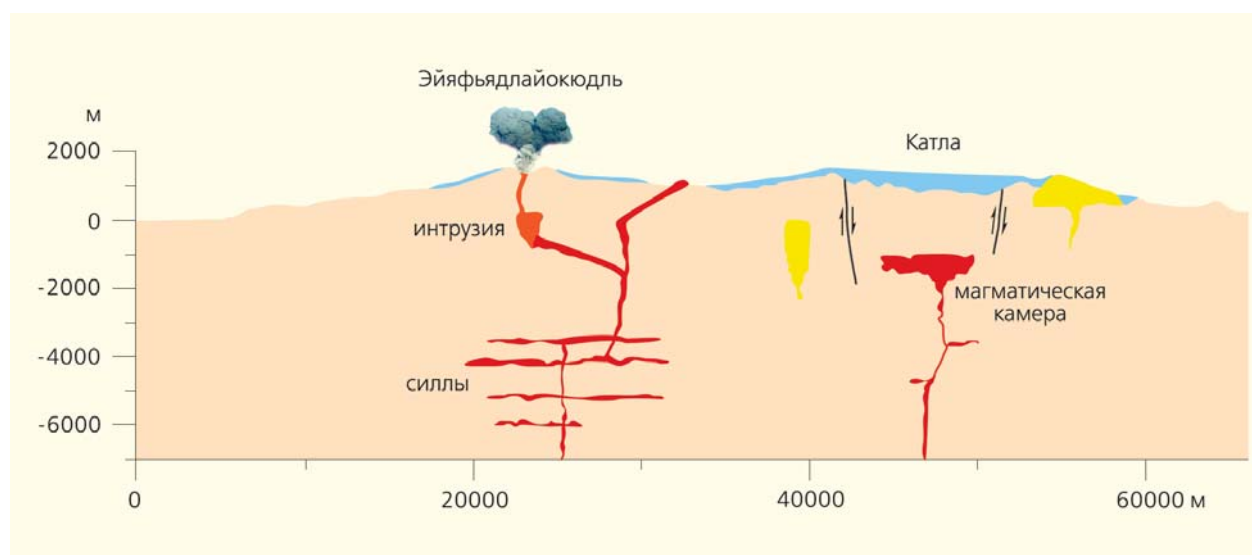


Рис.2. Схематический геологический разрез между вулканами Катла и Эйяфьядлайокюдль (www.raunvis.hi.is).

Глубинная структура

В 90-х годах прошлого столетия существовали две сейсмические модели строения острова. Они различались не положением глубинных границ и характеристиками выделенных слоев, как это бывает обычно, а интерпретацией. В результате сейсмических исследований вдоль профилей, пересекающих Исландию и прилегающую акваторию, в верхней части земных недр уверенно выделяются четыре слоя с последовательным возрастанием с глубиной скоростей продольных волн — от 2 до 7.4 км/с. Последняя величина совсем не характерна для нормальных пород верхней мантии и превышает обычную скорость в низах земной коры.

Именно данный, аномальный по сейсмическим параметрам, четвертый слой и стал предметом споров и длительных дискуссий. Исландский геофизик Г.Пальмасон [2] и другие западные ученые высказали предположение, что эта зона относится к самой верхней части мантии, где вещество частично расплавлено. На это указывал слой с высокой электропроводностью, расположенный примерно на тех же глубинах (10—20 км). Так в научной литературе появилась «классическая» трехслойная модель земной коры Исландии с общей мощностью, не превышающей 15 км.

Однако, согласно появившейся позднее «русской» модели [3], земная кора здесь протягивается вглубь по крайней мере на 30 км и аномальный четвертый слой также относится к земной коре. Какое же из этих представлений правильно и существуют ли вещественные доказательства в пользу той или иной гипотезы? Казалось, все накопленные к тому времени данные свидетельствовали в пользу маломощной земной коры («классическая» модель). Ведь остров — поистине горячее пятно на поверхности нашей планеты. Исключительно высокие тепловые потоки, обеспечивающие температурный градиент вблизи поверхности 160°C/км, указывают на возможный разогрев недр на глубинах около 15 км до 1200°C. А это уже обычная температура лавы, при которой базальтовая магма выплавляется из перидотитового вещества верхней мантии.

Как показала практика последних десятилетий, веские доводы в пользу тех или иных идей, господствующих в науках о Земле, дает изучение вещества — глубинных горных пород и минералов. Этими проблемами и сбором материала занимался в Исландии наш геологический отряд Института физики Земли РАН в составе экспедиции АН СССР.

Страна вулканов

В первую очередь мы обратили внимание на вулканические центры, где шлаки и лавы по своему химическому составу относились к щелочным базальтам: молодые конусы и потоки на западе (п-ов



Рис.3. Такой шрам остался после извержения Лаки в 1785 г. Хорошо видна протяженная трещина, через которую поступала на поверхность лава, залившая 600 км² поверхности.

Фото автора

Снайфедльснес) и на юге (острова Хаймаэй и Сюртсей). К этой же группе вулканов относится и Эйяфьядлайокюдль.

Остров Сюртсей образовался в результате подводного извержения 1963—1967 гг. Свое название он получил в честь героя норвежской мифологии Сюртура, который в Судный день должен зажечь огонь на Земле. Сейчас на Сюртсее заповедник, и его посещение практически запрещено.

Исландия славится своими вулканическими событиями. Самое крупное на Земле трещинное излияние Лаки произошло в южной Исландии в 1785 г. Тогда на поверхность излилось около 12 км³ лавы, покрывшей около 600 км² поверхности (рис.3). Последствия были ужасающими. Мощные выделения сернистого газа и фтористых соединений погубили в округе не только весь урожай, но и растительный покров. Из-за массового падежа скота от голода погибла пятая часть населения острова.

В 1973 г. при извержении трещинного вулкана Вестманнаэйр на о.Хэймаэй был засыпан пеплом городок Вестманнаэйр. Но население успели вовремя эвакуировать. Позднее город полностью очистили от вулканического пепла. О произошедшей здесь катастрофе напоминает лишь застывший лавовый поток, а памятником событию служит полуразрушенный дом (маленький ресторанчик) на самом его краю. Единственное строение, не пострадавшее от извержения, — небольшая кирка в центре города. Ее даже не засыпало пеплом.

В таблице перечислены все самые значительные извержения исландских вулканов за историческое время. До сих пор периодически происходят грандиозные подледные извержения активного

Таблица

Крупнейшие исторические извержения вулканов Исландии

Вулканы	Высота, м	Последние извержения, время
Аскья	1510	1961 г.
Гекла	1491	2000 г.
Ескьюватан	2119	1875 г.
Катла	1512	1612, 1823, 1918, 1934, 1955 гг.
Лаки	1725	1785 г.
Снайфедльс	1448	XVIII в.
Сюртсей	174	1963 г.
Тиндфьяллаекюдль	1463	голоцен
Торфаекюдль	1259	1477 г.
Тунтафельсекюдль	1535	голоцен
Хенгидль	803	более 2000 лет назад
Хероубрей	1682	плейстоцен
Хофсейекюдль	1782	голоцен
Эйфьядлайокюдль	1666	1612, 1821–1823, 2010 гг.
Эльдтфетль	279	1973 г.
Эрайвайекюдль	2109.6	2010 г.

вулкана Гримсвётн в северо-западной части крупнейшего европейского ледника Ватнайекюдль.

Геологические исследования в Исландии показали, что однотипные включения пород и минералов отмечаются как в щелочно-базальтовых, так и в толеитовых лавах, для которых кристаллические включения не характерны. Мы не обнаружили никаких ультраосновных пород и включений минералов, характеризующих верхнюю мантию. Зато в огромных количествах встречались включения разнообразных по составу габброидов (гранофиоров), а также крупные кристаллы кальциевого плагиоклаза, черного пироксена и оливина. Фактически состав найденных минералов и пород почти полностью соответствовал вкрапленникам в лавах [4].

Для исландских лав не характерна насыщенность газами, и, по-видимому, вся земная кора пронизана дайками и интрузивными телами, сформировавшимися при спокойном внедрении магматического расплава в верхние горизонты земной коры. Повсеместное распространение интрузий сыграло важную роль в строении и составе земной коры этого региона.

Четырехслойный пирог

В результате комплексного и детального изучения вещества включений (как пород, так и минералов) удалось получить целый ряд минералого-петрохимических и петрофизических характеристик исландских магматических пород, которые позже сопоставили с известными геолого-геофизическими данными. Все образцы были разделены на

семь групп, из которых наиболее важными оказались три: амфиболизированные габбро и габбро-нориты, рудные габброиды и долериты и кумулятивные включения, образованные при кристаллизации и «слипанию» минералов в магматическом резервуаре. Изучение электрических свойств образцов показало: в недрах Исландии не существует достаточно протяженного и мощного слоя пород кислого состава, т.е. упоминавшийся сиалический слой в современной земной коре там, по-видимому, отсутствует. Температура в третьем слое земной коры в среднем составляет 600–800°C. Эта оценка очень важна для суждения о составе четвертого слоя, с которым и связаны расхождения «классической» и «русской» моделей глубинного строения острова. Если температура в нем равна или превышает 1200°C, его не могут складывать породы базальтового состава (габброиды) — они бы полностью расплавились. В таком случае определенно можно утверждать, что четвертый слой относится к верхам мантии. Однако согласно нашим оценкам, для него характерны значительно более низкие температуры, и там могут существовать твердые габброиды. Анализ упруго-плотностных свойств собранных образцов также подтвердил гипотезу о существенно интрузивной природе глубоких горизонтов земной коры Исландии.

В середине 90-х годов, после окончания наших экспедиционных работ, в западной научной литературе появились публикации с новыми данными сейсмических исследований, подтверждающих «русскую» модель строения земной коры острова. (Интересно, что среди авторов был ярый прежде сторонник «классической» модели, исландский геофизик О.Фловенц [5].) Они свидетельствовали о «холодной» земной коре на ее нижней границе. В третьем слое температура не превышает 900°C. В глубинах же четвертого слоя существует сейсмическая отражающая граница на уровне около 25 км. Под ней скорости упругих сейсмических волн достигают 7.7 км/с. Кислые расплавы, широко распространенные в Исландии, по-видимому, формируются при подплавлении габброидов в пределах земной коры. Таким образом, на эволюцию состава и строения земной коры здесь определяющее влияние оказывают мантийный магматизм (с накоплением толщ интрузивных и излившихся горных пород), образование вблизи поверхности промежуточных магматических очагов (в них происходит дифференциация магмы) и переплавление вещества земной коры на разных глубинах.

Источник активного вулканизма — мантийный плюм

Магматические породы Исландии, в отличие от толеитов близлежащих океанических хребтов, обогащены стронцием, легкими редкоземельными элементами (La, Sm и др.) и радиоактивными

Rb, Th, U. Объясняется это влиянием плюмов — поднимающихся из недр планеты (возможно, от границы земного ядра и нижней мантии) горячих потоков вещества. Методами сейсмической томографии в верхней мантии удалось обнаружить столбообразные участки, где скорости упругих волн понижены. Температура плюма должна быть на 150—300°C выше температуры окружающей мантии. По имеющимся данным, исландский плюм зародился около 65 млн лет назад в Северной Атлантике, у берегов Гренландии, а затем постепенно мигрировал в сторону Исландии [6]. Он оказал решающее влияние на тектоническую и геологическую историю северной части Атлантического океана. В настоящее время «головка» плюма располагается под юго-восточной частью Исландии. Это подтверждается данными сейсмической томографии, которая показала, что в интервале глубин 150—400 км под островом действительно фиксируется структура диаметром около 75 км с четкими боковыми границами. Плюм, скорее всего, асимметричен в разрезе, к северу он круто обрывается в сторону океана, не вступая во взаимодействие с породами срединно-океанического хребта Колбенсей (рис.4). Именно такое его положение и оказывает существенное влияние на всю вулканическую активность Исландии, в особенности ее южной части, где располагаются вулканы Катла, Лаки, Гекла, Эйяфьядлайокюдль.

О воздействии плюма на окружающую мантию говорит возрастающее вдоль хребта Рейкьянес в сторону острова содержание в вулканических породах K, Nb, Zr, Sr.

Возникает вопрос: а всегда ли в геологической истории этого региона мантийный плюм оказывал влияние на процессы магматизма? Сравнительно

давно было показано, что габброиды из различных тектонических структур Земли (складчатых поясов, древних континентальных структур, островодужных систем) имеют свое петрохимическое «лицо», т.е. их состав можно использовать для палеотектонической идентификации изучаемых объектов. Применительно к породам Исландии этот метод позволил установить определенную этапность тектонической истории острова. Обобщение собственных наблюдений, литературных изотопных и геохимических данных по магматическим породам Исландии показало, что за последние 16 млн лет характер глубинных магматических источников под Исландией существенно менялся. На первом этапе это был обогащенный радиоактивными и редкими элементами мантийный резервуар, характерный для континентальных структур. Затем магматическую активность приобрел мантийный источник, типичный для срединно-океанических хребтов, и уже на последнем этапе влияние на состав источника магм базальтов Исландии и хребта Рейкьянес оказало вещество плюма [8].

Продолжающиеся геолого-геофизические работы в Исландии существенно меняют наши представления о глубинной структуре острова, и надо полагать, приподнесут еще немало сюрпризов. Простые схемы эволюции земной коры, подобные «чистому» спредингу (растяжению океанического дна), по-видимому, необходимо «усложнить». Следует включить в рассмотрение эндогенных глубинных процессов взаимодействие разнотипных оболочек Земли, а также попытаться выделить различные стадии тектогенеза.

Что произошло с вулканом Эйяфьядлайокюдль?

Вулкан под ледником Эйяфьядлайокюдль расположен в одной из самых активных тектонических зон острова — восточной ветви рифтовой неовулканической зоны. Он активизируется в среднем раз в 200 лет. За последнее тысячелетие он вступал в активную фазу четыре раза, последний — в промежутке между 1821 и 1823 гг. К катастрофическим разрушениям эти извержения не привели, несмотря на то что вулкан расположен в 200 км к востоку от столицы Исландии Рейкьявика. Извержения ограничивались выбросами пепла, который, впрочем, был достаточно токсичен из-за высокого содержания серы, фтора, углекислоты и других газов. Эйяфьядлайокюдль и расположенный неподалеку Мирдальсйокюдль — самые крупные ледниковые шапки на юге северной островной страны — покрывают действующие вулканы, нередко подтапливающие их снизу. В этом как раз и заключается одна из главных опасностей для жителей страны. Языки ледников срываются со своих мест, высвобождая миллионы тонн воды и льда, которые сносятся на своем пути.

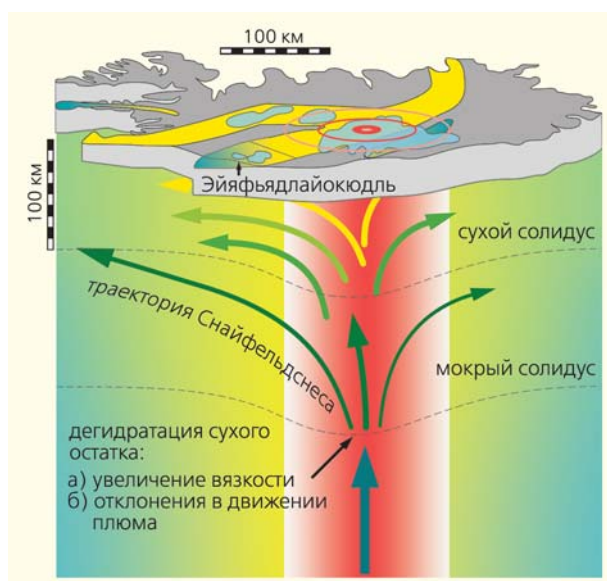


Рис.4. Предполагаемая схема мантийного плюма, поднимающегося под Исландией [7].

Местные власти опасались, что вулканическая лава растопит ледник и вызовет сильные наводнения. Однако после проведенных исследований специалисты пришли к выводу, что для местных жителей извержение угрозы не представляет [9].

Эйяфьядлайокюдль — ледник конической формы. Его высота составляет 1666 м, диаметр кратера 3—4 км, площадь ледникового покрытия около 100 км². Во время активизации вулканологи смогли подойти к кратеру на расстояние в несколько метров и снять извержение на камеру (рис.5). Кроме того, съемки велись и с воздуха. Исландские ученые, долгое время наблюдавшие за вулканом, отслеживая признаки сейсмической активности, пришли к выводу, что извержение может продлиться еще около двух лет. Если это подтвердится, воздушное пространство над Европой придется периодически закрывать и открывать в зависимости от активности вулкана, предупредил Б.Макгуайр, эксперт центра по изучению природных катаклизмов при Университетском колледже в Лондоне.

О том, что вулкан проснется нынешней весной, стало известно еще в конце 2009 г., когда в окрестностях ледника сейсмологи зафиксировали значительное число слабых, неглубоких (с магнитудой до 3) землетрясений. В начале марта 2010 г. было зарегистрировано уже более 3 тыс. событий, которые явно свидетельствовали об определенной активизации на глубине. 20 марта вулкан проснулся окончательно, и началось первое извержение (рис.6).

Мощность пароксизма была сравнительно невысокой. Местные туристические компании даже стали организовывать вертолетные прогулки к Эйяфьядлайокюдлю. Тем не менее из окрестностей ледника эвакуировали около 600 фермеров, было прекращено движение по близлежащим автодорогам, приостановлены внутренние и международные перелеты (рис.7—9). К вечеру 21 марта



Рис.5. Исландские вулканологи наблюдают за начальной стадией извержения Эйяфьядлайокюдля.

Фото Л.Джексона



Рис.6. Начальная стадия извержения. Вверху слева — туча пара и пепла поднимается над ледником; справа — мощные грозовые разряды и молнии над трещиной, через которую поступает лава. Внизу слева — черно-коричневая пепловая туча вместе с поднявшейся тейфрой; справа — туча пара и пепла мощными потоками ветра сносится к востоку (в сторону Скандинавии и Европы).

Фото О.Вандегинсте



Рис.7. Идеальные автомобильные дороги Исландии в вулканической пыли.

Фото О.Оскарссона



Рис.8. Пепловая туча. На переднем плане находящееся под угрозой фермерское хозяйство.

Фото Х.Колбейнса



Рис.9. Исландские фермеры загоняют скот в укрытие.
Фото Б.Гаути

стало ясно, что никакой опасности проснувшийся вулкан пока не представляет. Все экстренные меры были отменены, а людям через несколько дней разрешили вернуться домой.

За вулканом установили инструментальные наблюдения. Н.Оскарсон (Вулканологический институт Рейкьявика) 19 апреля 2010 г. методом ICP выполнил экспресс-анализ лавы: SiO_2 — 46.99%; TiO_2 — 3.32%; Al_2O_3 — 15.91%; FeO — 12.12%; MnO — 0.19%; MgO — 6.55%; CaO — 10.28%; Na_2O — 3.11%; P_2O_5 — 0.64%, что соответствует щелочному оливиновому базальту.

Это извержение повлияло на жизнь всей Европы. Во-первых, оно оказалось примерно в 20 раз мощнее предыдущего. Во-вторых, магма начала извергаться из одного кратера (а не из нескольких разломов в разных частях ледника). Раскаленная порода (температура на выходе к поверхности составляла около 1150°C) местами подтопила ледник и спровоцировала небольшое наводнение в близлежащих районах, откуда власти спешно эвакуировали людей.

Однако главной причиной беспокойства стал огромный объем пепла, выброшенный в атмосферу (рис.10). Облако пепла поднялось на высоту более 12 км и, подгоняемое восточным ветром,



Рис.10. Облако пара и пепла.

Фото И.Юлиуссона

начало быстро распространяться над Великобританией, Шотландией, Данией, странами Скандинавии и Балтии. Появление пепла не заставило себя ждать и в России. Его выпадение отметили в окрестностях Санкт-Петербурга, Мурманска и ряда других городов.

Вулканический пепел очень долго оседает (например, после извержения вулкана Кракатау в Индонезии в 1883 г. вулканическое облако осело лишь после того, как дважды обогнуло Землю). Пепел представляет большую опасность для турбореактивных самолетов. Попадая в двигатель, в условия высоких температур, частички пепла расплавляются и образуют стеклообразные «рубашки» на лопатках ротора. Кроме того, пепловые облака ухудшают видимость, негативно влияют на устойчивость радиосвязи и бортовую электронику (рис.11). Реше-

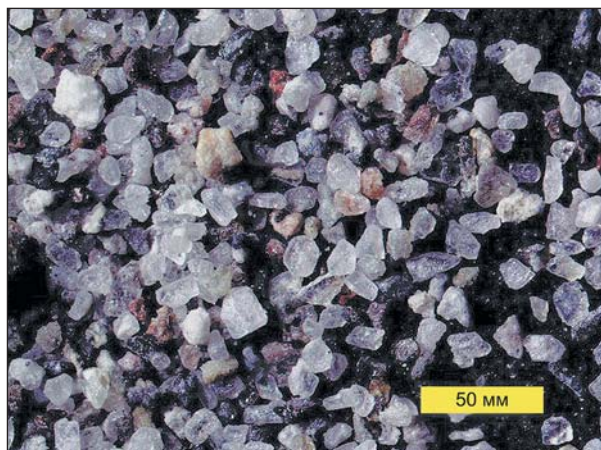


Рис.11. Микрофотография пепла вулкана Эйяфьядлькюдля. Видны обломки отдельных минералов базальтов — плагиоклазов, оливинов, пироксенов, рудных минералов и остроугольных базальтовых стекол.

Фото Н.Оскарсона

ние об ограничении движения самолетов в Европе было принято сразу, как только стал очевиден масштаб извержения на леднике Эйяфьядлькюдль. Уже днем 15 апреля в лондонском аэропорту Хитроу отменили все (кроме чрезвычайных) рейсы. Затем последовали отмены и переносы рейсов и в других аэропортах по всей Европе. По мере движения облака следовали все новые отмены рейсов, в том числе и перелеты через Атлантический океан и даже в Австралию и Новую Зеландию. Было ограничено воздушное сообщение в Минске; российский «Аэрофлот» отменил около 40 рейсов в европейские города. Аэропорт «Храбово» в Калининграде полностью закрыли; такие же меры были предприняты в аэропортах граничащей с Калининградской областью Литвы. В общей сложности в Европе отменили около 11 тыс. рейсов. Исключения не сделали даже для первых лиц государств — так, премьер-министру России В.В.Путину при-

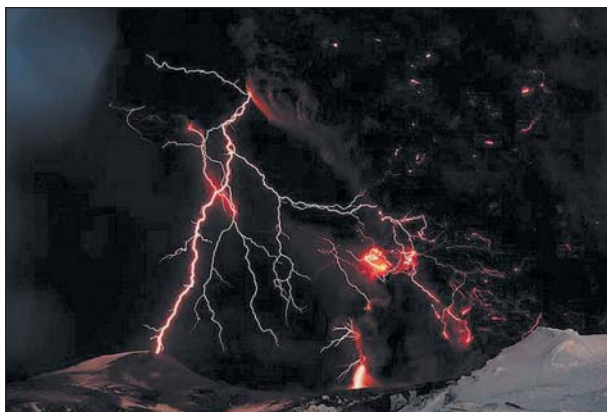


Рис.12. Грозовые разряды над кратером вулкана.
Фото Л.Джексона



Рис.13. Выбросы лавы из трещины 15 апреля 2010 г.
Фото Б.Гаути

шлось отложить рабочую поездку в Мурманск и остаться в Москве.

Российские специалисты в области вулканологии и сейсмологии по-разному оценили масштаб паники и принимаемые меры в связи с извержением исландского вулкана (рис.12, 13). Некоторые считали, что нынешнее событие нельзя рассматривать как катастрофу и СМИ напрасно раздувают панику. Другие эксперты уверены, что закрытие воздушного пространства в Европе было оправдано.

Основная масса пепла находилась в верхних слоях атмосферы (на высоте более 10 км от Земли) и опасности для здоровья людей практически не представляла. Европейские вулканологи оценили извержение Эйяфьядлайокудль по Шкале вулканических извержений (до 8 единиц) всего в одну единицу (для сравнения: извержение дру-

гого исландского вулкана, Геклы, в 2000 г. оценивалось тремя единицами). Предпринятые меры безопасности обусловлены тем, что облако пепла двигалось в сторону густонаселенных районов Европы. Психологи отмечали, что подобного рода природные явления, как правило, сопровождаются общим возбуждением психического состояния людей и ожиданием увеличения масштабов катаклизма.

На данный момент вулкан спокоен. Высота поднимающегося газово-пылевого облака достигает 100–150 м, а сейсмическая активность достаточно слабая. Однако существуют некоторые опасения, что активность Эйяфьядлайокудль разбудит расположенный в 20 км восточнее вулкан Катла, извержение которого может быть гораздо мощнее. Остается надеяться, что этого не произойдет. ■

Литература

1. *Bunzen R.* Uber die Prozesse der vulkanischen Gesteinsbildungen Islands // *Annalen der Physik.* 1851. Bd.83. S.197–272.
2. *Palmason G.* Crustal structure of Iceland from explosion seismology // *Visindafelag Isl. Rit.* 1971. V.40. P.187.
3. Строение земной коры Исландии по сейсмическим данным / Ред. В.В.Белоусов, С.М.Зверев. М., 1985.
4. *Гениафт Ю.С., Салтыковский А.А.* Исландия: глубинное строение, эволюция и интрузивный магматизм. М., 1999.
5. *Flovenz O., Gunnarsson K.* Seismic crustal structure in Iceland surrounding area // *Tectono-physics.* 1991. V.189. №1–4. P.1–17.
6. Исландия и срединно-океанический хребет: глубинное строение, сейсмичность, геотермия. М., 1977.
7. *Tromnes R.G.* Introduction to the Geology and Geodynamics of Iceland as PDF file. Reykjavik, 2002.
8. *Салтыковский А.А., Тутаева Н.А., Гениафт Ю.С.* Изотопия, геохимия базальтов Исландии и мантийный плюм // *Вулканология и сейсмология.* 1998. №3. С.25–40.
9. *Bird D., Gisladdottir G., Dominey-Howes D.* Volcanic risk and tourism in South Iceland // *J. of Volcanolog. Geotherm. Res.* 2010. V.189. P.33–48.

Обитаемый остров: клещи в Гренландии

О.Л.Макарова

Известная загадка-шутка «Какая самая большая страна в Европе?» имеет вполне серьезный правильный ответ — «Дания». Действительно, площадь этой небольшой прекрасной страны с населением всего 6 млн человек многократно увеличена за счет огромного (более 2 млн км²) острова — Гренландии, на 80% покрытой льдом. Территории атлантического сектора Арктики, к которому принадлежит Гренландия, подверглись наиболее радикальным преобразованиям в позднем плейстоцене и голоцене*. Почти сплошное последнее оледенение островов Канадского арктического архипелага, Гренландии, Скандинавского п-ова, Шпицбергена и Земли Франца-Иосифа привело к массовой гибели биоты. Долгое время история флоры и фауны островов Северной Атлантики была объектом спора: переменным успехом у исследователей пользовались две альтернативные гипотезы — «*tabula rasa*» (в переводе с лат. — чистая доска) и нунатаков-рефугиумов**

* Плейстоцен — четвертичный период (последние 2 млн лет), включающий серию ледниковых эпох и межледниковий, закончился около 10 тыс. лет назад. Голоцен — период, начавшийся вслед за последним оледенением около 10 тыс. лет назад.

** Нунатаки (от гренл. *nunataaq*) — одиночные скалистые выступы, возвышающиеся из-под ледникового покрова и служащие убежищем для растений и животных.



Ольга Львовна Макарова, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории синэкологии Института проблем экологии и эволюции им.А.Н.Северцова. Область научных интересов — почвенная зоология, экология и систематика клещей.

(или гипотеза переживания). Обе они затрагивают такие важные для биогеографии региона вопросы, как низкий уровень эндемизма и способность организмов разных таксонов к расселению. Гренландию, таким образом, можно рассматривать как объект какого-то глобального эксперимента из учебника по динамической биогеографии, поставленного для изучения механизмов, которые отвечают за формирование природных сообществ на новых территориях. Пути происхождения гренландской фауны насекомых детально анализировались [1—4]. Еще одним перспективным тест-объектом для этой дискуссии могут служить клещи — многочисленная группа класса паукообразных, отличающаяся очень высоким таксономическим и экологическим разнообразием.

Кто и сколько?

Гренландия протянулась с севера на юг на 2,5 тыс. км, поэтому ее современные флора и фауна содержат как арктические и полярные, так и многочисленные бореальные элементы. Большинство ученых считает, что гренландская биота очень молода, развилась главным образом в голоцене и лишена истинно эндемичных видов животных [2, 4—6]. Среди сосудистых растений настоящие эндемики Гренландии, издавна служившие аргументом сторонникам гипотезы переживания, могли возникнуть совсем недавно, уже после отступления ледника [7]. Свободные ото льда участки суши, по-видимому, существовали даже в максимальную фазу последнего оледенения на восточном побережье Гренландии [8], однако они могли служить прибежищем

только единичным, особенно холодоустойчивым формам, так как климат был очень суров [9]. Исследования в разных секторах Голарктики позволили установить, что 15–20 тыс. лет назад средние температуры июля были ниже современных на 8–10°C. В этот период в комплексах насекомых, обитавших на территории нынешних Британских о-вов, Белоруссии, Западной Сибири и США, безусловно преобладали арктические и аркто-альпийские виды. Из североатлантических растений-эндемиков пережить оледенение в Гренландии могли лишь единичные виды [7]. В любом случае подавляющее большинство ныне живущих организмов должны были заселить ее заново.

Процесс восстановления видового разнообразия, вероятно, далек от завершения: в Гренландии по сравнению с материковыми областями, расположенными на сходной широте, большинство групп животных (млекопитающие, наземные моллюски, насекомые и др.) сильно обеднены. Так, фауна насекомых в южной части острова включает менее 14% (а в отдельных отрядах — 4–5%) потенциального числа видов соответствующей континентальной фауны [2]. Несоответствие (причем в некоторых семействах полное!) между современной фауной жуков Гренландии и наборами видов в отложениях последнего межледниковья, равно как и неполночленность современной энтомофауны острова в целом (особенно «пропуск» таких обычных отрядов и семейств, как прямокрылые и стрекозы, муравьи и осы), свидетельствуют о трудности и непредсказуемости процесса колонизации [2]. Пример действия этого так называемого принципа «тотализатора» — ареал самой обычной циркумполярной жужелицы *Curtonotus alpinus*. В последнее межледниковье она обитала на о.Эльсмир, на западном и восточном побережьях Гренландии, тогда как в настоящее вре-



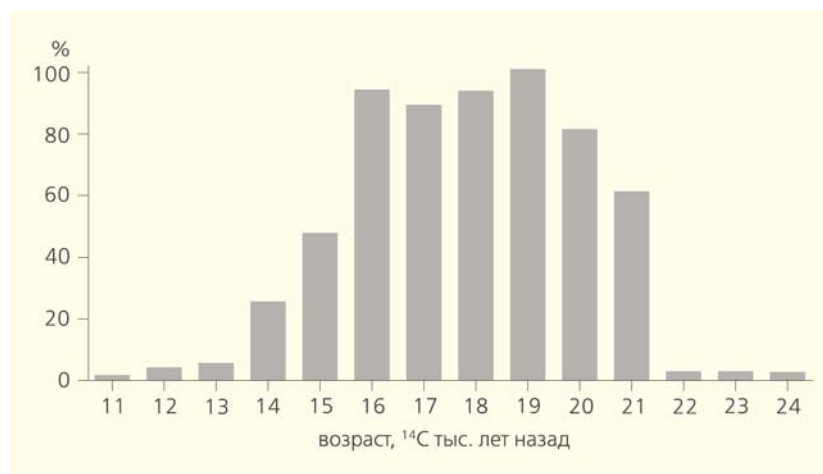
Масштабы оледенения на севере Голарктики во время последнего ледникового максимума* [19 и др.].

мя отсутствует и в Гренландии, и на большинстве островов Королевы Елизаветы. Тепловые условия этих районов в настоящее время не хуже тех, что существу-

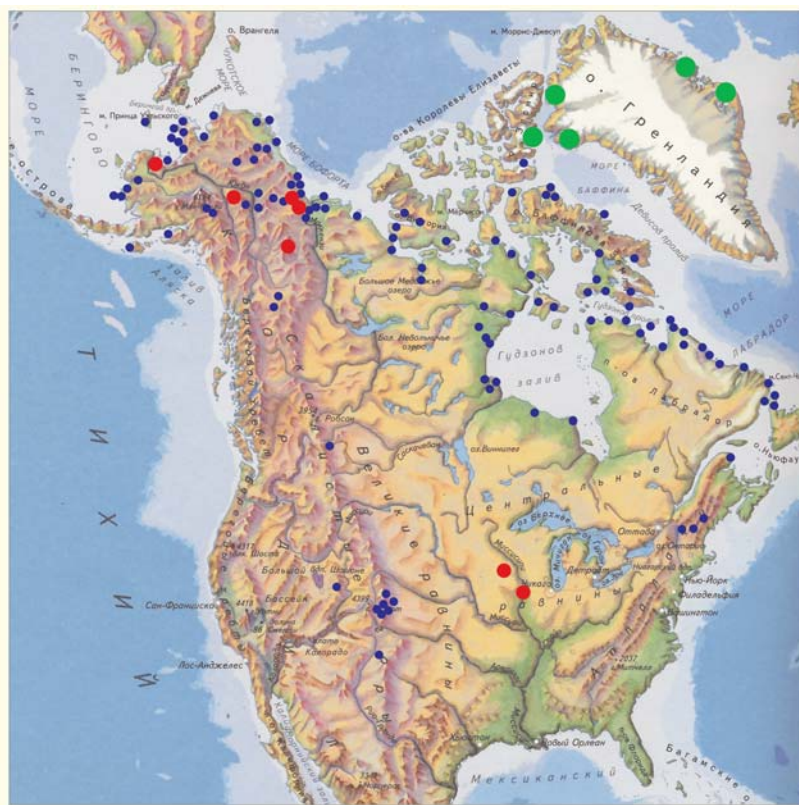
ют на крайнем севере Сибири и в Берингии**, где этот вид обитает повсеместно.

** В современном понимании Берингия — обширная территория, неоднократно объединявшая в плейстоцене Чукотку, Аляску и материковые шельфы прилегающих морей.

* Все иллюстрации к статье и атлас родов клещей Гренландии подготовлены к печати К.В.Макаровым.



Доля аркто-альпийских видов среди жуков-жужелиц в субфоссильных комплексах конца последнего оледенения (24—11 тыс. лет назад) на севере США [20].



- современные
- 18–21 тыс. лет назад
- 100–130 тыс. лет назад



Современные и субфоссильные находки жулицицы *Curtonotus alpinus* в Неарктике.

Откуда?

При анализе путей миграции беспозвоночных в Гренландию выявилась неожиданная ситуация. Легко расселяющиеся группы животных (пауки, бабочки, мухи, ручейники) прибывают на остров преимущественно из близлежащей Северной Америки (Неарктики). А в составе почвенных беспозвоночных (ногохвосток и жуков), у которых, напротив, снижены воз-

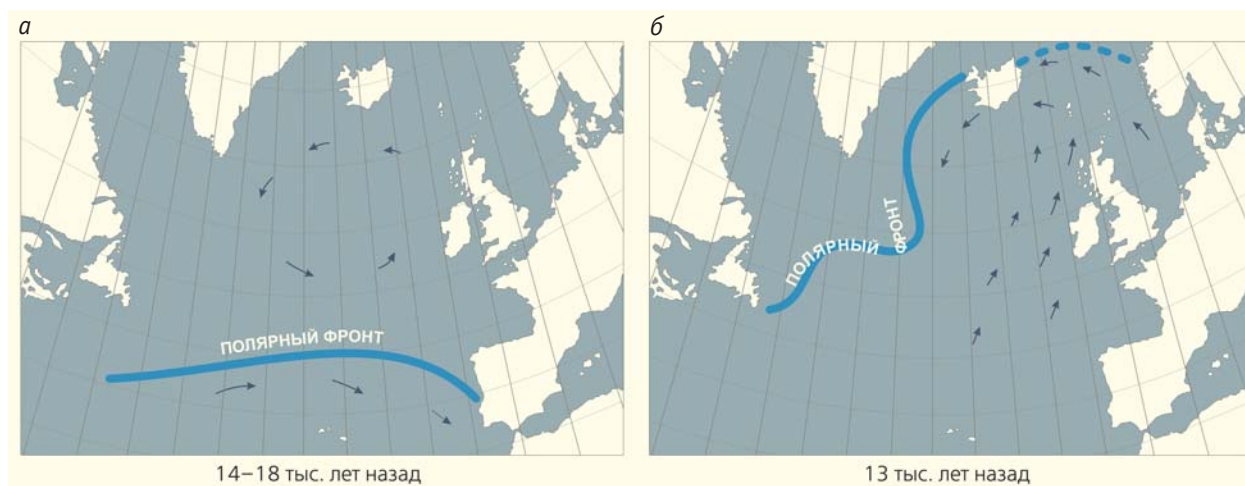
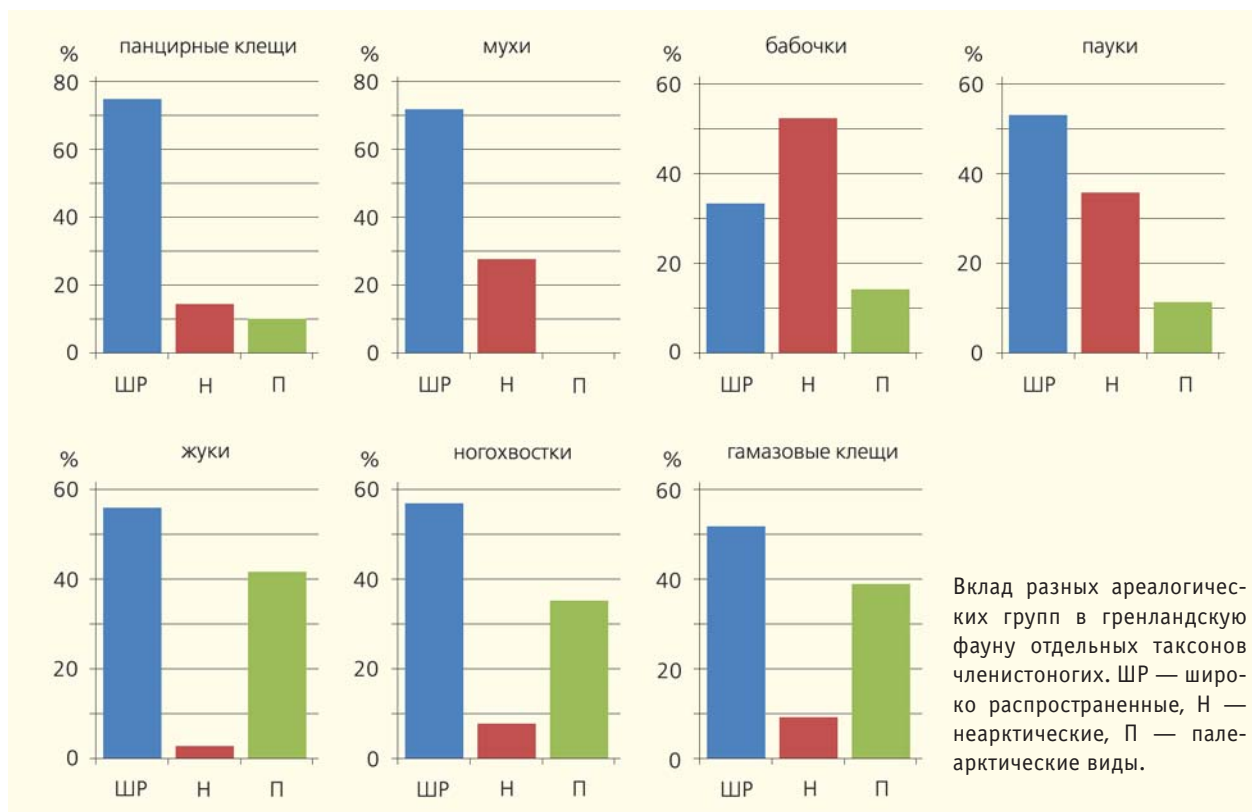
можности расселения, обнаружено явственное преобладание видов из Старого Света (палеарктических), несмотря на разницу в удаленности Гренландии от канадских и европейских берегов. Любопытно, что такие соотношения видов-мигрантов из Европы и Америки прослеживаются у гренландских жуков в фаунах разного возраста (табл.1) — как современной, так и существовавшей в последнее, земское, межледниковье. А ведь

этот относительно теплый период протекал между двумя опустошающими оледенениями. Таким образом, преимущественное заселение Гренландии жуками из Европы (а не из прилегающей Северной Америки) — явление повторяющееся, и значит, закономерное. Четверть века назад изящное разрешение «проблемы палеарктических жуков» предложил Г.Р.Куп [10]. Он, базируясь на материалах океанологов, предположил, что смещение полярного фронта к северу в начале резкого потепления в раннем дриасе, т.е. в конце плейстоцена, привело к отклонению Гольфстрима на запад. В результате был сильно облегчен перенос в этом направлении органического мусора и фрагментов почвы на «плотах» различного рода (льдинах, бревнах). К тому же из-за таяния ледников соленость морской воды должна была значительно сни-

Таблица 1

Число видов жуков Гренландии в фаунах разного возраста и вклад в их формирование видов разных экологических групп, в % от общего числа видов [3]

Возраст фауны	Всего видов	Голарктические	Неарктические	Палеарктические
Современный	37	51	3	42
100–130 тыс. лет (эем)	19	50	0	50
2–2.5 млн лет (конец плиоцена)	143	40	30	30



Положение полярного фронта в Северной Атлантике в максимальную фазу оледенения (а) и в раннем дриасе (б) [21]. Стрелками указано направление поверхностных течений.

зиться. К сожалению, позже появились сведения о стабильности северо-восточного направления морских течений на северо-западе Европы в тот период [11]. Таким образом, до сих пор неясно, по каким причинам в гренландской фауне жуков преобладают европейские мигранты.

Клещи — полноценная фауна?

Свободноживущие клещи (Acari) в последней трактовке представляют собой подкласс класса паукообразных (Arachnida) типа членистоногих (Arthropoda). Подкласс включает два надотряда и шесть отрядов, общее видо-

вое богатство которых, по самым скромным подсчетам, оценивается в 55 тыс. видов. Даже в арктических почвах клещи многочисленны. Биомасса только панцирных клещей в южных тундрах, по данным Д.А.Кривоуцкогo [12], может достигать 12 кг/га, что сравнимо с таковой всех позвоночных животных.

Возникновение клещей связывают с концом силура (443—416 млн лет назад), а в девоне (416—360 млн лет назад) они уже были представлены современными надсемействами. Из всех членистоногих только клещи обитают повсеместно на всех континентах и во всех океанах, вплоть до окрестностей Южного полюса и океанических впадин. Интересно было узнать: в Гренландии фауна этой древнейшей группы наземных животных с эукозмополитическим распространением столь же дисгармонична и ущербна, как фауна других групп животных? Чтобы ответить на этот вопрос, потребовались годы кропотливых исследований и широкий сравнительный анализ полученных данных.

К настоящему времени в Арктике уже зафиксировано около 700 видов свободноживущих клещей. Только в одном тундровом биотопе нередко обитают 30—50 видов, среди которых есть микрофитофаги и сапрофаги, хищные и всеядные формы. Даже в пробе почвы объемом 25 см³ поверхностного слоя почвы можно обнаружить 25—30 видов. Большинство клещей, отмеченных в Арктике, имеют обширные ареалы (трансглоарктические полизональные или аркто-бореальные, космополитические и т.д.), но многие виды встречаются преимущественно в тундровой зоне и полярных пустынях. Среди них немало форм с циркумполярным распространением.

Изучение клещей Гренландии началось еще в конце XVIII в.

с работ О.Фабрициуса. В первой половине 20-го столетия скандинавские ученые И.Трэгардом и М.Хаммер провели фундаментальные исследования фауны, и до того, как мы подключились к этому, общий список гренландских клещей насчитывал 160 видов. Недавно у нас появилась возможность проанализировать обширные коллекции, хранящиеся в Зоологическом музее Копенгагенского университета. Тому предшествовали 15 лет исследований арктических клещей под руководством выдающегося исследователя Крайнего Севера — академика Ю.И.Чернова, комплексные экспедиции нашей лаборатории синэкологии и Ботанического института РАН в районы белых пятен всех секторов Арктики, работа в библиотеках и музеях, переписка с коллегами, составление циркумполярной базы данных по арктическим клещам (FAM). Накопленная в результате информация позволила оценить ареалогическую структуру фауны клещей Гренландии, что стало новым вкладом в дискуссию об источниках миграции животных.

В ходе проведенной инвентаризации список клещей этого острова увеличился в полтора раза, при этом 12 семейств указаны впервые. В настоящее время фауна наземных клещей Гренландии насчитывает не менее 277 видов (табл.2), принадлежащих к надотрядам Parasitiformes (включает в том числе отряд Ixodida, представленный единственным видом — *Ixodes uriae*, паразитирующим на птицах) и Acariformes. Из них толь-

ко панцирные (отряд Oribatida) и гамазовые клещи (отряд Mesostigmata) могут быть в настоящее время детально проанализированы. Среди них обнаружены четыре достоверно новых вида и один подвид, установлена синонимия* для трех видов. Список орибатид увеличен на четверть (с 87 до 109 видов), гамазид — втрое (с 20 до 63). Два других отряда обработаны первично, но огромный отряд Prostigmata уже сейчас насчитывает не менее 86 видов, а отряд Astigmata (амбарные, перьевые и прочие клещи) представлен не менее чем 17 видами. Составлены ключи для определения всех найденных видов и подготовлен фотоатлас родов.

Об эндемичных видах среди клещей в Гренландии, как и среди других групп животных, можно говорить сейчас только с большой осторожностью, принимая во внимание недостаточную изученность канадской фауны. Однако семь морфологически характерных видов орибатид и три вида гамазовых клещей, возможно, ограничены в своем распространении именно этим сектором Арктики (ряд видов найдены еще и в Исландии).

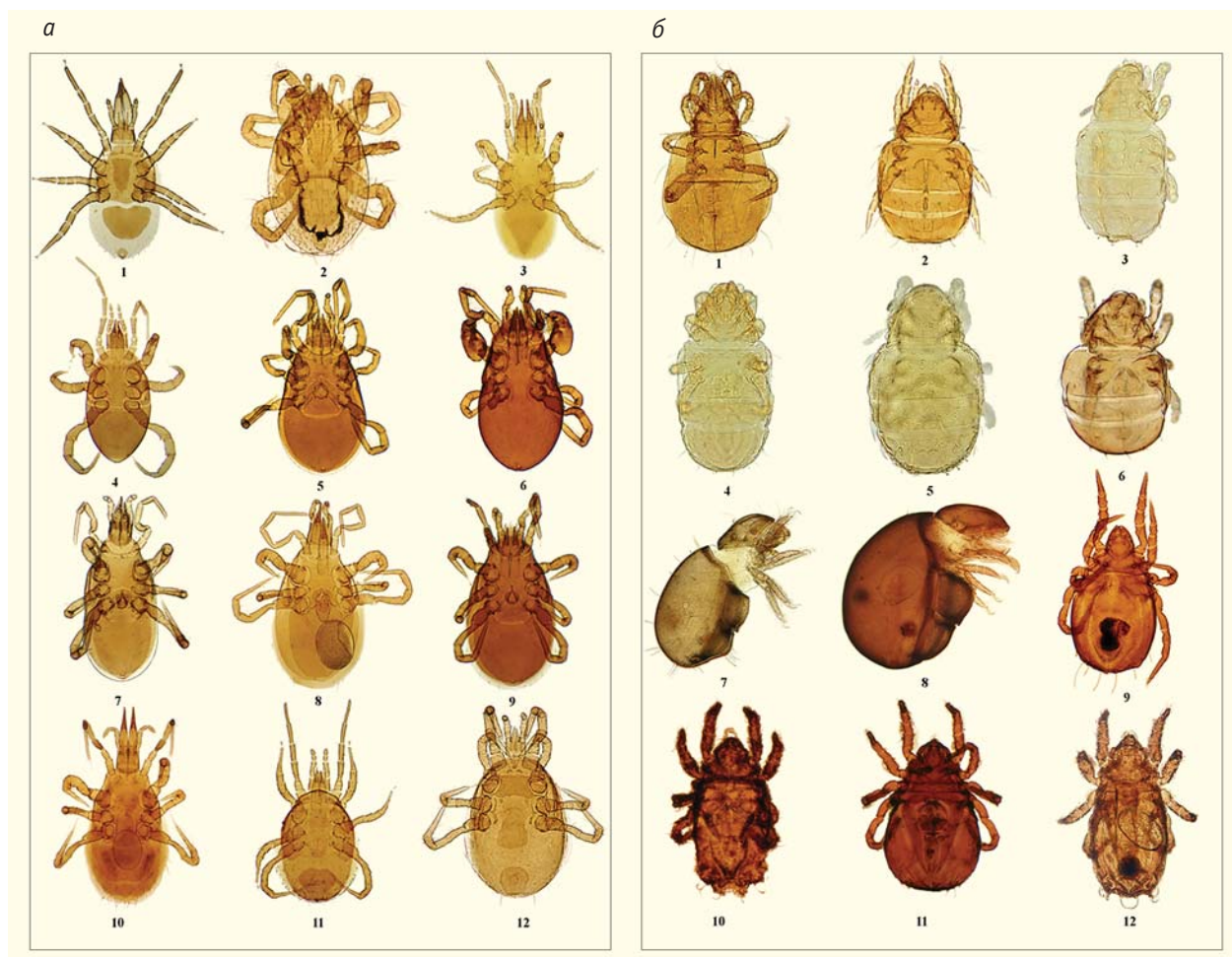
Разнообразие

Оказалось, что видовое разнообразие клещей Гренландии — почти такое же, как в безлесной части Таймырского п-ова. Эти территории вполне сравнимы по размеру свободных ото льда площадей, зональному спектру (лесотундра, тундра, полярные пустыни) и диапазону среднеиюльских температур (от 2—3°C до 11—12°C). Но Таймыр и северная Азия в целом избежали покровного оледенения в ходе последнего ледникового перио-

* Виды были описаны разными авторами дважды, а мы, в соответствии с принципом приоритета Международного кодекса зоологической номенклатуры, сочли действующим только более раннее название.

Таблица 2
Разнообразие клещей Гренландии

Таксон	Число видов
Надотряд Parasitiformes:	
отряд Mesostigmata	63
отряд Ixodida	1
Надотряд Acariformes:	
отряд Oribatida	110
отряд Prostigmata	>86
отряд Astigmata	>17



Фрагмент атласа родов клещей Гренландии (а — гамазовые, б — панцирные клещи).

да. Число видов жуков этих регионов различается почти вчетверо (37 «диких» видов в Гренландии и не менее 130 — в тундрах Таймыра), видовое богатство чешуекрылых на Таймыре выше более чем вдвое, пауков — более чем наполовину.

В гренландской фауне клещей каждого отряда отмечен весь основной набор характерных экологических групп. Например, гамазовые клещи включают специализированных охотников на ногохвосток (*Veigaia*), хищников-олигофагов (*Zerconidae*), неспециализированных хищников (*Pergamasinae*, *Arctoseius*, *Cheiroseius*, *Ololaelaps*, *Hypoaspis*), преимущественных потребителей яиц и личинок насекомых (*Pachylaelaps*, *Macrocheles*), нематодофагов (*Thino-*

seius), сожителей насекомых (*Parasitellus*, *Proctolaelaps*, *Pneumolaelaps*) и паразитов позвоночных животных (*Haemogamasus*, *Hirstionyssus*, *Rhinonyssus*). Экологическое разнообразие панцирных клещей также почти полное: существуют макрофитофаги (*Phthyracaridae*), питающиеся преимущественно тканями высших растений (обычно частично разложившимися), размельчающие микрофитофаги-детритофаги (большинство видов), колюще-сосущие микрофитофаги (*Suctobelbidae*), преимущественные альгофаги (*Ameronothrus*) и др. Иными словами, у клещей Гренландии нормальная структура фауны: они представлены большинством семейств, характерных для Арктики, и насчитывают сотни видов, которые

принадлежат ко всем основным экологическим группам.

Анализ разнообразия на уровне семейств в разных группах членистоногих показал, что бабочки Гренландии представляют 46% всех семейств, населяющих сибирскую Арктику, жуки — 53%, панцирные клещи — 67%, ногохвостки — 73%, гамазовые клещи — 78%, пауки — 86%. Судя по всему, микроартроподы (клещи и ногохвостки) способны наравне с вездесущими пауками колонизировать удаленные острова, благодаря мелким размерам и почвенному образу жизни. Следовательно, фауна почвенных клещей Гренландии в целом не может рассматриваться ни как сильно обедненная, ни как дисгармоничная, в отличие от фауны на-

секомах, наземных моллюсков и млекопитающих острова.

Ареалы

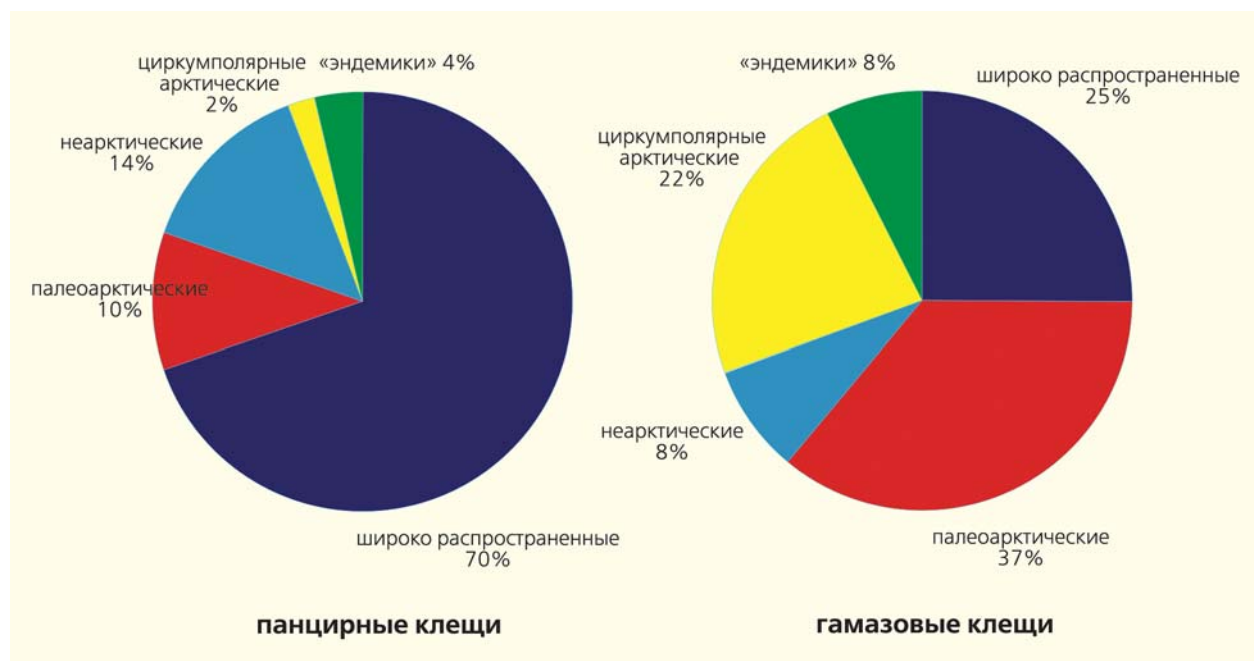
В результате анализа ареалов клещей — обитателей Гренландии — обнаружилось принципиальное различие между отрядами.

Среди панцирных клещей 70% составляют широко распространенные виды (обитающие в Голарктике и шире), причем из них почти треть (31%) — имеют всесветное распространение или заселяют несколько материков (семикосмополиты). Среди голарктических видов также преобладают полизональные формы. Вклад неарктических и западноберингийско-неарктических видов в фауну орибатид Гренландии в полтора раза выше, чем всех обитателей Европы или Палеарктики, вместе взятых. Это отличается от ситуации в других группах преимущественно почвенных животных, таких как жуки, дождевые черви, ногохвостки, среди которых безусловно преобладают мигранты из Европы.

Среди обнаруженных в Гренландии видов орибатид доля специализированных криофильных (аркто-бореальных и арктических) видов в целом невысока — около четверти. А строго арктические виды, ограниченные в своем распространении тундрами и полярными пустынями, просто единичны (4%). К этой категории мы можем причислить только циркумполярных *Svalbardia paludicola*, *Iugoribates gracilis*, *Epidamaeus groenlandicus* и северо-европейского *Oromurcia bicuspidata*. Итак, фауна панцирных клещей гренландского сектора Арктики, во-первых, состоит преимущественно из широко распространенных полизональных видов, во-вторых, сформирована как американскими, так и европейскими вселенцами с преобладанием американского влияния и, в-третьих, содержит лишь единичные специализированные арктические виды.

Гамазовые клещи (отряд Mesostigmata), как и простигматические (отряд Prostigmata), в отличие от орибатид, нередко используют животных других видов (в том числе насекомых)

не только в качестве источника пищи (хищничество, паразитизм), но и как транспортное средство (форезия). Понятно, что форические связи и паразитизм способствуют более широкому распространению. Однако виды гамазовых клещей, обитающие в Голарктике и шире, составляют в гренландской фауне не более 25%, а космополиты и семикосмополиты — всего 10%. Вклад видов Старого Света (европейских и палеарктических) в формирование гренландской фауны в четыре раза выше, чем неарктических. Очень высока доля циркумполярных арктических форм (22%). Среди них имеются как облигатные обитатели гнезд шмелей (*Parasitellus*, *Pneumolaelaps*), виды, склонные к форезии на длинноусых двукрылых (*Arctoseius*), так и обычные почвенные формы. В целом фауна гамазовых клещей Гренландии имеет, при сравнении с орибатидами, гораздо более специализированный, «северный» облик. Так, арктические и аркто-альпийские виды занимают почти половину списка (напомним, у орибатид — только 4%). К кос-



Географическая структура гренландской фауны клещей разных отрядов.



Форетические и паразитические ассоциации клещей Гренландии.

мополитам относится лишь десятая часть гренландских Mesostigmata, а не треть, как у орибатид.

Значительные отличия в соотношении числа видов, мигрирующих в Гренландию из Старого и Нового Света по отрядам (4:1 у гамазовых и 1:1.5 у панцирных клещей), неожиданны у совместно обитающих групп почвенных животных одного размерного класса. Получается, гренландские гамазиды в основном европейского происхождения, что характерно и для других обитателей почвы, а орибатиды, напротив, — американского, а это было известно только для легко расселяющихся по воздуху членистоногих (бабочек, мух, ручейников, пауков). В настоящее время нет адекватного объяснения таких сильных различий между этими группами мелких почвенных животных.

Нельзя исключить, что различные размеры ареалов и выраженность специализированных арктических видов среди гренландских Oribatida и Mesostigmata связаны с разным геологическим возрастом и темпами формообразовательных процессов этих таксонов. Можно предположить, что гамазовые клещи, как группа, моложе и быстрее эволюционируют. Панцирные клещи известны с дево-

на и знамениты беспрецедентно низкими темпами формообразования [13]. Так, современный вид *Platynotrus peltifer* недавно был сочтен существующим уже 100 млн лет [14]. Напротив, самые ранние находки гамазид датируются только поздним мелом (110—70 млн лет назад). Результаты молекулярно-генетических исследований подтвердили, что гамазиды — группа относительно недавнего происхождения с беспримерно высокими для хелицерных в целом скоростями нуклеотидных замен (на порядок выше, чем у всех остальных отрядов паукообразных), что может быть как-то связано с их короткими циклами развития и высокими скоростями метаболизма [15, 16].

Проанализировав всю имеющуюся литературу, где обсуждается способность почвенных клещей к расселению, мы убедились, что рафтинг, т.е. перемещение на различных плавающих объектах (бревнах, травяных кочках, морских водорослях и др.) и, возможно, перелеты на птицах (орнитохория) играют основную роль в заселении ими островов [17]. Выносливость клещей, выдерживающих многолетнее нахождение внутри ледяной толщи и неделями живущих в морской воде (это касается даже не литоральных видов), еще более

увеличивает расселительный потенциал этих вездесущих животных.

Первые итоги, новые вопросы

Итак, все имеющиеся материалы свидетельствуют, что биота Гренландии еще только восстанавливается после покровного оледенения, поэтому таксономические композиции большинства групп животных пока ущербны. Однако свободноживущие клещи уже отличаются полноценной структурой фауны и экологическим разнообразием. Вероятно, формирование акароценозов на молодых поверхностях гренландской суши идет более высокими темпами, чем сообществ из других групп членистоногих, что обусловлено мелкими размерами клещей и повышенными в связи с этим возможностями их расселения.

Выявленные различия в источниках миграции в Гренландию у разных групп почвенных клещей в настоящее время не имеют адекватного объяснения. Может быть, будущие детальные исследования североамериканской фауны гамазовых клещей изменят сегодняшнее представление о «расстановке сил» среди мигрантов. Столетие назад мно-



Колония лемминга — клумба среди тундры (результат удобрения экскрементами).

гие биологи считали, что большая часть флоры и фауны Гренландии привнесена викингами в ходе колонизации острова. Однако находки предполагаемых интродуцентов на значительном удалении от скандинавских поселков и на месте эскимосских поселений, которые предшествовали прибытию викингов, сделали эту гипотезу избыточной. Некоторые исследователи гренландской биоты объясняли сходство гренландских и европейских фаун формированием в недавнем прошлом моста суши через Северную Атлантику, но геологические доказательства существования такого моста отсутствуют. Многие тысячи гусей мигрируют в Гренландию каждый год из северо-западной Европы, намного больше, чем из США и Канады [6]. На теле водоплаваю-



Кипрей широколиственный — национальный символ Гренландии.

Фото М.П.Журбенко

щих птиц крупных видов, как правило, отмечается наибольшее число видов и количество особей почвенных клещей [18]. В оперении птиц регулярно отмечали и почвенных ногохвосток, личинок насекомых и даже мелких жуков. Не кроется ли здесь разрешение «проблемы палеарктических жуков»?

Большой интерес представляют различия в размерах ареалов и пропорции специализиро-

ванных арктических видов среди панцирных и гамазовых клещей. Как рабочую гипотезу можно рассматривать предположение о том, что их распространение зависит от возраста таксона и скорости видообразования. Тяготение к зоогенным местообитаниям, практически невыраженное у оribатид, очень характерно для гамазовых клещей. Многие из них связаны с гнездами леммингов и шмелей, птичь-

ими базарами и эвтрофированными луговинками, развивающимися вокруг нор млекопитающих и «столовых» хищных птиц. Кто знает, может быть, устойчивому формированию настоящих арктических видов среди гамазид способствуют и особенности формообразовательных процессов в небольших изолированных группировках (такие, как дрейф генов, инбридинг и др.)? ■

Литература

1. Lindroth C.H. The problem of late land connections in the North Atlantic area // North Atlantic Biota and Their History / Eds Á.Löve, D.Löve. Oxford, 1963. P.73—85.
2. Downes J.A. The post-glacial colonization of the North Atlantic Islands // Mem. Entomol. Soc. Canada. 1988. V.144. P.55—92.
3. Böcher J. History of the Greenland insect fauna with emphasis on living and fossil beetles // Studies in Quaternary Entomology: an Inordinate Fondness for Insects / Eds A.C.Ashworth, P.C.Buckland, J.P.Sadler. Quaternary Proceedings 5. Chichester, 1997. P.35—47.
4. Sadler J.P. «Is Greenland a zoogeographic unit?» A response to Bergersen // J. Biogeography. 1998. V.25. P.399—403.
5. Buckland P.C. North Atlantic faunal connections — introduction or endemics? // Entomol. Scand. Suppl. 1988. V.32. P.7—29.
6. Bennike O., Björck S., Böcher J., Walker I.R. The Quaternary arthropod fauna of Greenland: a review with new data // Bull. Geol. Soc. Denmark. 2000. V.47. P.111—134.
7. Brochmann C., Gabrielsen T.M., Nordal I. et al. Glacial survival or tabula rasa? The history of North Atlantic biota revisited // Taxon. 2004. V.52. P.417—450.
8. Funder S., Hansen L. The Greenland ice sheet — a model for its culmination and decay during and after the last glacial maximum // Bull. Geol. Soc. Denmark. 1996. V.42. P.137—152.
9. Johnsen S.J., Clausen H.B., Dansgaard W. et al. A «deep» ice core from East Greenland // Medd. Grønland, Geoscience. 1992. V.29. P.1—22.
10. Coope G.R. The invasion and colonization of the North Atlantic Islands: a palaeoecological solution to a biogeographic problem // Phil. Trans. Roy. Soc. L. 1986. V.B314. P.619—635.
11. Hald M., Aspeli R. Rapid climatic shifts of the Norwegian Sea during the last glaciation and the Holocene // Boreas. 1997. V.26. P.15—28.
12. Криволицкий Д.А. Роль панцирных клещей в биогеоценозах // Зоол. журн. 1976. Т.55. №2. P.68—78.
13. Криволицкий Д.А. Темпы формообразования и пути приспособительной эволюции панцирных клещей // Экология. 1973. №3. P.75—80.
14. Heethoff M., Domes K., Laumann M. et al. High divergences indicate ancient separation of parthenogenetic lineages of the oribatid mite *Platynothrus peltifer* (Acari, Oribatida) // J. Evol. Biol. 2006. V.20. №1. P.392—402.
15. Klompen H., Lekveishvili M., Black W.C. IV. Phylogeny of parasitiform mites (Acari) based on rRNA // Mol. Phylog. Evol. 2007. V.43. №3. P.936—951.
16. Murell A., Dobson S.J., Walter D.E. et al. Relationships among the three major lineages of the Acari (Arthropoda: Arachnida) inferred from small subunit rRNA: paraphyly of the Parasitiformes with respect to the Opilioacariformes and relative rates of nucleotide substitution // Invertebrate Syst. 2005. V.19. №5. P.383—389.
17. Макарова О.Л., Бёхер Й. Разнообразие и ареалогия клещей (Acari: Oribatida и Mesostigmata) Гренландии // Виды и сообщества в экстремальных условия / Ред. А.Б.Бабенко, Н.В.Матвеева, О.Л.Макарова, С.И.Головач. М.—София, 2009. С.168—189.
18. Krivolitsky D.A., Lebedeva N.V. Oribatid mites (Oribatei) in bird feathers: non-Passeriformes // Acta Zool. Lituana. 2004. V.14. №1. P.26—47.
19. Динамика компонентов наземного ландшафта и внутренних морских бассейнов Северной Евразии в последние 130 000 лет / Ред. А.А.Величко. М., 2002.
20. Schwert D.P. Faunal transitions in response to an ice age: the late Wisconsinan record of Coleoptera in the north-central United States // Coleopt. Bull. 1992. V. 46. P.68—94.
21. Ruddiman W.F., McIntyre A. The North Atlantic Ocean during the last deglaciation // Palaeogeog. Palaeoclimat. Palaeoecol. 1981. V.35. P.145—214.

Невидимые миры почвы



Б.А.Бызов, Я.М.Рабинович

Мы ходим по почве, не думая, что наступаем на живые организмы: на беспозвоночных, на грибы и бактерии. Эти миры скрыты от нашего глаза и напоминают о себе лишь кучками экскрементов на поверхности. Их разнообразие огромно, и в наземных экосистемах оно сосредоточено именно в почвах — как по количеству видов, так и по их обилию и плотности. Например, в лесной почве может быть до 1000 различных беспозвоночных, а их концентрация достигает сотен видов на 1 м², сотен килограмм на 1 га. Еще больше в почвах микроорганизмов — до 1000 видов бактерий и сотен метров гиф грибов на 1 г, общая масса — несколько тонн на 1 га. Все процессы в почвах осуществляют микроорганизмы: через них проходит до 90% потоков углерода и энергии, животные же лишь регулировщики.

Животные и микроорганизмы тесно связаны друг с другом и иногда вступают в симбиоз. Микроорганизмы — главная пища многих животных, но и животные порой становятся жертвой микроорганизмов (например, хищных грибов). В почвах встречаются все типы связей как отрицательные, так и положительные: от паразитизма до мутуализма. Биологи и экологи давно поняли, что изучение межорганизменных связей чрезвычайно важно и с теоретической, и с практической точки зрения. По сути дела экология, под которой журналисты и многие обыватели



Борис Алексеевич Бызов, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник кафедры биологии почв факультета почвоведения Московского государственного университета им.М.В.Ломоносова, почвовед, микробиолог. Область научных интересов — зоомикробные взаимодействия.



Яков Михайлович Рабинович, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Института биохимии им.А.Н.Баха РАН, биохимик. Занимается биоэнергетикой клеток эукариот.

понимают среду обитания человека, — это наука о взаимодействиях организмов между собой и с окружающей абиотической средой. Наша цель — показать, насколько сложен и важен предмет «экология почв».

Участие организмов в экосистемах может быть прямым и косвенным. Прямое использование метаболизма в ходе химических реакций служит для получения энергии, углерода, азота, минеральных элементов. Косвенное предполагает обратную связь, когда организмы влияют на функционирование экосистем благодаря собственному присутствию и активности. Такие процессы названы регули-

рующими, поскольку вызывают намного большие потоки энергии и массопереноса, чем собственные метаболические потребности. Прямой вклад прямо пропорционален плотности и физиологическому состоянию организмов, а косвенный может вызываться малым воздействием, например изменением структуры почвы, влиянием на активность других организмов. Функция беспозвоночных в том и состоит, чтобы регулировать жизнь микроорганизмов. Как регулировщик, поднимая палочку, останавливает большой поток машин и, следовательно, поток энергии, а тратит на это очень мало сил, так почвенные

животные регулируют жизнь микроорганизмов, а значит, и все процессы в почвах. При этом чем больше организм, тем сильнее его влияние [1].

Один из основателей экологии почв Д.Г.Звягинцев сформулировал принципы работы комплекса почвенных микроорганизмов, выделив среди них главный — дублирование функций [2]. Это можно отнести и к почвенным животным: у каждого своя роль, но они дублируются. Например, деструкцию растительных остатков осуществляют и животные, и микроорганизмы, разложение целлюлозы — грибы, фиксацию атмосферного азота — очень многие бактерии. Благодаря дублированию все процессы в почве идут постоянно, даже если какая-то группа организмов — наиболее раннее звено в экосистеме — выбывает. Так, если в кишечнике многоножки количество симбионта, дрожжей *Pichia guilliermondii*, превышает естественный уровень, многоножка погибнет. Когда хищный гриб появится в среде, где много нематод, он убьет их всех, хотя и не нуждается в таком количестве пищи. Клещи, заселившие культуру грибов в чашке Петри, не остановятся, пока не уничтожат все грибы (как волки, которые режут больше овец, чем способны съесть). Итак, регуляторная роль организмов в сообществе по направлению потоков вещества и энергии намного превышает их трофическую функцию (один ест другого, его ест третий) [3].

Свойства почв и их невидимые создатели

Важнейшие для человека свойства почв — структура и плодородие, они взаимосвязаны. Создают эти свойства почвенные организмы. Большинство почв имеет свою структуру. Форма и физическая прочность почвенных агрегатов определяют аэрацию, инфильтрацию воды,

водоудерживающую способность, удельную поверхность почвы. Агрегатное состояние в свою очередь обеспечивает проникновение корней растений, количество микроразновидностей с доступными для растений питательными элементами, микробную активность, соотношение аэробных и анаэробных зон, движение микро- и мезофауны и, как следствие, плодородие почвы. Такие почвы, как черноземы, серые лесные, почти всегда плодородны, поскольку в них благоприятные условия для жизни животных и микроорганизмов, которые и создают структуру.

Копролиты (экскременты) дождевых червей — не что иное, как почвенные агрегаты. Предполагают, что почвенные частицы цементируются в пищеварительном тракте гуматами кальция при взаимодействии с бикарбонатом кальция. Стабильность копролитов объясняют также деятельностью грибов, гифы которых переплетаются и связывают поверхность, или бактериальными полисахаридами, склеивающими кварц и глину. Исследуя причины механической прочности копролитов, Л.О.Карпачевский и его ученики обрабатывали их разными реагентами [4]. Выяснилось, что эти агрегаты более устойчивы к действию желудочного сока виноградной улитки *Helix pomatia*, чем комковатые и зернистые. Известно, что улиточный сок содержит ферменты, растворяющие клеточные стенки микроорганизмов. Значит, копролиты червей содержат больше веществ микробного происхождения и микробных клеток, разрушаемых ферментами.

Таким образом, структура почв определяется взаимодействием беспозвоночных и микроорганизмов. Резонный вопрос, а каков же масштаб этих процессов? Подсчитано, что в почвах умеренной зоны за сезон дождевые черви образуют 75–250 т/га копролитов. За 50–100 лет через их пищеварительный тракт

пропускаются верхние горизонты пахотных почв [5]. Казалось бы, работа червей невелика, но она постоянна, ее результаты накапливаются в почве, и в этом их регулирующая роль.

Животные влияют на почвенное плодородие, модифицируя состав питательных элементов при гибели, экскреции продуктов жизнедеятельности, измельчении и перемешивании органических и неорганических частиц, изменении микробиологической активности. В почвах Центральной Европы за счет гибели дождевых червей выход азота достигает 24 г/м², что сопоставимо с ежегодной дозой минеральных азотных удобрений (100–200 кг N на 1 га). Биомасса дождевых червей, содержащая 65–75% белка, в почве быстро разлагается, но азот вымывается не так быстро, поскольку связывается микроорганизмами.

Черви выделяют неорганические и органические вещества, в том числе физиологически активные. Основной конечный продукт азотного обмена — мочевина — гидролизует до аммония, а слизистые выделения состоят из мукопротеинов. В лабораторных опытах показано, что ежедневно черви выделяют 88–270 мг N на 1 кг биомассы (ежегодно 18–60 кг N на 1 га). Через популяции дождевых червей проходит около 40% всего азота, ежегодно поглощаемого растениями.

Копролиты червей, а также стенки ходов имеют более высокое значение pH, чем окружающая почва. Ходы с разветвленной структурой достигают глубины более 1 м, занимают по длине сотни метров, по ним распространяются корни растений. Некоторые виды, например *Lumbricus* spp., экскретируют кальциевые сферулы, образующиеся в кальциевых железах и в просвете кишечника. Некоторые черви способны оптимизировать pH в местообитаниях, что позволяет им колонизировать кислые почвы.

Благодаря перемещению почвы, увеличению аэрированности и дренажа, дезинтеграции и инкорпорации подстилки черви влияют на дифференциацию почвенного профиля, модифицируя физико-химические свойства почв и расширяя круг биологически активных зон. Ускоренные при этом процессы минерализации, гумификации и выветривания увеличивают оборот питательных элементов и, как следствие, плодородие почвы и продукцию растений. В Новой Зеландии сведение лесов под пастбища снизило продуктивность экосистемы и привело к накоплению на поверхности слоя экскрементов крупного рогатого скота и овец, поскольку из-за интенсивной обработки почвы почти не осталось червей. Когда в 1950 г. на отдельные участки интродуцировали червей *Aporrectodea caliginosa*, слой навоза через несколько лет исчез, и физические свойства почвы улучшились [6]. Биомасса червей используется в качестве добавок к кормам в животноводстве, в рыболовческих хозяйствах [7].

Давно известно, что почва, заселенная червями, плодороднее бедной ими. В 50-х годах прошлого столетия червей (*Eisenia fetida*, красный Калифорнийский гибрид) начали разводить в промышленном масштабе для утилизации органических отходов (пищевых и других бытовых, сельскохозяйственных, промышленных), для получения высокоэффективного удобрения (биогумуса). Почему? Черви создают в отходах структуру, подобную почвенной, убивают семена многих сорняков и патогенные организмы, очищают съеденный субстрат от тяжелых металлов и пестицидов, образуют физиологически активные вещества, благоприятные для растений. За счет формирования агрегатов они аэрируют субстрат, снижая концентрацию газообразных продуктов анаэробного разложения, накапливают нитратный азот, усваиваемый растениями [8].

Черви способствуют переводу химических элементов (азота, кальция и калия) в доступную для растений форму: в копролитах их больше, чем в исходном пищевом субстрате. Время жизни питательных элементов в биогумусах в шесть раз дольше (до 30 сут), чем в окультуренных почвах, а плодородие примерно в пять раз выше [9]. Накопление в копролитах гумусовых веществ, очевидно, связано с биохимической трансформацией органических веществ в пищеварительном тракте микроорганизмами. Итак, плодородие почвы регулируют животные, но основные исполнители — бактерии и грибы.

Взаимодействие беспозвоночных и микроорганизмов

Роль беспозвоночных в почвообразовании во многом связана с регуляцией состава и активности микроорганизмов. Обратим внимание на селективное потребление животными микробов и на те события, которые происходят с микроорганизмами в пищеварительном тракте. Одна из фундаментальных закономерностей — изменение в соотношении мицелиальных грибов/бактерий: в почве бактерий становится больше, а грибов меньше. Беспозвоночные предпочитают в основном грибы. Однако не все группы, виды и даже штаммы микроорганизмов, попав в кишечник животного, ведут себя одинаково. С ними могут происходить разные события: гибель популяции (например, дрожжевых грибов), подавление роста, сохранение жизнеспособности, инициация прорастания спор, размножение. Животные почему-то предпочитают в пищу грибы, содержащие в гифах темный пигмент меланин. При оценке микробного загрязнения почв необходимо помнить, что генетически модифицированные человеком бактерии могут размножаться и даже передавать гене-

тическую информацию диким бактериям в кишечнике [10], а возможно, и получать от почвенных бактерий новые гены, например устойчивости к антибиотикам. Наш тезис — у каждого животного есть свой круг микробов-жертв. В этом и проявляется функциональное биологическое разнообразие — в трофических сетях животные не стоят в очереди за пищей, а каждый имеет свою, согласно со способностями переварить ее.

Для объяснения причин избирательной гибели микроорганизмов в кишечнике животных мы проверили активность пищеварительных экстрактов некоторых беспозвоночных (многоножек-кивсаяков, мокриц, виноградной улитки). Получили предсказуемый результат: часть микроорганизмов гибнет, другие не чувствительны, беспозвоночные отличаются разной антимикробной активностью [10]. Позже такую киллерную активность обнаружили и у дождевых червей [11]. Под действием кишечной жидкости быстро, в течение нескольких минут, подавляется дыхание — гибнут клетки [12]. Чувствительные к перевариванию клетки изменяются в облик уже через несколько секунд. В просвечивающем электронном микроскопе видно, что под действием кишечной жидкости многоножки кивсаяка *Pachyiulus flavipes* цитоплазма дрожжевых грибов *Saccharomyces cerevisiae* становится гранулированной, исчезают ядро, митохондрии, вакуоли (рис.1). Большинство клеток сохраняют целостность и клеточную стенку. Изменения внутренней организации позволяет говорить о мембранотропном действии веществ кишечной жидкости [8].

Чувствительны к киллерной активности, как правило, обитатели листового опада или почвы, а устойчивы обитатели кишечника и экскрементов животных, что говорит об их адаптации к кишечной среде животного. Киллерные агенты имеют небелковую природу. Среди них

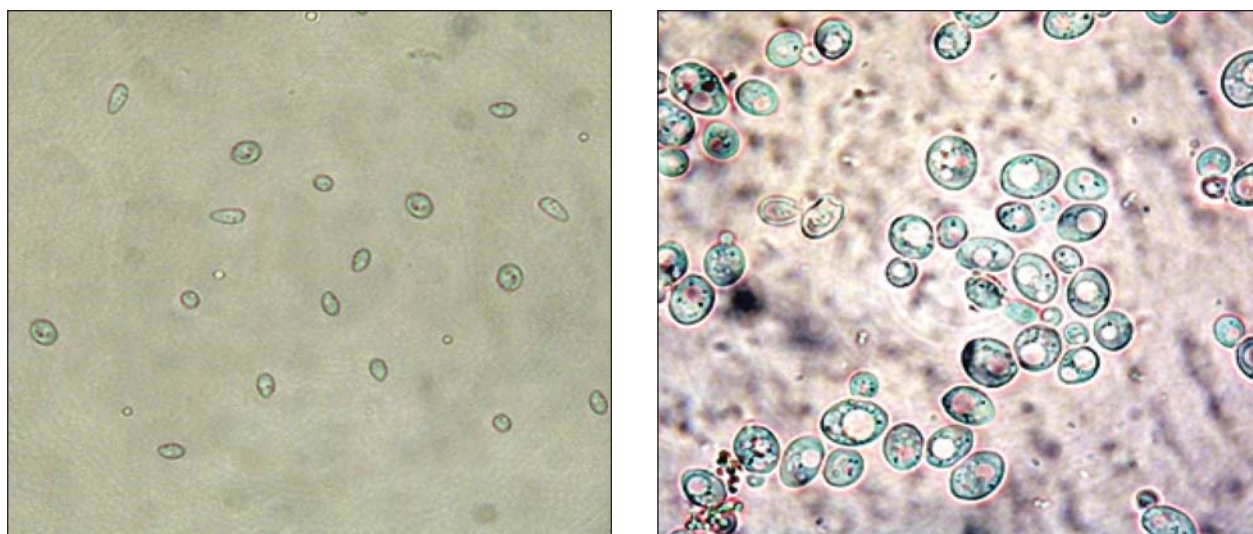


Рис.1. Гибель клетки дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* под действием пищеварительной жидкости кивсяка (увел. 400). Справа — контроль (увел. 900).

обнаружено новое вещество — 16-сульфо-гидроксипальмитиновая кислота: $^{-}\text{SO}_3\text{-O-(CH}_2\text{)}_{15}\text{-COOH}$, имеющая свойство умеренного детергента. Скорость и степень разрушения клеток под действием пищеварительной жидкости мы исследовали по выходу в водный раствор ^{14}C — меченых органических соединений. После нескольких минут пребывания в этой активной среде клетки теряют до 80% своего содержимого, причем киллерная фракция, хотя и не содержит ферментов, тоже вызывает лизис. Механизм такого переваривания микроорганизмов представляется нам следующим образом. Чувствительные микробные клетки быстро гибнут под действием киллерных веществ: они нарушают барьер проницаемости, и в раствор вы-

ходит часть содержимого цитоплазмы (рис.2). Гидролиз клеточного материала осуществляют вместе автолитические ферменты микробной клетки и ферменты животного. Каждый вид животного, очевидно, имеет свой круг микробов-жертв — благодаря различному составу киллерных веществ.

Предложенный нами механизм сходен с описанным для позвоночных индуцированным автолизом: жертва обеспечивает собственное переваривание, индуцируемое веществами пищеварительного тракта хищника. При этом живые организмы перевариваются эффективнее мертвых. Известно, что состав автолитических ферментов любой клетки более широк, чем спектр пищеварительных ферментов животного, — это мо-

дель «искусственного удава» [12]. Причина селективности переваривания до сих пор не ясна. Возможно, киллерные вещества специфически взаимодействуют с мембранными фосфолипидами и, подобно детергентам, вызывают деструкцию мембран. Участие жирных кислот в переваривании микроорганизмов животными до сих пор не отмечалось. Индуцированный автолиз, видимо, существует и у других беспозвоночных — насекомых, нематод. Многие хищные насекомые парализуют и убивают жертву ядами, а переваривание происходит вне кишечника (внекишечное пищеварение) аналогично индуцированному автолизу. Значит, пищеварительный тракт беспозвоночного можно представить как селективный «фильтр» и одновремен-

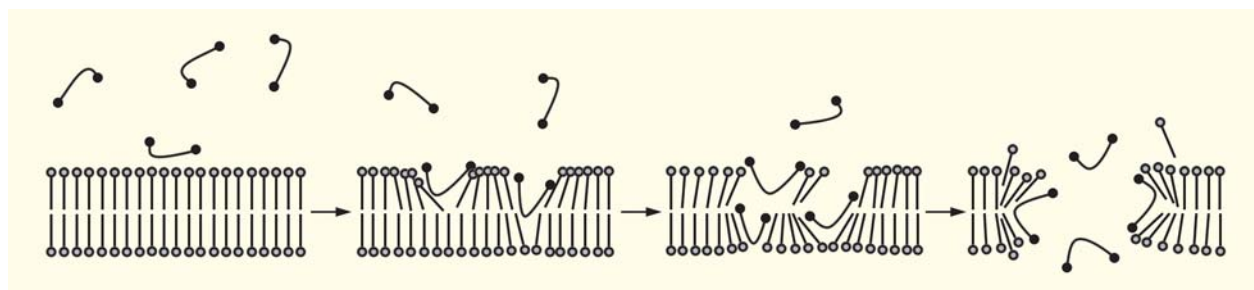


Рис.2. Гипотетический механизм киллерного действия на клеточную мембрану.

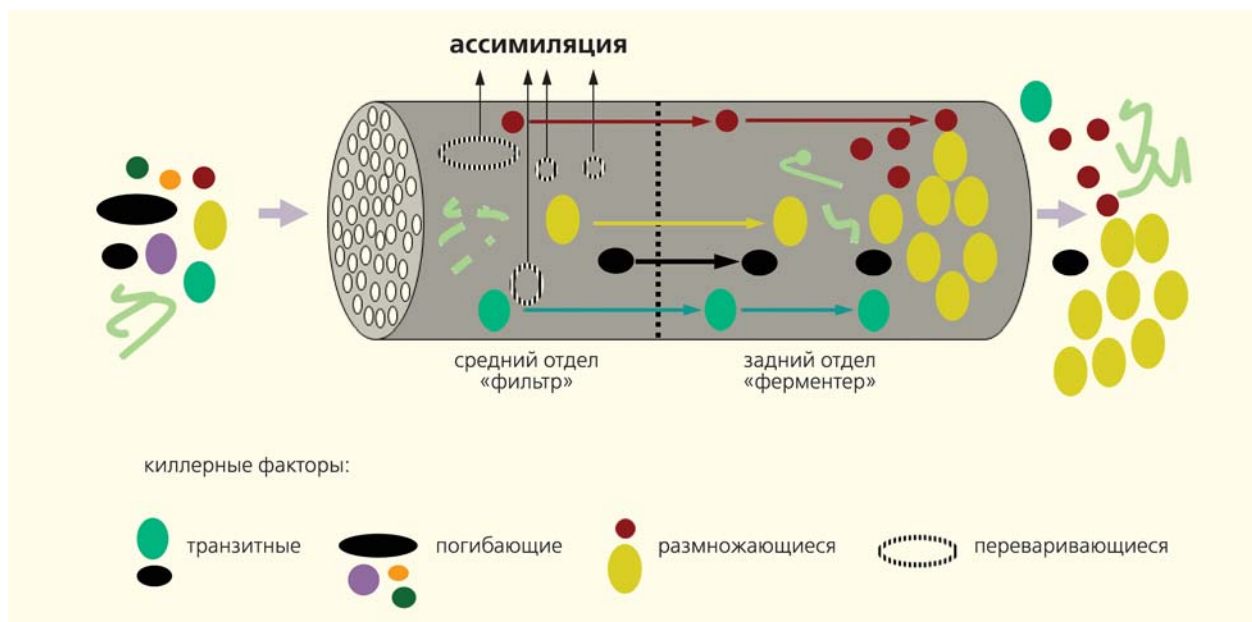


Рис.3. Пищеварительный тракт беспозвоночных как фильтр и ферментер.

но как ферментер для микроорганизмов (рис.3).

У всех позвоночных есть кишечные симбионты. Их значение в жизни макроорганизма огромно, и нарушения их функций (дисбиозы) приводят к сбою в работе организма. Наличие симбионтов у почвенных беспозвоночных пока строго не доказано. Здесь необходим не только поиск новых, не встречающихся в почве видов бактерий и грибов, но и выявление у них специальных функций симбионта, важных для жизни хозяина. Наиболее весомый знак — микроорганизмы прикреплены к стенкам кишечника. Так, у дождевых червей гифы актиномицетов врастают в стенку [13]. Мы показали, что в кишечнике почвенных многоножек живет множество разнообразных бактерий: от очень мелких (менее 0.2 мкм) кокков до длинных палочек (рис.4). Бактерии, выделенные из червей, на 80—90% представлены факультативно-анаэробными штаммами [14]. В кишечнике дождевых червей обнаружены новые представители семейств Sphingomonadaceae (Alphaproteobacteria), а также *Alcaligenes* spp. (Betaproteobacteria).

Они живут и в почве, но, когда попадают в кишечник червей, их становится больше [15].

Пищеварительный тракт беспозвоночных можно рассматривать как анаэробную зону в почве, в которой бактерии осуществляют денитрификацию, диссимиляцию нитратов и детоксификацию нитритов [16]; там активнее фиксируется атмосферный азот [17], а потребляемые микроорганизмы снабжают организм хозяина белком, незаменимыми аминокислотами и жирными кислотами [18]. Такие микроорганизмы способны продуцировать гидролитические ферменты, целюлазы и хитиназы. Кишечные актиномицеты в сравнении с почвенными обладают повышенной антибиотической активностью, что, возможно, служит беспозвоночным защитой от внешних врагов [19].

Большинство кишечных микроорганизмов хорошо переносят недостаток O₂; у них при ассимиляции органических соединений преобладают простые углеводы; растут они быстрее почвенных; так же, как почвенные, могут расти на гуминовых кислотах. У дождевых червей

обнаружены и микроскопические мицелиальные грибы. Экскреты червей обладают биологической активностью, действуя в очень низких концентрациях (мкг/мл) на рост бактерий, подавляя одних и стимулируя других [20]. Наконец, гуминовые кислоты, потребляемые червями, приобретают иную биологическую активность по отношению к бактериям и грибам за счет биохимической трансформации в кишечнике [21].

Все эти факты вместе с новыми сведениями о функциях кишечных микроорганизмов, которые неизбежно появятся в ближайшее время, позволят составить функциональный «портрет» микробного сообщества пищеварительного тракта беспозвоночных и доказать их симбиотическую роль.

Сейчас мы можем утверждать, что сами взаимодействия несут функции, отличные от функций отдельных организмов. Их можно даже назвать биосферными функциями (рис.5).

* * *

Мы видим, что связи почвенных беспозвоночных и микроорганизмов огромны, а их

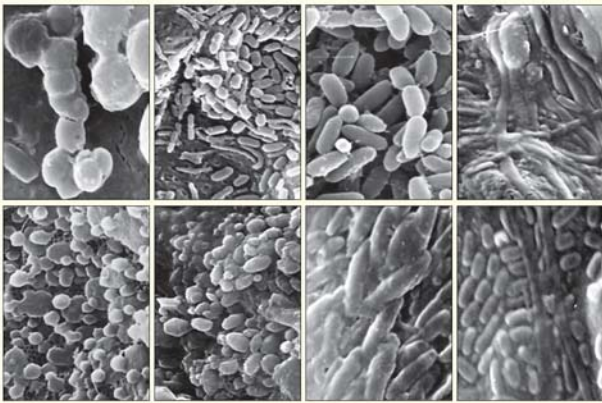
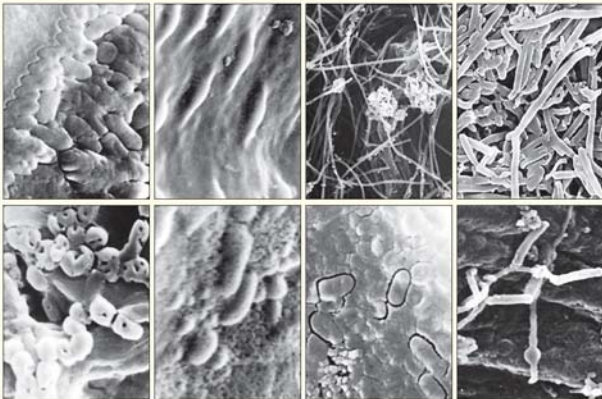
Местообитание	Бактерии
 <p>пристеночное сообщество</p>	<i>Klebsiella pneumoniae</i> , <i>Enterobacter cloacae</i> , <i>Plesiomonas sp.</i> , <i>Promicromonospora citrea</i> , <i>Streptomyces chrysomallus</i> , <i>S. candidus</i> , <i>Streptoverlicillium sp.</i> , <i>Micromonospora spp.</i> , <i>Bacillus spp.</i>
	кишечная жидкость <i>Salmonella subsp.</i> , <i>Alcaligenes xylosooxidans</i> , <i>Burkholderia cepacia</i> , <i>Pseudomonas fluorescens</i>
перитрофическая мембрана <i>Enterobacter cloacae</i> , <i>S. badius</i> , <i>S. fluorescens</i> , <i>S. xanthocidicus</i> , <i>S. filamentosus</i>	
 <p>полостное сообщество</p>	<i>Pseudomonas sp.</i> , <i>Flavobacterium sp.</i> , <i>Promicromonospora sp.</i> , <i>Rhodococcus sp.</i> , <i>B. acilhis spp.</i> , <i>S. carpaticus</i> , <i>S. griseolus</i> , <i>S. pseudogriseolus</i> , <i>S. paucidiastaticus</i> , <i>S. felleus</i> , <i>S. chrysomallus</i> , <i>S. aburaviensis</i> , <i>S. nitrosporeus</i> , <i>S. globisporus</i> , <i>S. piuricolorescens</i> , <i>S. longisporoflavus</i> , <i>S. echinatus</i> <i>Streptosporangium albidum</i> , <i>Micromonospora spp.</i> , <i>Actinomadura spp.</i>

Рис.4. Бактерии, ассоциированные с кишечником кивсяков.



Рис.5. Биосферные функции зоомикробных взаимодействий в почвах.

функции разнообразны. Здесь мы коснулись лишь нескольких. Уверены, что найдутся энтузиасты, которые займутся новыми вопросами этой обширной темы. Возможно, наиболее плодотворны будут поиски новых микробных симбионтов и познание эволюции симбиотических взаимоотношений на червях как наиболее древних почвенных беспозвоночных. Новые молекулярно-биологические методы

дают возможность это делать. Работы по расшифровке селективного переваривания и киллерного воздействия пищеварительной среды животных приведут не только к новым находкам природных соединений с антимикробными свойствами, но и к расшифровке молекулярных механизмов межорганизменных взаимодействий. Изучение симбионтного пищеварения и питания важно не только для пони-

мания механизмов коэволюции трофических взаимодействий микроорганизмов и животных. Оно поможет искать новые источники биологически активных веществ (ферментов, аминокислот, витаминов). Наконец, антибиотические взаимодействия, особенно сильно проявляющиеся в кишечнике животных, — стимул к направленному поиску микробов — продуцентов новых антибиотиков. ■

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проект 10-04-22519.

Литература

1. Anderson J.M. Soil organisms as engineers: microsite modulation of macroscale processes // Linking Species and Ecosystems. Eds C.J.Jones, J.H.Lawton. N.Y., 1995. P.94—106.
2. Звягинцев Д.Г. Почва и микроорганизмы. М., 1987.
3. Anderson J.M. Ecology of Microbial Communities / Ed. M.Fletcher. Cambridge, 1987. P.125—133.
4. Манаенков И.В., Зубкова Т.А., Карпачевский Л.О. Механическая прочность почвенных агрегатов разной формы // Почвоведение. 1997. №12. С.1438—1444.
5. Makeschin F. Earthworms (*Lumbricidae: Oligochaeta*): Important promoters of soil development and soil fertility. Fauna in soil ecosystems. Recycling processes, nutrient fluxes and agricultural production / Ed. G.Benckiser. 1997. P.173—223.
6. Lee K.E. Earthworms. Their Ecology and Relationships with Soils and Land Use. Sydney; Orlando; San Diego; N.Y.; L.; Toronto; Montreal; Tokyo, 1985.
7. Ferruzzi K. Manuale del Lombricoltura. Bologna, 1984.
8. Туинов А.В. Влияние дождевых червей *Nicodrilus caliginosus* на нитрификацию в дерново-подзолистых почвах. Деструкция органического вещества в почве. Вильнюс, 1989. С.172—176.
9. Edwards C.A., Fletcher K.E. Interactions between earthworms and microorganisms in organic matter breakdown // Agriculture, Ecosystem and Environment. 1988. V.24. №1—3. P.235—247.
10. Бызов Б.А. Зоомикробные взаимодействия в почве. М., 2005.
11. Хомяков Н.В. Действие пищеварительной жидкости дождевых червей на микроорганизмы. Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. 2009.
12. Уголев А.М., Цветкова В.А. Индуцированный автолиз как важный механизм начальных стадий пищеварения в естественных условиях // Физиологический журнал СССР им.И.М.Сеченова. 1984. Т.70. №11. С.1542—1550.
13. Jolly J.M., Lappin Scott H.M., Anderson J.M., Clegg C.D. Scanning electron microscopy of the gut microflora of two earthworms: *Lumbricus terrestris* and *Octolasion cyaneum* // Microbiol. Ecol. 1993. V.26. P.235—245.
14. Третьякова Е.Б., Добровольская Т.Г., Бызов Б.А., Звягинцев Д.Г. Сообщества бактерий, ассоциированные с почвенными беспозвоночными // Микробиология. 1996. Т.65. №1. С.102—110.
15. Nechitaylo T.Y., Yakimov M.M., Godinbo M. et al. Effect of the earthworms *Lumbricus terrestris* and *Aporrectodea caliginosa* on bacterial diversity in soil // Microbial Ecology. 2010. V.59. №3. P. 574—587.
16. Karsten G.R., Drake H.L. Comparative assessment of the aerobic and anaerobic microfloras of earthworms' guts and forest soils // Appl. Envir. Microbiol. 1995. V.61. №3. P.1039—1044.
17. Citernesi V., Neglia R., Serriti A. et al. Nitrogen fixation in the gastroenteric cavity of soil animals // Soil Biol. Biochem. 1977. P.71—72.
18. Pokarzhevskii A.D., Zaboev D.P., Ganin G.N., Gordienko S.A. Amino acids in earthworms: are earthworms ecosystemicivorous? // Soil Biol. Biochem. 1997. V.29. №3/4. P.559—567.
19. Нгуен Дык Т.Л., Бызов Б.А., Зенова Г.М., Звягинцев Д.Г. Антагонистические свойства актиномицетов, ассоциированных с пищеварительным трактом почвенных беспозвоночных // Вестн. Моск. ун-та. Сер.17. Почвовед. 1996. №3. С.70—77.
20. Олейник А.С., Бызов Б.А. Реакция бактерий на воздействие поверхностных экскретов дождевых червей // Микробиология. 2008. Т.77. №6. С.854—862.
21. Тихонов В.В., Бызов Б.А., Завгородняя Ю.А., Демин В.В. Дождевые черви — преобразователи структуры и биологической активности гуминовых веществ // Известия РАН. Сер. биол. 2010. №8. С.1—11.

Великая дайка Зимбабве

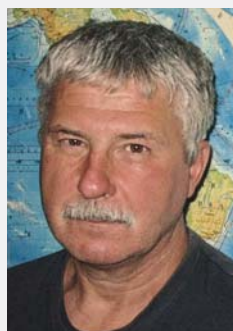
С.В.Белов

Среди разнообразных геологических образований, существующих на нашей планете и относящихся к памятникам природы, есть несколько поистине уникальных, свидетельствующих о грандиозных процессах, которые меняли лик Земли. Один из таких геологических уникамов — Великая дайка Зимбабве. Нам предстоит с ней познакомиться. Наш небольшой геологический отряд, занятый оценкой золотоносности, направляется из столицы Зимбабве Хараре на запад страны. Джип «Тойота», в котором мы разместились, наматывает на скаты километры, все более приближая нас к Великой дайке (рис.1).

Что это такое?

Дайка (англ. dike, dyke — стенка из камня) — пластинообразное, близкое к вертикали геологическое тело (рис.2), обычно ограниченное параллельными стенками и секущее вмещающие породы (несогласное). Ширина (или, как говорят геологи, — мощность) даек обычно изменяется от нескольких сантиметров до десятков метров, протяженность — от одного метра до нескольких километров. И лишь Великая дайка в Зимбабве протягивается с северо-востока на юго-запад страны более чем на полтысячи километров, в некоторых местах достигая ширины более 10 км.

Итак, дайка — это тех или иных размеров трещина в зем-



Сергей Викторович Белов, доктор геолого-минералогических наук, профессор Московского государственного открытого университета, лауреат премии Правительства России, премий им.А.Н.Косыгина и им.С.С.Смирнова. Область научных интересов — системные взаимосвязи между напряженно-деформированным состоянием геосреды, магматизмом и рудогенезом; проблемы геоэкологии. Постоянный автор «Природы».

ной коре, выполненная закристаллизовавшимся магматическим расплавом. Залегают такие структуры как среди осадочных и метаморфических, так и среди магматических горных пород. В последнем случае дайку обыч-

но питает остаточный магматический очаг, образующийся внутри уже в основном раскристаллизовавшегося магматического тела. С дайками часто ассоциирует разнообразное оруденение. Например, широко извест-



Рис.1. Великая дайка Зимбабве протягивается через всю страну.



Рис.2. Классический пример разновозрастных даек. Дайка диабазов (темная) сечет дайку аплитов (розовую).

ны золотоносные лестничные жилы Березовского месторождения или вольфрамоносные штокерки Бурановского месторождения на Урале*.

По отношению к оруденению дайки могут быть до-, внутри- и пострудными. Они выполняются кислыми, средними, щелочными, основными и ультраосновными породами. Именно последний комплекс, включающий мафитовые и ультрамафитовые породы, характерен для Великой дайки. Она представляет собой стратифицированное тело, сложенное перидотитами и габброидами — продуктами дифференциации основных и ультраосновных магм. Почему же дайка получила такое название? Конечно же, в первую очередь из-за своих размеров. Более стойкая к выветриванию, чем вмещающие ее породы, почти прямая — как Великая Китайская стена, она возвышается над окружающей местностью на 50—300 м, протягиваясь

на 560 км при мощности от 3.2 до 12.3 км. Больше таких даек нигде нет. Однако не только ее размеры впечатляют. С Великой дайкой Зимбабве связаны уникальные (1 млрд т) месторождения хромовых руд, крупнейшие запасы платины, никеля, меди и других металлов.

Немного истории и политики

Надо сказать, что столетие назад, в эпоху британского империализма, этот геологический уникум назывался Великой дайкой Родезии. Зимбабве именовалось тогда Родезией, название которой произошло от британского имперского стратега и владельца рудников Сесила Родса (Cecil Rhodes), основателя стипендий в Оксфорде. Ему принадлежал и план создания огромной частной африканской зоны (от Египта до Южной Африки), взятой внаем у английской королевы. Родс организовал Британскую Южно-Африканскую компанию (по образцу известной Ост-Индской) для эксплуатации минеральных бо-

гатств Родезии. Британское правительство при этом брало на себя военную защиту деятельности Родса, в то время как сам он и его лондонские банкиры (в первую очередь, ближайший партнер — лорд Ротшильд) получали все доходы от бизнеса.

Связана Великая дайка (вернее, минеральные богатства, заключенные в ней) и с современной политикой. На пути из Хараре наша «Тойота» была вынуждена съехать на обочину и остановиться, чтобы пропустить кортеж президента Зимбабве Роберта Мугабе, несшийся на одну из загородных резиденций. Впереди и сзади президентского бронированного «Линкольна» в машинах охраны, оцетинившись пулеметами, сидел готовый стрелять на поражение непальский спецназ (непальцы считаются лучшими воинами). Я достал фотоаппарат, собираясь направить его на приближающийся необычный кортеж, но африканец-шофер, схватив меня за руку, объяснил, что непальцы могут запросто полоснуть пулеметной очередью. Такие суровые меры — следствие появления в джунглях «борцов за свободу». Дело в том, что в последние годы президент Мугабе развернул свою политику на 180°. Он начал активно сотрудничать в сфере минеральных ресурсов с главным на сегодняшний день противником США — Китаем. Проявил интерес к зимбабвийским недрам и российский бизнес. Этого оказалось достаточно, чтобы из разряда «демократических диктаторов» Мугабе скатился в клан «душителей свободы». США выразили «серьезную озабоченность» соблюдением в стране прав человека, а в джунглях тут же появились отряды борцов за свободу. Контроль над крупнейшими запасами хрома и платины, содержащимися в месторождениях Великой дайки, — лакомый кусочек, который дорогого стоит. Все, в общем, почти как и сто лет назад, во времена Сесила Родса.

* Белов С.В., Фралов А.А. Штокверковый тип вольфрамового оруденения в дайках Бурановского месторождения (Южный Урал) // Геология рудных месторождений. 1984. №2. С.12—19.

Рождение геологического чуда

Впечатляет геологический возраст дайки, сформировавшейся в позднем архее, — 2.574 млрд лет назад (рис.3). По-видимому, мощный восходящий конвективный поток в мантии привел в конце концов к расколу кратона Лимпопо на две части. Кратон, названный по имени знакомой с детства кишачей крокодилами реки, протягивается на север до другой великой реки — Замбези. Сложен он древнейшими (3.7—3.8 млрд лет) гранито-гнейсами тоналитового состава, выше которых залегают складчатые осадочно-вулканогенные комплексы зеленокаменных поясов катархея (система Себаквай возрастом более 3.5 млрд лет), а также нижнего и верхнего архея (система Булавайо возрастом 2.7—2.9 млрд лет). И вот эти толщи пород (видимо, под воздействием мантийного плюма) раскололись. Возникшая гигантская зона раздвига стала заполняться магматическим расплавом, объем которого оценивается гигантской цифрой ~10 тыс. км³. Однако процесс рождения был длителен и непрот. Во-первых, магма занимала не только главный разрыв, но и оперяющие трещины (рис.3), где формировались сателлиты меньшей мощности. Кроме того, на своем протяжении структура деформировалась более поздними сдвигами (рис.4). Но главная особенность состоит в том, что дайка представляет собой расслоенное тело, однако поступление свежей магмы в трещинные интрузивные камеры было циклическим.

Великая дайка подразделяется на несколько камер с подчиненными субкамерами (рис.5). В вертикальном разрезе выделяется нижняя ультрамафитовая серия (мощностью более 2000 м), представленная дунитами, гарцбургитами и пироксенидами с прослоями хромитов, и верхняя мафитовая серия (мощностью до 1120 м). Мощ-

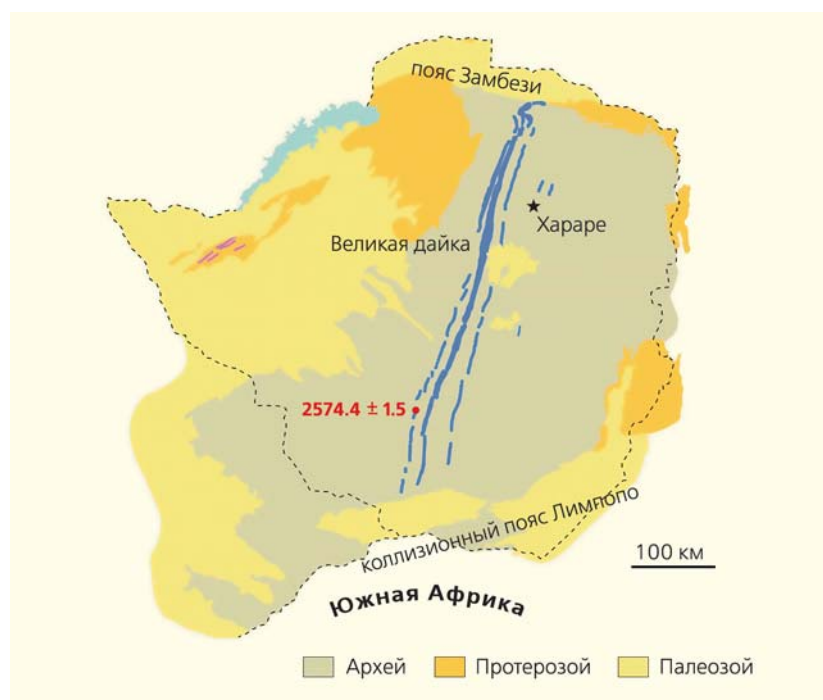


Рис.3. Возраст Великой дайки и окружающих ее пород.



Рис.4. Поздние правые сдвиги, смещающие Великую дайку.

ность обеих серий максимальна в наиболее крупной субкамере Дарвендэл, в поперечном разрезе имеющей форму раструба с погружением слоев по направлению к оси тела (рис.6). Циклическая природа пород обусловлена, скорее всего, периодическими поступлениями в интрузивные камеры свежей магмы одного и того же состава, которая пред-

ставляла собой высокомагнезиальный силикатный расплав, содержащий около 15% MgO. По-видимому, каждая из субкамер имела автономную питающую систему. В начале своего формирования трещина, вмещающая Великую дайку, была прерывистой. Затем, по мере того как происходили новые и новые внедрения магмы, отрезки дайки сбли-

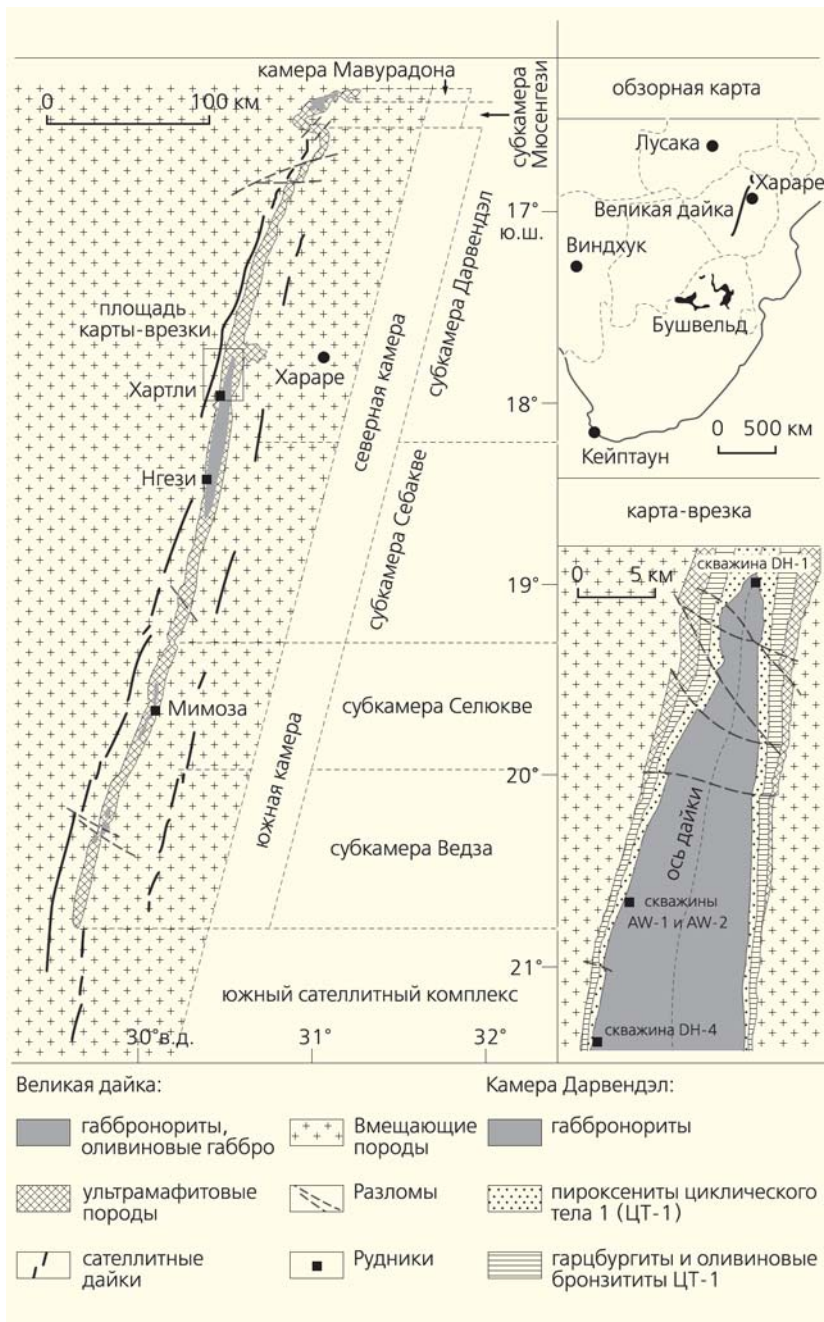


Рис.5. Схема геологического строения Великой дайки Зимбабве. На врезке показано строение южной части субкамеры Дарвендэл (по А.Дж.Налдретту).

жались и, наконец, объединились в единое тело. Параллельно по обе стороны главной трещины, контролирующей Главное тело, развивались трещины-сателлиты, по которым внедрены маломощные дайки сходного возраста и состава (рис.3).

Минеральные богатства Зимбабве

Основное платинометалльное оруденение Великой дайки связано с двумя сульфидными зонами — Главной и Нижней. Они располагаются ниже габбро и оливиновых габбро верхней части внутри ортопироксенита (бронзитита). Мощность последнего варьирует от 1 до 15 м в Главной сульфидной зоне и от 30 до 80 м в Нижней. По данным А.Дж.Налдретта, содержание Ru, Ir, Os, Pd, Rh, Pt и Au увеличивается от краевой части к центральной (табл.). В нижней ультрамафитовой зоне известно 11 рудоносных горизонтов мощностью 16—72 см, расположенных в среднем в 6 м друг над другом с пологим падением к центру структуры. Они прослеживаются на расстоянии в несколько километров. Формирование рудоносных залежей произошло путем гравитационной дифференциации с осаждением хромита. Богатые концентрации платиновых металлов (4.7—6.2 г/т) связаны также с элювиальной россыпью месторождения Ведза, возникшей при разрушении коренного оруденения.

Крупные месторождения хромитов расположены в северной части дайки (район г.Хараре).

Таблица

Содержание платиновых металлов и золота* в Главной сульфидной зоне Великой дайки Зимбабве

Место отбора проб	Содержание, г/т						
	Pt	Pd	Rh	Ru	Ir	Os	Au
Краевая часть (максимум по скважине ОН-4)	94.90	97.60	8.90	6.40	3.36	0.99	14.20
Осевая часть (средняя по скважине БН-1)	194.10	255.50	22.20	21.20	8.80	2.59	15.40

* В пересчете на 100%-й сульфид.

Залежи приурочены к последовательно сменяющим друг друга дунитам, гарцбургитам, пироксенитам. Рудные тела жиллообразной и линзообразной формы располагаются среди серпентинизированных гарцбургитов, тальковых и тальково-карбонатных пород. Рыхлые металлургические и массивные (кусковые) руды содержат от 42 до 50% Cr_2O_3 при отношении Cr к Fe от 2.0 до 4.2. Наиболее высоким качеством отличаются металлургические руды, которые используются для производства ферро- и силикохрома. Они привязаны к самым нижним горизонтальным. Общие запасы руд составляют около 1.0 млрд т. Большинство месторождений разрабатывается подземным способом (20 шахт) с начала XX в. Крупнейшие предприятия — «Шуругви», «Мберенгва», «Машава», «Принс», «Камбрай». Работа на них позволяет местным горнякам содержать свои семьи.

По серпентинитам Великой дайки развиты никеленосные коры выветривания (1–2% Ni). В пироксенитах выявлена никелево-медно-платиновая минерализация с мощностью горизонта до 1 м и содержанием Ni и Cu около 0.25%, Pt и Pd 3–5 г/т. Медно-никелевые месторождения вкрапленного (в серпентинитах) и прожилково-вкрапленного (в амфиболитах и норитах) типа с содержанием никеля от 0.71 до 1.1% известны вблизи городов Биндура и Звишаване. Руды на месторождениях Шангани, Эпок, Троуджи и Мадзи ва разрабатываются открытым и подземным способами. Концентраты перерабатываются в г.Биндура на заводе производственной мощностью 7.5 тыс. т никеля в год.

По мнению экспертов, при полном освоении уникальных месторождений Великой дайки она может давать в год 4.5 т платины, 3.4 т палладия, 0.36 т ро-

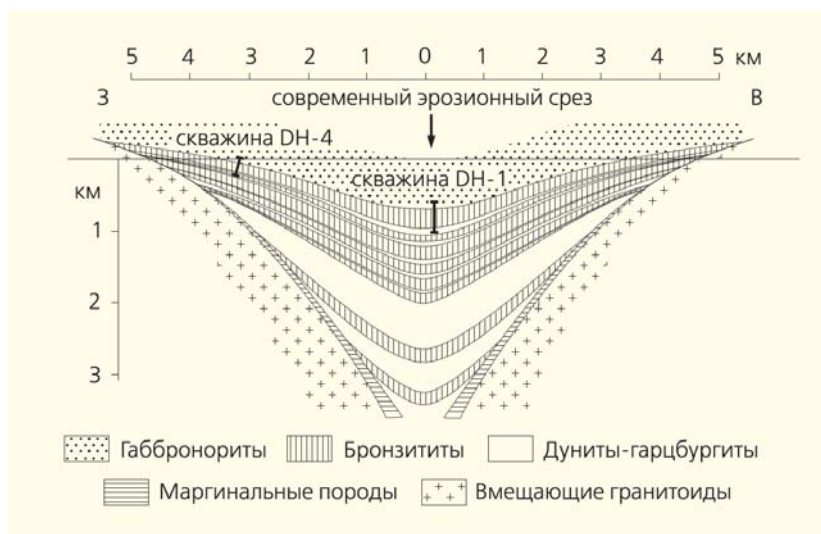


Рис.6. Обобщенный поперечный разрез Великой дайки в южной части субкамеры Дарвендэл. Положение буровых скважин показано на рис.5.



Рис.7. Ночлег в саванне.

дия, 0.7 т золота, а также сопутствующие никель, медь и кобальт.

Ну и в заключение, хочется сказать, что путешествуя по такому далеком от России саваннам и джунглям юга Африки, мы познакомились не только с ми-

неральными богатствами древнейшего континента Земли, но увидели и не менее удивительный его животный мир. Однако было одно небольшое неудобство: спать приходилось на крыше джипа (рис.7). ■

Как живешь, секвойя?

Т.К.Литинская

В 1840-х годах, когда первые жители Америки прибыли в Северную Калифорнию, девственные вечнозеленые леса секвойи (*Sequoia sempervirens**) занимали примерно 2 млн акров (1 акр = 0.4 га). Но пришли лесорубы с топорами и ручными пилами, чтобы строить амбары, конюшни, дома, заборы, заготавливать шпалы для железной дороги. К 1920–1930 гг. с появлением техники цепных пил, гусеничных тракторов, резко ускоривших вырубку вдоль северного берега Калифорнии, старые секвойи стали исчезать. По вине частных лесозаготовительных и обрабатывающих компаний, которые обычно не оставляли ни одного стоящего дерева, было уничтожено около

* Секвойя — род вечнозеленых хвойных деревьев семейства таксодиевых, представленный двумя видами. Первый — *Sequoia sempervirens* — секвойя вечнозеленая, береговой редвуд, живет в Калифорнии вдоль побережья океана. Эти высочайшие (110–120 м и выше) деревья с основанием диаметром до 10 м живут свыше 3 тыс. лет. Образуют порослевые леса, но могут размножаться и семенами. Второй вид, *Sequoiadendron giganteum*, секвойядендрон гигантский, или веллингтония, или вашингтония, или мамонтово дерево, обитает на высоте 500–1500 м. Ствол прямой, высотой более 100 м, с основанием диаметром до 11 м; его нижняя часть часто до середины свободна от ветвей. Не дает поросли, размножается семенами. Растет медленнее редвуда. Ареал обоих видов заповеден. Каждое старое дерево носит свое имя. В Европе и Азии найдены остатки секвойи в юрских и нижнемеловых отложениях. Древесина ценная — не гниет под водой. Введены в культуру на всех континентах в подходящем им климате.

© Литинская Т.К., 2011



Татьяна Константиновна Литинская, кандидат биологических наук, физиолог растений. Область интересов — организация и регуляция роста органов растений. С 1962 по 2003 г. работала с физиологом корней В.Б.Ивановым в оптической лаборатории И.В.Обреимова в Институте общей и неорганической химии, а позднее — в Институте физиологии растений РАН. Последние годы живет в Калифорнии, где проводит полевые экскурсии в ботанических садах и парках.

96% девственных лесов старых секвой. Сегодня леса Калифорнии исчезают — их вырубают, выжигают, оставляя части, малые ареалы, пятнами, и они меняются — и по своим внутренним законам, и вследствие изменения климата и активности человека [1].

Ботаники считают, что под вырубку попало тогда большинство старых деревьев-титанов. До массового уничтожения эти секвойи были не только самыми крупными, но и самыми высокими деревьями планеты. Осталось нетронутым около 90 тыс. акров старого редвуда в виде клочков защищаемой земли. По словам профессора ботаники Юджин-университета Северной Калифорнии Стивена Силлета, «оставшиеся клочки первозданного леса секвой — это как три-четыре фрагмента витража розы в разбитом вдребезги большом окне собора. Это были самые прекрасные леса планеты, и они почти полностью уничтожены».

Победа консерваторов в 1999 г. принесла пользу лесам благодаря соглашению об охране водных ресурсов между федеральным правительством и одной из крупнейших лесозаготовительных компаний — Pacific Lumber, за которой осталось право на 7500 акров старого леса секвой Headwaters Forest и половину девственного леса в горах юго-восточнее Юрека. Правительство выплатило фирме 380 млн долл. Однако угроза для секвой осталась. Продолжается поставка продукции из молодых деревьев (их вырубали через 50 лет роста после посадки), поэтому найти в зоне вырубки секвойи старше 80 лет очень трудно.

Под пологом редвуда

Сегодня около 80% деревьев высотой более 120 м (всего их 120) и возрастом 2–3 тыс. лет живут в парке «Гумбольдт», на ре-

ке Ил в северной Калифорнии. Здесь Силлет начал изучать старые растущие деревья, чего до него никто не делал. Помогает ему группа студентов, которых он тренирует в технике лазанья. «Мы пытаемся понять биологическую основу полога редвудов, это даст нам возможность планировать работу со старыми лесами секвой. Редвуды способны обновлять локальный климат и свою среду обитания. Они меняют состав почвы и принимают на себя контроль за главными источниками жизни — за светом и водой. Мы пытаемся оценить, сколько воды сохраняется в пологе леса: в дереве, в его листве и почве, а также в растениях, живущих под ним».

Самые высокие редвуды выглядели башнями, окутанными листвой и почти неприступными для восхождения, так как ближайшие к земле ветвления начинались примерно с 25-го яруса (единицы ветвления главного ствола дерева). Полог старых редвудов оказался полон эпифитов — растений, живущих на других растениях. Они хорошо известны по дождевым тропическим лесам, но никто не ожидал найти их в северной Калифорнии. Висячие сады папоротников (папоротниковые маты) — подстилки, насыщенные осадками, могут весить тонны. Это самые тяжелые на Земле массы эпифитов, когда-либо найденные в лесах.

В почве полога накапливаются сотни ветвистых сучков, и в развилках дерева поддерживается разнообразная животная и растительная жизнь. В развилке кроны гиганта по имени Фангорн оказался слой папоротникового мата метровой глубины. Недалеко от вершины другого великана — Лорелин (123 м) — Силлет обнаружил в огромном обрубок ствола с прогнившей сердцевинной кусты, проросшие корнями через влажную гниль в тело секвойи. В почве матов студенты нашли мелких розовых рачков. Зоологи называют

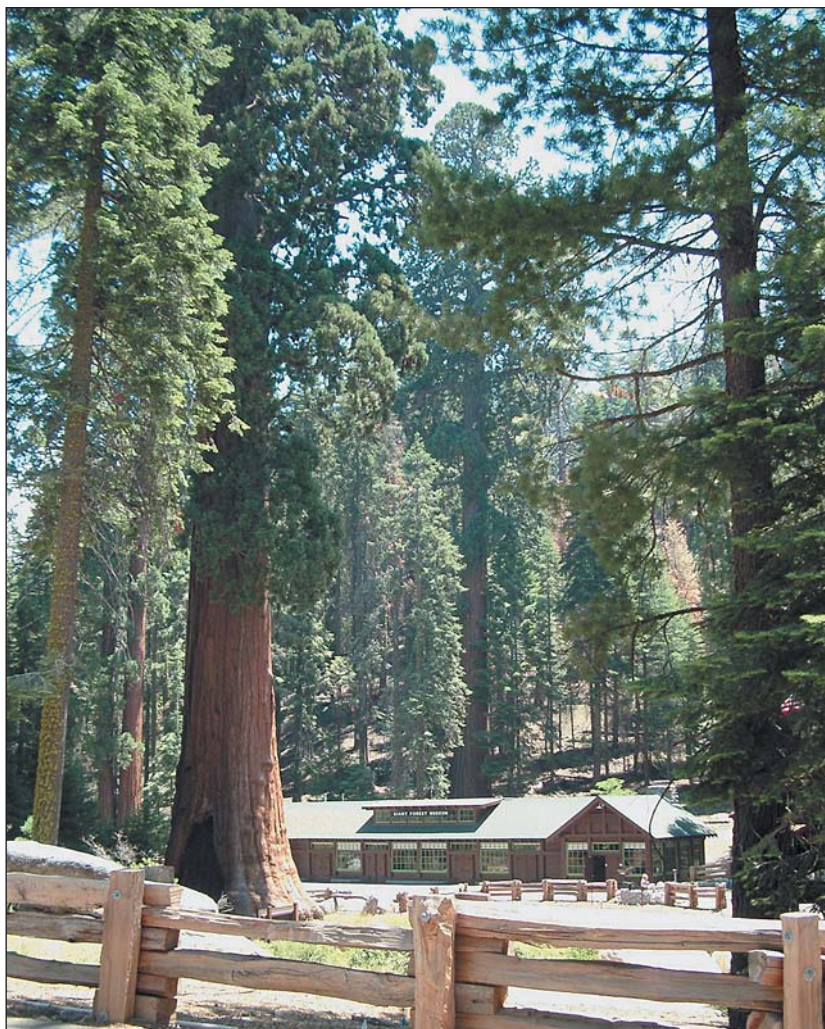


Молодая поросль секвой вокруг старого дерева: молодое дерево ветвится по всей длине ствола, а с возрастом нижние ветви отпадают, и формируется полог. Здесь и далее фото А.Ю.Белякова

их веслоногими, но до сих пор не могут определить их с точностью до вида. Силлет считает, что рачки обычно живут в песке на дне ручьев, но как они попали наверх, непонятно. Один из студентов изучает удивительных коричнево-золотых саламандр папоротникового мата. Они питаются ночью насекомыми, размножаются, не покидая мата, и не спускаются на грунт. Весь жизненный цикл саламандры связан с почвой полога.

Старые редвуды живут среди зарослей грунтовой черники.

Спускаясь сверху, Стив и его коллеги останавливаются в черничниках, висящих над грунтом на десятки метров, отдохнуть и поесть ягод. Исследователи описали видовой состав и других кустарников, растущих в почве полога: смородины, бузины, шиповника, рябины, морошки, они также обнаружили маленькие деревца (бонсаи) берегового лавра, западной тсуги, ели Дугласа и красно-коричневых дубов, а еще ель Ситки — восьмифутовое деревце, росшее в одной из развилок.



В национальном парке «Секвойя» (учрежден в 1890 г.) растут секвойи двух видов. Но известен он как основное хранилище гигантской секвойи.

Крона старых секвойи оцетиливается множеством гниющих или уже сгнивших мертвых сучков, торчащих вкривь и вкось и достигающих порой нескольких футов в диаметре. Здесь есть застрявшие куски мертвых сучков, висящих на живых облиственных ветках. Дергающие движения стропы могут вызвать и обрушения. Упавшие сучья врезаются в грунт на глубину до 1.5 м. Силлет называет этот процесс освобождением дерева от тяжести. Такое обрушение, сопровождаемое грохотом, сравнимым с обстрелом танковой батареей, уничтожит любого, кто оказался в кроне или рядом с деревом.

Древолазание и заказники

С годами изучение почвы полага привело к разработке ряда техник древолазания. Это и наблюдение с привязанных аэростатов с помощью высокократных биноклей, а также использование башен специально сконструированных кранов. Кран с гондолой на конце длинного рычага, применяемый речниками, позволяет доставить исследователя на нужный уровень кроны и проникнуть примерно в 1.5 млн м³ пространства дерева. Но гондола поднимается лишь до 60–70 м над грунтом, поэтому кроны самых высоких деревьев недоступны наблюдению.

Стив с коллегами смогли обследовать с помощью крана 20 млрд м³ старых редвудов, которые не выше 75 м. Неудобство крана заключается также и в дороговизне манипуляций, и в его малой мобильности. Поэтому пришлось найти свое решение для подъема в крону.

Древолазы передвигаются в упряжке с помощью трех канатов для лазанья и ремня безопасности, так называемого трехканатного седла. Закрепленное стальными карабинами, оно позволяет легко перемещаться горизонтально или диагонально над ветвями и через крону в пределах заякоренного ремня. Древолазы носят шлемы и ботсы с мягкой подошвой, чтобы не поранить дерево. Их снаряжение не такое, как у скалолазов и электриков. Скалолазы передвигаются вертикально по камню, пользуясь руками и стопами ног, а для древолаза главное — уметь перемещаться вокруг ствола. Кора редвуда рыхлая, мягкая и легко крошится, поэтому нет возможности опираться на стопы и руки.

Метод, предложенный Силлетом, отличается от общепринятой техники тем, что исследователь поднимается в крону вдоль ствола по единственной главной стропе. Там он отцепляется от главной веревки и двигается вокруг ствола с помощью более короткой веревки. Чтобы попасть в крону, нужно связать рыбацкую снасть со стрелой, пропустить стрелу над веткой, а затем закрепить нейлоновым кордом концы снасти под веткой. Теперь главная веревка подвешена на уровне входа в крону. Все снаряжение — 20 метров строп и карабинов. Лазящий может достигнуть любого конца якорной точки и передвигаться вокруг дерева, насколько хватает троса.

Результат работы команды древолазов Силлета — компьютерная картина рощи редвудов Атлас, расположенной вдоль Степного ручья. Это небольшая расщелина, защищенная старым лесом секвой, который прижат

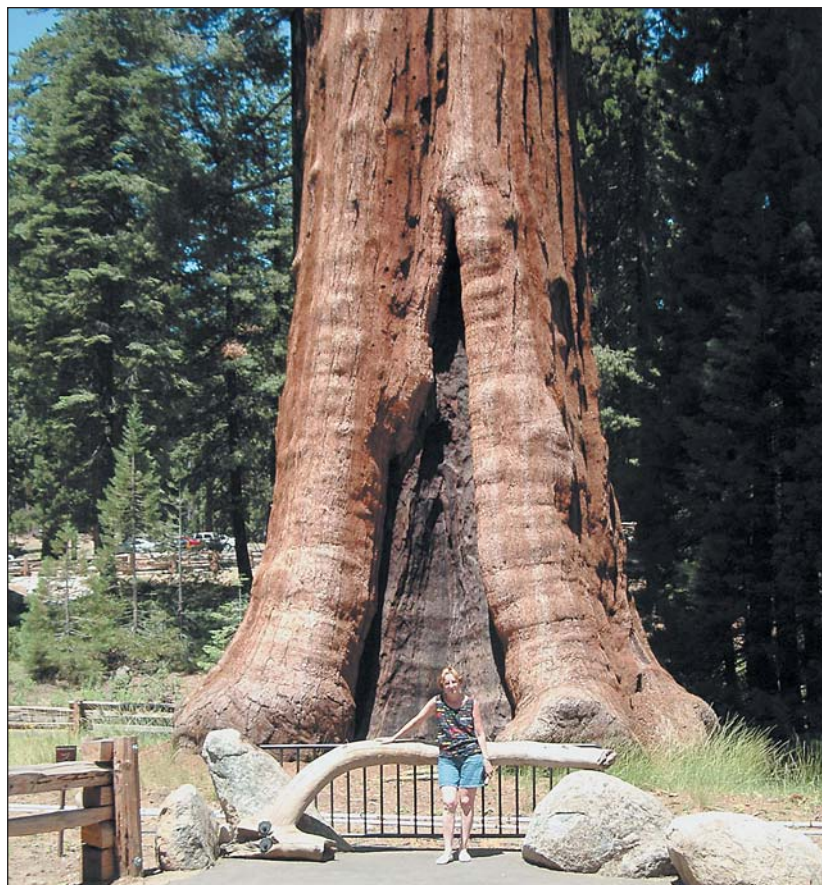
морем вдоль северной части парка. Компьютер показывает трехмерную карту их крон. Возможно, это старейшая роща живых редвудов: по высоте, трухе мертвых частей деревьев, по типам и богатству эпифитов ее можно отнести ко времени Юлия Цезаря.

Расположение рощи ботаники скрывают, чтобы ограничить контакт людей с редкими растениями. Сегодня в США стало популярным рекреационное древолазание. Приверженцев этого спорта, зародившегося в Атланта в 1983 г., с каждым годом становится все больше. Но любое восхождение невозможно без повреждения дерева и его среды, даже если оно основано на рекреационной мотивации. Служба национального парка получает доход от выдачи разрешений на восхождения для поддержки исследований одиночных оставшихся гигантов. Силлет и его коллеги лесники разрешают подъем на них только с середины сентября по конец января. В остальную часть года восхождения запрещены, чтобы охранять живущих в кронах птиц, особенно пятнистую сову и ее гнездования.

После подъема и осмотра Силлет дает деревьям имена: самому большому — Илюватар. Высветив его, Стив начинает вращать дерево на экране компьютера. Создается ощущение полета вокруг редвуда на вертолете. В кроне Илюватара 210 крупных ветвей, занимающих 32 тыс. м³ пространства: чтобы составить трехмерную карту кроны, дерево обследовали 10 дней до самого верха. Илюватар — одно из крупнейших деревьев планеты, в нем 12,5 тыс. м³ одной только древесины.

Вот как описал журналист Р.Престон одно из своих восхождений вместе с Силлетом:

«...Ноябрьское утро. Подъем на редвуд по имени Авантюрист, растущий в нескольких милях от рощи Атлас. Годовые осадки здесь, в умеренном дождевом лесу, 80 дюймов. Леса чередуют-



Гигантский ствол старой секвойи по имени Синтинелла с огромной расщелиной и широко раскинутыми боковыми корнями.

ся со степными участками, где пасутся стада лосей. Редвуды вдоль степного хребта выглядят как руины дорических колонн. Дорога меж ними, под кронами, темная, спокойная и тихая.

Авантюрист растет на дне маленького ущелья. Путь к нему идет через чащу мокрых папоротников. Лесная подстилка — мягкая от слоя гниющей листвы редвуда, вперемежку с многочисленной кислицей. Высота дерева 113 м. Диаметр главного ствола на уровне земли почти 5 м. Имеет 40 крупных ветвей. В кроне четыре выжженных дупла, два из них могут спрятать человека. Сердцевина прогнила.

Веревка ~18 м, черная, 10 мм толщиной, рассчитана на 3 т (удержит автомобиль). Черная — для ночной тактики с вертикальными операциями (например, для наблюдения птиц).

Один конец ее привязан к небольшому дереву, другой служит якорем в кроне. Высота до входа в крону со стороны ручья — больше 20 ярусов.

Кривизна ствола Авантюриста образует горизонт, похожий на мир «Маленького принца». Кора покрыта комковатыми бугристыми лишайниками: здесь лецидия бородавчатая, смешанная с серо-зеленой лепрарией; бледно-зеленые языки пламени кладонии и комья оранжевых дисков охролехии, похожих на тыквенный пирог. Под пологом кроны кусты черники и папоротники с кожистыми листьями и миниатюрные японские садки (20 см в поперечнике): лепидозия — печеночник, его малая форма — скапания, которая растет пучками среди мерцающего ярко-зеленого мха. Этому садки-ку несколько сот лет.

На высоте 60 м — выжженное дупло, называемое Верхним. Его вход забит почвенной трухой и заштукатурен грязной почвой. Внутри под обожженным потолком дупла и вдоль стенок — компьютерный кабель: с его помощью измеряет проток воды через ствол.

На 82 м — лавина буйно растущей кроны. Земля скрыта под нижними ярусами ветвей. Неба тоже не видно — оно за листвой над головой. Это выше средней кроны тропического дождевого леса. Здесь диаметр главного ствола 2 м. Черничники и голубичники еще крупнее и богаче.

На 100 м — черничник среди кроны; ближайший ствол — мертвый и гнилой. Коричневый мох ортодонтиум — очень редкий, любит смолу. Еще 11 м вверх. Светлеет. Крона редее, и открывается вид на долину. До верхушки еще 17 м. В кроне солнечно, внизу темно.

Стив пытается зафиксировать данные компьютера, установленного на дереве. Возит с лэптопом и выглядит сердитым, подвешивая регистрирующее оптоволоконно в коробке с компьютером на ветку. Экран раскрыт» [2].

Система мониторинга

С.Силлет, Дж.Коч, дендрофизиолог из Университета Аризоны, и студент Э.Эмбрози проверили семь самых крупных и высоких редвудов с помощью электронного мониторинга. Созданная ими система регистрирует погодные показатели и берет пробы на разных уровнях деревьев, связанных общим кабелем. Задача мониторинга — понять, как передвигается вода по стволам и ветвям секвойи. Из корней через микроскопические трубочки ксилемы вода доставляется наверх при очень высоком отрицательном давлении. Исследователи ищут техническую экспериментальную модель, работающую при таких условиях, но не могут ее найти. Редвуды

превосходят все человеческие технологии. Крона секвойи и сама умеет, помимо ксилемного потока, получать воду из осадков (включая туман). Но старая модель — физика капиллярных потоков между испаряющей воду хвоей и сосущими воду корнями — не работает при такой высоте дерева.

В любой экосистеме секвойи стремятся доминировать. Они растут быстрее других видов деревьев, затеняя их, убивая, создавая условия, невозможные для их роста. Падение больших сучьев мертвой секвойи на меньших соседей превращает их в обломки. Так гигант редвуд подавляет и убивает деревья под ним, включая тсугу, ель, пихту Дугласа и широколиственные клены.

Редвуд — однодомное растение: на нем есть мужские и женские шишки. Мужские шишки с пыльниками — мелкие и круглые на концах ветвей. После опыления яйцеклеток женских шишек семена разлетаются миллионами, но прорастают и дают взрослое дерево лишь единицы из них. Редвуд, спеленный до основания или выжженный до золы, может дать из корней множество побегов, которые образуют кольцевую структуру — так называемый сборный круг.

Свет редвуды используют очень эффективно: молодые деревья вырастают в тени старых, где почти не могут выжить другие виды. Когда старое дерево умирает и падает, молодые быстро занимают кронами свободное пространство под солнцем, направляя туда свои стволы.

Под землей семья редвудов имеет общую сеть корневой системы. И это интереснейшее явление до сих пор не понято: как растущие корни узнают «своих», оптимизируют распределение механических нагрузок, срстаются балками анастомозов, обеспечивая при этом необходимый обмен и синтез, а главное — подачу нужного количества воды?

Почему и как вообще оси дерева отсыхают? Тело гиганта, как и любого растения, состоит из клеточных линий, связанных микротяжами цитоплазмы. Трубка внутри тяжа способна менять просвет вплоть до полного сжатия, образуя непроходимый стержень. При неблагоприятной для дерева ситуации отток продуктов синтеза из оси меньше притока к ней. Растение перенаправляет потоки в другие оси: туда, где много делящихся клеток, выше скорость роста и где образуются новые органы. Напоследок из отторгнутой оси растворимые продукты оттекают в растущие оси, а далее все трубки сжимаются до стержня, ось пересыхает и дерево освобождается от нее с помощью отделительного слоя клеток в основании органа, как это делают листья, и далее механически.

Умозрительная прогулка вокруг редвуда

В биологической среде уже давно популярен афоризм: «Растение отличается от животного меньше, чем зоолог от ботаника». К такому выводу приходят многие ботаники, в их числе и Стив Силлетт.

Все многоклеточные организмы имеют клетки, которые делятся часто, и малую долю клеток, которые делятся во много раз реже, — ствольные. Это придает системе большую устойчивость к внешним и внутренним повреждениям. Чем реже клетка делится, тем медленнее в ней обмен веществ и тем она устойчивее. И такая система всегда готова ответить на внешний стимул, а затем и на внутренний гормональный сигнал изменением своей специализации. Именно так происходит при переходе от вегетации к цветению у растений, при метаморфозах — у насекомых и амфибий, при половом созревании — у животных.

Растение растет быстрее нас и может достигать гораздо более

крупных размеров — потому что, когда клетка перестает делиться, она резко перестраивается: мелкие пузырьки с низкомолекулярным содержимым объединяются в общую растущую вакуоль с натянутым на нее тонким слоем цитоплазмы. Результат — выигрыш в удельной поверхности: на единицу поверхности теперь приходится вполне управляемый объем структур цитоплазмы, натянутой на вакуоль. В каждом органе эта стадия растяжения идет по-своему: в тычинках, стебле или корне клетки — в длину, а в листе, венчике, растущем плоде — в любую нужную сторону. А клетки животных так и остаются мелкими (без таких вакуолей), сохраняя постоянную удельную поверхность и скорость обмена веществ со средой. Морфология животной клетки с возрастом меняется незначительно.

Уже почти 50 лет, как ботанический термин «ствол» расширился до понятия «стволовая клетка». Это клетка с широкими потенциальными развития: она, подобно яйцеклетке, может дать новый многоклеточный организм либо регенерировать орган или ткань. В растениях такие клетки на концах осей сперва называли «покоящимися», теперь же о них говорят как о «стволовых» и тем уравнивают клеточную организацию растений и животных. Это не совсем точно: стволовая клетка растения имеет более широкие потенции, чем тканевая стволовая клетка животного. Ведь геном растения организован иначе, чем геном животного. Он обеспечивает число тканей высшего растения (около 30), а это в 5–7 раз меньше числа тканей высшего животного (150–200). Отсюда более глубокая, необратимая, специализация клеток животно-



Стивен Силлет обследует старое дерево с помощью созданного им снаряжения для древолазания.

го по сравнению с растением. Мы слишком специализированы, чтобы эволюционная адаптация позволила нам жить долго. А растение может менять направления своей специализации по обстоятельствам. Одна ось погибла, значит, надо сделать другую и в другом месте — такую, которая при закладке получила новые сигналы. Стволовая клетка узнает о будущей судьбе после такого сигнала.

Секвойи отличаются своим камбием — тканью из стволовых клеток под корой, опоясывающей материнскую ось дерева. Эта ткань обеспечивает и мощный рост ствола, и механику распределения веса. В сухие годы, когда пузырьки воздуха останавливают ток воды в подающем сосуде и верхушка умирает и опадает, именно камбий дает новые точки роста, боковой побег, который на сотни лет станет новой верхушкой дерева. И спящие почки в основании ствола после смертельной угро-

зы образуют круговую поросль новых осей вокруг материнского дерева — будущую семью, сборный круг. Это особенность исключительно берегового редвуда. Его стволовые клетки умеют сбрасывать счет времени жизни прошлой материнской оси и начинать жизнь сначала в виде новой оси. Биологи сейчас ищут секрет, как это делают растения, и что-то уже начинают понимать — благодаря «заговорившим» деревьям-долгожителям... Силлет так и говорит: «Я здесь для того, чтобы эти старые редвуды заговорили моим голосом».

Кроме берегового редвуда и мамонтова дерева есть и другие растения-гиганты. Таковы старые эвкалипты в Австралии высотой более 100 м, таковы лианы влажного тропического леса, длина которых может составлять 200 м и более. У каждого из этих видов растений своя стратегия выживания, но это уже другая история. ■

Литература

1. Лутинская Т. Секвойя — чудо американских лесов // TerraNova. 2008. №32. С.68–75.
2. Preston R. Climbing the redwoods // The New Yorker. 2005. №2. P.14–21.

И снова о шаровой молнии

Шаровая молния — гораздо более редкое явление, чем обычный линейный грозовой разряд, но вызывает к себе гораздо больший интерес. И неудивительно — ведь это, видимо, единственный макроскопический феномен на Земле, который пока не получил общепринятого, «канонического» объяснения, вошедшего в учебники. Об одной из оригинальных версий упоминалось в статье наших авторов 10 лет назад*. На тех, кому довелось лично наблюдать этот загадочный объект, он по-прежнему производит яркое впечатление. О своей прошлогодней встрече с шаровой молнией рассказывает наш постоянный автор.

Моя встреча с шаровой молнией произошла 31 июля 2010 г. в 23.30 в подмосковном садоводческом товариществе «Кулон» (станция Сушкинская, 52-й километр Белорусской железной дороги). В этот день там в условиях чрезвычайно засушливой погоды несколько раз гремели так называемые «сухие» грозы. Шаровую молнию я заметил случайно. Она плавно и в то же время достаточно быстро двигалась с севера на юг над домами. Несмотря на хорошую видимость, размер объекта оценить было трудно. Нелегко было определить и высоту его полета, которая, скорее всего, составляла несколько десятков метров. Вскоре объект, не меняя скорости, повернул на восток. Преодолев, по моим подсчетам, не менее сотни метров, он скрылся в лесу, пролетев на какой-то высоте над вершинами деревьев.

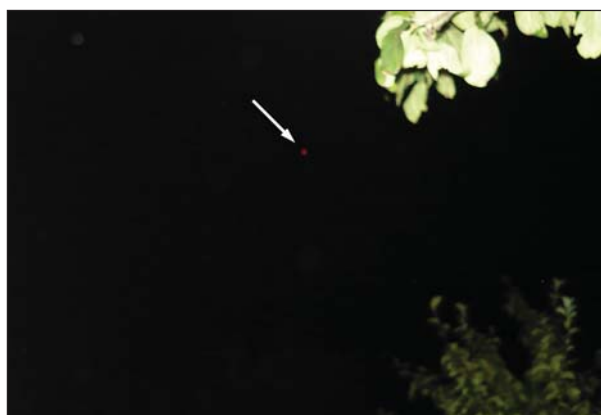
За все время наблюдения скорость перемещения объекта не менялась. Не изменилась и форма объекта — она оставалась шарообразной. Вначале шар был красного цвета; на нем, как на Солнце,

непрерывно образовывались своеобразные, иногда довольно крупные, протуберанцы. Казалось, что объект горит и с него в разные стороны срываются языки более светлого пламени. Вместе со мной свидетелями данного явления стали мои племянник и сестра, которая и успела сделать два снимка объекта на фотоаппарат «Lumix» модели DMC-LS80. На увеличенном изображении видно, что объект «плотный», не показывающий внутреннего зонального строения. В конце наблюдения объект стал более светлым и приобрел вокруг себя красный ореол. Светлые «языки пламени» продолжали быть отчетливыми. На увеличенной фотографии видно, что шар приобрел выраженное зональное строение.

© В.Н.Комаров,

кандидат геолого-минералогических наук
Российский государственный
геологоразведочный университет
им.С.Орджоникидзе
Москва

К сожалению, качество присланных очевидцем фотографий не дает возможности разглядеть на журнальной странице описываемых деталей — как видите, типографская печать показывает лишь яркую точку на темном фоне. Но мы можем предложить читателю еще один не менее любопытный снимок — искусственную шаровую молнию (с.60). Долгое время исследованию этих объектов мешало то, что разряд шарового типа не удавалось получить в лаборатории. Из следующей статьи ясно, что теперь это препятствие преодолено. Вот только действительно ли получаемые в лаборатории плазмойды эквивалентны природной молнии? Пока взгляды научного сообщества на существо процесса никак не придут к единому знаменателю.



Шаровая молния в Подмосковье (показана стрелкой).

* Манькин ЭА, Ожован МИ, Полуэктов ПП. Конденсированное ридберговское вещество // Природа. 2001. №1. С.22—30.

Шаровая молния в лаборатории

А.И.Егоров, С.И.Степанов

Среди таинственных явлений природы, «недоступных» академической науке, шаровая молния занимает почетное место. Были придуманы десятки гипотез о ее физической сущности. Даже сейчас, когда аналоги шаровых молний получают тысячами и исследуют во многих лабораториях мира (рис.1), мифы о ней продолжают обсуждаться в СМИ. Мы убеждены, что шаровая молния представляет собой редкое проявление особого состояния вещества — гидратированной (кластерной) плазмы, совершенно непохожей на обычную плазму.

Свидетельство ученого

В 1975 г. в журнале «Наука и жизнь» была опубликована статья И.П.Стаханова и С.Л.Лопатникова «Шаровая молния: загадки остаются», авторы которой призвали очевидцев феномена писать о своих впечатлениях. В редакцию стали приходить сообщения о встречах с необычными светящимися объектами. Писем были тысячи, и чего только в них не было: специалист мог узнать в описаниях лидеры токовых струй и линейных молний, кистевые и сидящие разряды, огни святого Эльма, струйки горящих газов, даже падение метеоритов. После повторного анкетирования Стаханов отобрал 126 случаев наблю-



Антон Ильич Егоров, ведущий научный сотрудник Петербургского института ядерной физики им.Б.П.Константинова. Область научных интересов — физика и химия изотопов и методы их разделения.



Сергей Иванович Степанов, научный сотрудник того же института. Занимается созданием приборов для научных исследований.

дения автономных светящихся объектов, имевших форму шара. Один случай заслуживал особого внимания — наблюдателем шаровой молнии оказался ученый, знакомый со свойствами плазмы.

Встреча М.Т.Дмитриева с долгоживущей шаровой молнией произошла в августе 1965 г. на р.Онеге, в Архангельской обл., о чем он подробно рассказал в журнале «Природа» [1]. На реке плавал бон — вереница деревянных плотов, связанных между собой. Первый плот бона лежал на берегу и был прочно закреп-

лен, последний плавал на середине реки. В целом бон имел форму дуги длиной 120 м и представлял собой хороший проводник, так как бревна в плотках и плоты между собой скреплялись железными тросами.

К вечеру 23 августа небо затянули тучи; стали слышны отдельные раскаты грома, пошел мелкий дождик. Дмитриев забрался в палатку, которая была разбита на первом плоту, и включил транзисторный приемник. В 19.55 сверкнула молния и тотчас раздался удар грома. Некоторое время было тихо, по-

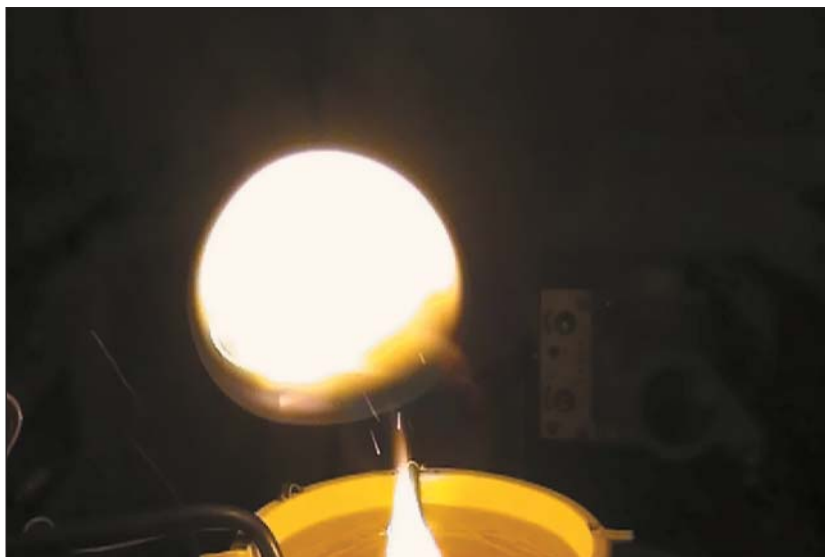


Рис.1. Шаровая молния в лаборатории. Фото любезно предоставлено С.Е.Емилиным.

том из приемника слышался шорох, переходящий в сплошной гул. Приемник пришлось выключить, ученый выглянул из палатки и увидел на середине бона, на высоте 1–1.5 м шаровую молнию. Она двигалась к берегу, не отклоняясь от бона, хотя ветер дул вдоль реки. Молния постепенно всплывала в воздухе; когда она проплывала над палаткой, наблюдатель успел взять пробы воздуха в откачанные ампулы. На берегу характер движения молнии изменился: несколько секунд она стояла неподвижно над кочкой, потом переместилась в лес, где стала беспорядочно двигаться среди деревьев, выбрасывая искры, внезапно покраснела и исчезла.

Для Дмитриева, который имел опыт работы с воздушной плазмой, шаровая молния не показалась необычной. КERN молнии представлял собой шар диаметром 6–8 см. Эта часть была наиболее яркой и по своему виду напоминала электроразрядный факел в воздухе. Центральную часть молнии окружала оболочка толщиной 1–2 см с густым фиолетовым свечением, похожая на свечение воздуха, бомбардируемого электронами. Следующая, наружная, бледно-белая оболочка чуть го-

лубоватого оттенка толщиной около 2 см, напоминала по цвету тихий электрический разряд при атмосферном давлении (тихий разряд возникает в атмосфере вокруг предметов, находящихся под большим потенциалом, пример — огни святого Эльма). В отобранных пробах был обычный «грозовой» воздух с повышенным содержанием озона и окислов азота.

Новая идея

Проанализировав показания очевидцев, Стаханов убедился: они согласуются с утверждением, что появление шаровых молний связано с электрической активностью атмосферы. Это светящиеся автономные объекты, которые способны перемещаться в воздухе. Размер их в большинстве случаев 10–25 см. Шаровая молния имеет определенную границу, которая отделяет ее от окружающего воздуха. Плотность самого вещества молнии почти равна плотности воздуха. Светится она за счет аккумулярованной энергии. Время существования — от секунды до сотни секунд [2]. Автономность шаровой молнии отличает ее от другого электрического яв-

ления — токовой струи. Пробой влажного воздуха линейной молнией создает проводящий канал, по которому может стечь новый электрический разряд. Обогащенная электронами округлая головка токовой струи напоминает шаровую молнию. Струя может проникнуть в дом через окно, дымоход, электропроводку или телефонный кабель и убить человека или животное. Ее можно получить искусственно, если запустить в грозовое облако ракету с хвостом из медной проволоки. Токовая струя подпитывается энергией извне, а не содержит ее в аккумулярованной форме.

Стаханов предположил, что KERN шаровой молнии содержит вещество в особом состоянии — в виде гидратированной (кластерной) плазмы, которая отличается от обычной плазмы наличием молекул воды. Компьютерное моделирование процесса взаимодействия молекул H_2O с положительными и отрицательными ионами в KERN молнии провел С.В.Шевкунов [3]. Заряженные частицы притягивают к себе диполи H_2O — у ионов образуются гидратные «шубы». При сближении гидратированных ионов разного знака между ними выстраиваются дополнительные молекулы воды, и в результате возникают нейтральные кластеры с большим дипольным моментом. Молекулы воды препятствуют быстрой рекомбинации ионов. Время рекомбинации возрастает до десятков секунд, т.е. становится на 10 порядков больше, чем у «сухой» плазмы. В шаровой молнии кластеры образуют длинные цепочки и фрактальные структуры. Клуб теплого, влажного воздуха может аккумулировать значительную энергию, до 0.5 кДж/л, если получит нужное количество разноименных ионов от внешнего источника, например от дугового разряда.

После безвременной кончины Стаханова в 1987 г. к сотрудникам Петербургского института ядерной физики обратилась

вдова ученого Инесса Георгиевна с просьбой о продолжении его работы. Начались эксперименты с шаровой молнией в лаборатории А.И.Егорова. Была поставлена задача воспроизвести в миниатюре редкий случай рождения шаровой молнии на глазах наблюдателя. Очевидец находился в грозу возле геодезической вышки. Простейший громоотвод из железного троса опускался вниз, он был небрежно прикопан — конец троса торчал из влажной земли. Когда в громоотвод ударила молния, из конца троса вылетела яркая шаровая молния.

Успех!

В лаборатории этот естественный процесс был воспроизведен в уменьшенном масштабе (рис.2). Роль грозового облака играла конденсаторная батарея емкостью 600 мкФ. Ее можно было заряжать до 5000 В. Положительный полюс батареи был заземлен, а отрицательный соединен с разрядником на длинной эбонитовой ручке. Роль влажной земли играла поверхность воды в полиэтиленовой чашке диаметром 20 см. Вода должна быть проводящей (обычно используется жесткая водопроводная вода, содержащая 5–7 ммоль/л бикарбонатов кальция и магния). На дне чашки лежал кольцевой медный электрод, соединенный изолированной медной шиной с землей. Громоотводом служил медный стержень, от которого изолированная медная шина шла к центральному электроду. Это был цилиндр из угля, железа, меди или алюминия, который окружала трубка из кварца диаметром 6 мм. Она возвышалась над поверхностью на 2–3 мм. Сам электрод был опущен на 3–4 мм вниз, так что образовывалась цилиндрическая ямка, куда можно было внести каплю воды, раствор солей или органических веществ, суспензию угля, почвы и т.п. В большинстве случаев центральный электрод был

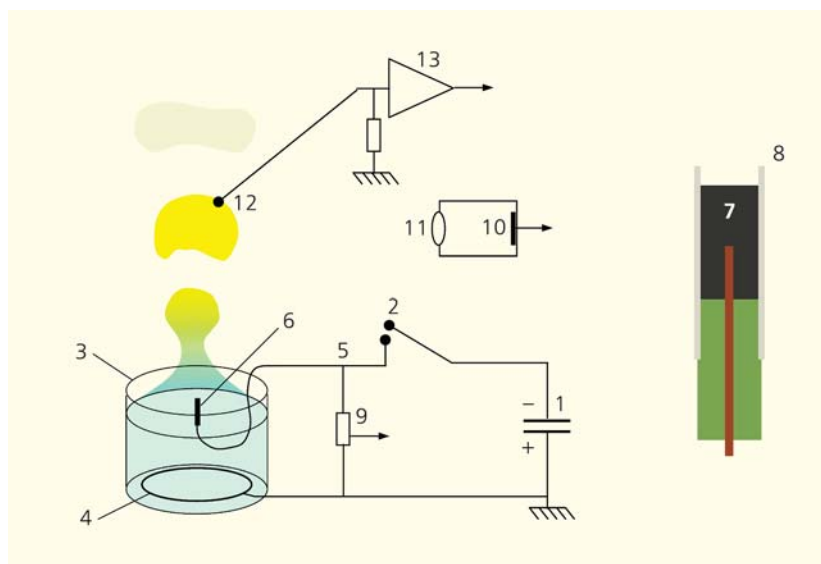


Рис.2. Установка для получения плазмоида. Справа показано устройство центрального электрода. 1 — конденсаторная батарея, 2 — разрядник, 3 — полиэтиленовая чаша с водой, 4 — кольцевой медный электрод, 5 — изолированная медная шина, 6 — центральный электрод, 7 — цилиндр из угля или металла (собственно электрод), 8 — кварцевая трубка, 9 — высокоомное сопротивление для измерения напряжения, 10 — фотодатчик для измерения светимости, 11 — линза, 12 — электрический зонд, 13 — усилитель сигнала зонда.

изготовлен из пористого угля, как обычно делается для дугового спектрального анализа.

Если смочить центральный электрод каплей воды, зарядить конденсаторную батарею и коснуться разрядником стержня (ввода), то из электрода вылетит плазменная струя, от которой отделится и поплывет в воздухе светящийся шаровой плазмоид. Первую короткоживущую шаровую молнию А.И.Егоров и Г.Д.Шабанов получили в сентябре 2001 г. За 10 лет шаровые молнии научились делать во многих лабораториях мира.

При изучении физических свойств шаровых плазмоидов между центральным электродом и заземлением включалось высокоомное сопротивление, с части которого напряжение подавалось для измерения на компьютер. Одновременно на компьютер приходил сигнал с фотодатчика, регистрирующего светимость плазмоида. Оба графика показаны на рис.3. Вылетающая из центрального электрода плазменная струя существ-

вует всего 0.1 с — только в это время между электродом и поверхностью воды протекает большой ток, затем разряд прекращается, и напряжение на сопротивлении падает до нуля. Отделившийся плазмоид начинает автономный полет и светится только за счет запасенной энергии. Шаровая молния не получает энергию извне — в этом ее кардинальное отличие от других проявлений атмосферного электричества.

Исследования электрических свойств были стимулированы работой [4]. Для измерения электрического заряда плазмоид ловили сетчатым цилиндром Фарадея. Сначала на цилиндр приходила наводка от разряда, затем электрический сигнал отсутствовал — в это время плазмоид всплывал к цилиндру, потом являлся ток, вызванный перетеканием заряда с плазмоида на цилиндр. Интегрируя этот ток, можно определить величину некомпенсированного заряда. Он оказался отрицательным, величина его находилась в пределах

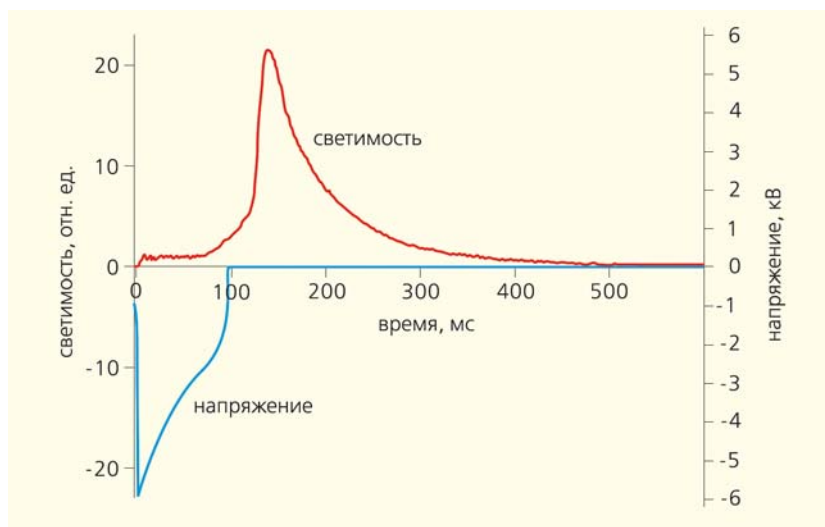


Рис.3. Зависимости светимости плазмоида и напряжения между электродами от времени.

десятков нанокulon. У природной шаровой молнии, по оценке Дмитриева, заряд был в 100 раз больше, поэтому и существовала она в 100 раз дольше.

Измерения электрическим зондом (маленьким шариком из жаропрочного нихрома, укрепленным на длинной тонкой кварцевой трубке, внутри которой располагались сигнальные проводки) показали, что отрицательные заряды распределены в плазмоиде крайне неравномерно. Свободные электроны мигрируют на поверхности

плазмоида и создают отрицательно заряженный слой. Когда плазмоид касается зонда своим верхним краем, возникает большой, но короткий импульс тока (рис.4). Более длительный, но меньший сигнал поступает на зонд при прохождении ядра. Второй всплеск тока наблюдается при прохождении мимо зонда нижнего края плазмоида. Острый пик тока может быть вызван увеличением концентрации отрицательных зарядов в поверхностном слое плазмоида. Если принять, что избыточ-

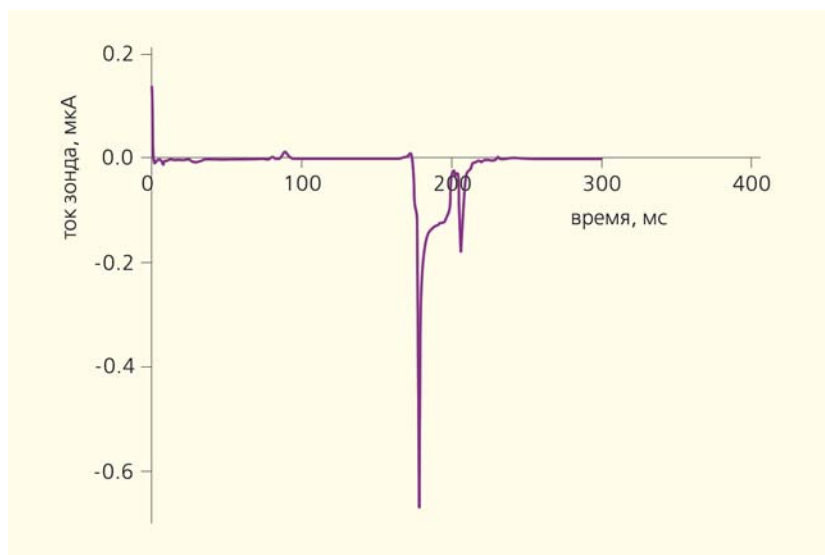


Рис.4. Зависимость тока электрического зонда от времени.

ный отрицательный заряд в 10 нКл сосредоточен на поверхности сферы диаметром 12 см, то потенциал плазмоида относительно земли будет близок к -1300 В. У шаровой молнии, которую наблюдал Дмитриев, потенциал был выше, поэтому молния излучала во все стороны поток электронов, создавая тихий разряд при атмосферном давлении.

Взгляд изнутри и снаружи

Основная часть зарядов плазмоида сгруппирована в виде нейтральных кластеров [2, 3]. Попадая в плоский электрический конденсатор, молния растягивается в стороны и исчезает. Рекомбинация гидратированных ионов заметно ускоряется на металлических поверхностях. Колечко из медной проволоки, подвешенное на пути плазмоида, теряет массу за счет распыления металла при рекомбинации ионов — это можно установить взвешиванием колечка до и после опыта. Природная шаровая молния содержит больше гидратированных ионов, чем ее лабораторный аналог. Она может «снять» золотое кольцо с пальца, не вызывая ожога (известны такие удивительные случаи).

Окраску шаровой молнии определяет спектр рекомбинирующих ионов. С железного электрода срываются ослепительные белесые плазмоиды, с медного — зеленоватые, с алюминиевого — белые, но с красным отливом. Из угольного электрода, смоченного дождевой или перегнанной водой, вылетают плазмоиды с серо-голубым ядром и сиреневой оболочкой. Такую молнию видел Дмитриев. Вода из лужи, содержащая ионы кальция, магния, калия и натрия, придает молнии характерный апельсиновый цвет. Органические соединения и сажа, попавшие в разряд, сообщают плазмоиду огненный оттенок. Частицы угля сгорают в нем как блески, делая плазмо-

ид похожим на елочную игрушку. Как установил Шабанов [5], окраска полупрозрачной шаровой молнии зависит от фона, на котором ее наблюдают, поэтому два очевидца, видящие молнию с разных сторон, могут иметь разное представление о ее цвете.

Шаровая молния как физическое явление оказалась сложнее, чем предполагал Стаханов. Она несет значительный отрицательный заряд — он сосредоточен в поверхностном слое, охватывающем kern из гидратированной плазмы. Шаровая молния всегда содержит аэрозоль частиц, захваченных при разряде, кроме того, температура и состав газа внутри плазмоида отличаются от окружающего воздуха. Результаты исследования плазмоида размещены в Интернете*, где можно найти копии статей, графики опытов, поставленных в однородных условиях (по ним можно судить о полной воспроизводимости результатов), и работы иностранных исследователей плазмоида.

* См.: http://biod.pnpi.spb.ru/pages_ru/Stepanov/index.html

После опубликования пионерской работы [6] Петербургский институт ядерной физики посетили сотни желающих взглянуть на редкий феномен. Среди них были очевидцы природного явления. Оказалось, что наблюдателей шаровой молнии, имеющей время жизни меньше секунды, гораздо больше, чем зарегистрировано у Стаханова, — просто они не придавали значения мимолетному явлению. Это были самые восторженные зрители: демонстрация шаровой молнии вызывала у них воспоминания о встрече с неведомым. Были свидетели и другого природного явления — токовой струи, но их было меньше. Отрицательный заряд, стекающий на землю при ударе линейной молнии, распространяется по узкому каналу. Если этот канал снова выйдет на поверхность, из него может вырваться плазменная струя, от которой отделится шаровая молния.

У некоторых зрителей вспышка плазменной струи вызывала стойкое пятно на сетчатке глаза. Это пятно сохраняется до 10 с и создает иллюзию пере-

мещения в пространстве при повороте головы. Когда-то Хеймфейс утверждал, что все долгоживущие шаровые молнии имеют физиологическую первопричину (впрочем, было время, и многие весьма авторитетные ученые вообще не признавали реальности шаровой молнии, относя ее наблюдения к фантазиям или, в крайнем случае, к последствию яркого объекта). Конечно, это не так — шаровые молнии со временем жизни более 10 с, безусловно, существуют в природе. Можно даже попытаться их получить. На некоторых высотных сооружениях имеются громоотводы, часто посещаемые молниями. Если такой громоотвод разрезать, загнуть его конец и опустить в заземленную ванну с водой, из торчащего вверх конца во время грозы будут вылетать шаровые молнии. Можно забросить гибкий громоотвод в грозовое облако с помощью ракеты или катапульты. Тогда по нему сбежит токовая струя, которая выбросит плазмоид. Эти эксперименты рано или поздно будут поставлены, хотя они, увы, не финансируются государством. ■

Литература

1. Дмитриев М.Т. // Природа. 1967. №6. С.98—106.
2. Стаханов И.П. // О физической природе шаровой молнии. М., 1985.
3. Шевкунов С.В. // ДАН. 2001. Т.379. С.181—186.
4. Степанов С.И. // Природа. 1995. №6. С.107—117.
5. Шабанов Г.Д. // Письма в ЖТФ. 2002. Т.28. №4. С.81—86.
6. Егоров А.И., Степанов С.И., Шабанов Г.Д. // УФН. 2004. Т.174. №1. С.107—109.

Нарядная родственница вороны

А.Л.Рижинашвили,
кандидат биологических наук
Петербургский государственный университет путей сообщения
Санкт-Петербург

На территории Ленинградской обл. (как и других регионов России) многие из птичьего племени приспособились жить бок о бок с человеком, и даже порой за его счет. Среди них бросаются в глаза наиболее крупные птицы — представители семейства врановых, родственники самой обычной серой вороны. Это галки, грачи, вороны, сороки. Однако гораздо меньше мы знаем о скрытной и в то же время, пожалуй, самой нарядной врановой птице — сойке. Почему-то в популярной литературе этому виду почти не уделяется внимания. Попробуем восполнить пробел и поделиться своими наблюдениями чрезвычайно интересного животного.

Сойка вместе с тремя другими видами (кукушкой, кедровкой и сорокой) входит в группу так называемых пестрых, или цветных, врановых, а ворона, ворон, галка и грач составляют в семействе группу черных врановых. Птицы первой группы выделяются не только окраской оперения, но и тем, что обитают в закрытых, лесных ландшафтах (исключение — сорока, часто гнездящаяся рядом с человеческим жильем). Тем не менее сойка в последние два-три десятилетия активно «сотрудничает» с человеком. Птица эта стайная, шумная, величиной она меньше вороны, но крупнее голубя. Сойку легко узнать по характерной внешности: голова и спина у нее бежево-рыжеватые, брюшко рыжевато-белова-



Сойка — одна из самых нарядных врановых птиц в наших лесах. Открытый клюв спасает ее от перегрева в сильную жару.

Здесь и далее фото автора

тое, хвост черный, глаза и лапы светлые, на голове небольшой хохолок, от основания черного клюва идут заметные черные «усы». Когда птица сидит, на сгибе крыла заметны синие перышки — «зеркальце». Голос у сойки, как и внешность, тоже весьма характерный — громкий, резкий, даже пугающий при неожиданной встрече звук, который приближенно можно передать как «кжээ-кжээ» (словно громкое шипение). Кстати, английское название сойки — jay — переводится еще и как «болтун, пустослов», и, возможно, оно возникло из звукоподражания.

Интереснейшая черта поведения сойки (впрочем, присущая и многим другим воробьиным) — ее способность к заимствованию голосов других животных и шумов среды, т.е. звукоподражанию (пересмешничеству). Сойка может издавать звуки, сильно напоминающие крики хищной ястребиной птицы — обыкновенного канюка (сарыча): громкое и протяжное «кии...». Специалисты считают, что сойки кричат канюком при какой-либо тревоге. Но еще не выяснено, действительно ли это подражание канюку или самостоятельный видовой сигнал, лишь похожий на голос хищной птицы. Как бы то ни было, такой крик присущ всем сойкам и составляет элемент их видовой звуковой сигнализации. Но определенные звуки в репертуаре сойки могут появиться в результате заимствования шумов той местности, где она обитает.

Оставляя в стороне крайне сложный вопрос о наследовании звукоподражательных сигналов птиц, приведу лишь свои наблюдения за пересмешничеством соек. Однажды мне довелось слышать от сойки сорочье стрекотание, видела я и стаю «мяукающих» соек, и «мяуканье» это было действительно почти неотличимо от кошачьих «песен». В литературе описаны «стуки», «скрипы», «лай» и прочие ва-



Взлетающая сойка. На этом снимке видна структура крыла.

риации голоса соек. Поют ли они? Да, орнитологи указывают на весеннее и осеннее коллективное пение этих птиц, причем весной оно составляет часть брачного ритуала. Если пение удастся слышать не так часто, то отдельные элементы песни — тихий набор «проговариваний», «бормотаний», «пощелкиваний» — отнюдь не редки. Однажды на садовом участке птица опустилась на землю недалеко от меня, почти под ноги, а затем перелетела на невысокую яблоню неподалеку. Сидя на ветке, она подпустила к себе очень близко, на расстояние вытянутой руки. Несколько минут птица исполняла этот тихий репертуар, постоянно глядя на меня.

У многих садоводов прочно укоренилось представление, что сойки, как и некоторые другие птицы (например, дрозды), вредят урожаю, особенно ягодных культур. Действительно, в рационе соек ягоды и другие плоды занимают видное место, но велик ли причиняемый птицами урон?

По нашим наблюдениям в садоводческом массиве, летом ос-

нову питания соек составляют как растительная пища, так и личинки различных насекомых. Из растений, плоды которых поедаются сойкой, можно назвать прежде всего боярышник и иргу колосистую (коринку), затем землянику и клубнику. О яблоне как кормовом объекте сойки пока нельзя заключить что-либо определенное. В конце июля 2002 г. я заметила сойку, которая опустилась на яблоню, стала сбивать крыльями молодые яблоки и затем расклевывала их на земле. Однако такое случается довольно редко. Поедание яблок, видимо, явление случайное и вторичное. Гораздо чаще с середины лета стаи этих птиц осаждают полудикие кустарники (боярышник или иргу), используемые человеком в декоративных целях. Более того, сойки активно обследуют садовые деревья и дикорастущие виды (рябину, сосну, березу) и собирают гусениц и других вредителей сельского и лесного хозяйства.

Раньше сойку считали основной сеяльщицей дуба, поскольку она собирает желуди в ротовую полость и пищевод и прячет их



Контурные маховые перья (слева) и пуховое перо сойки.

в лесной подстилке. В такой своеобразной кладовой они могут и прорасти. Однако связь этой птицы с дубом, по-видимому, все же не столь тесная.

Когда птицы слетаются на какое-либо дерево, наблюдателю со стороны кажется, что они бесцельно перепрыгивают с ветки на ветку. Только на видеозаписи удастся разглядеть, что сойки склевывают гусениц и мелких насекомых. Эта сторона биологии вида все еще количественно не оценена. Но несомненно, что при такой активности в поиске корма и его добыче, роль популяций сойки в экосистеме леса должна быть очень велика. Именно в питании сойки, на мой взгляд, главный аспект ее взаимодействия с человеком, делающий ее полноправной синантропной птицей (т.е. извлекающей пользу из жизни рядом с человеком). В городских парках зимой сойки прилетают к птичьим кормушкам и лакомятся кусками хлеба (белого и черного) наряду с другими птицами. Могут даже пожиться остатками в мусорных контейнерах городских окраин.

Но и летом мы видели, как птицы поедают хлеб, с особой охотой — белый. Летом 2010 г. выводок молодых соек, очевидно, вместе со старшими птицами ежедневно по несколько раз в день кормился на садовом участке, где на зацементированном основании были разложены куски белого и черного хлеба. Птицы иногда обрывали ягоды растущей рядом земляники, но не трогали завязи кабачков на грядке, что вплотную прилежала к кормушке. Сойки отдавали явное предпочтение белому хлебу, впрочем, как и полевые воробьи, кормившиеся тут же, поочередно с ними. Во время трапезы эти родственницы вороны были терпимы к людям, наблюдавшим за ними или обедавшим в беседке (а она находилась метрах в шести-семи от кормушки), не пугались ни разговоров, ни фотографирования, ни видеосъемки.

Обычно птицы не задерживались на кормушке подолгу, а, схватив один или несколько кусков, расклевывали их на ветви растущей рядом яблони. Если на открытом пространстве садо-

вой дорожки у кормушки птицы вели себя более или менее настороженно, то к сидящему на ветке животному можно было подойти почти вплотную. После «хлебобулочной» трапезы одна из птиц села на край садовой бочки и принялась пить воду, в другой раз сойка пыталась напиться из таза с мыльной водой (пришлось отгонять). Примечательно, что у нашей кормушки постоянно держались двести сойки, а целой группой они прилетали отнюдь не каждый день. В сентябре 2004 г. довелось наблюдать и сойку, которая кормилась крошками глазури от пряника в метре от стоящего человека.

Что дают все эти наблюдения? Они со всей очевидностью показывают высокую кормовую и экологическую пластичность сойки. А из этого следует, что она проявляет склонность, хотя и в замедленной степени, к повсеместной урбанизации на Северо-Западе. До недавнего времени на территории Санкт-Петербурга сойку считали редкой гнездящейся птицей. Но еще в 1997 г. на кормушках Цент-

рального парка культуры и отдыха им.С.М.Кирова (ЦПКиО) зимой в мягкую погоду можно было целый день видеть и фотографировать стаи этих птиц. Однако по каким-то причинам с середины 2000-х годов сойка практически исчезла из городских парков города, даже таких, где обширны зеленые массивы. Это ЦПКиО, парк Лесотехнической академии, Приморский парк Победы, скверы Каменного острова.

Примерно то же произошло и с сорокой. В конце 1990-х годов она регулярно встречалась не только в городских парках, но и на окраинных улицах и в петербургских дворах. Но в апреле 2010 г. на одном из маршрутов по Каменному острову я встретила скворцов, дроздов-рябинников, зябликов, белых трясогузок, конечно же, серых ворон, а вот соек и сорок не увидела вовсе. Так же и в парке Лесотехнической академии: черные дрозды, дрозды-рябинники, большие синицы, зяблики попались нам на экскурсии, но опять-таки не было ни соек, ни сорок. Между тем несколько лет назад за один маршрут по парку птиц этих двух видов врановых можно было и слышать, и наблюдать за ними. Причины этого не вполне ясны и, конечно, требуют специального изучения.

Вообще сойки — чрезвычайно подвижные, но и скрытные, осторожные птицы. Хорошенько разглядеть их, а тем более сфотографировать довольно трудно. Потому-то любые снимки этой замечательной птицы — большая удача фотоохотника, а кроме того, представляют биологический интерес. Встреча с нарядной пернатой красавицей наших лесов — огромная радость для всех, кто любит природу.

Рассказывая о сойке, все же нельзя не обратить внимания на исключительно важный аспект — взаимоотношения синантропных птиц и человека. В последнее время в печати уча-



Сойка почти позирует.

стались призывы к отстрелу птиц, которые наносят вред хозяйству человека и природе. В первую очередь это относится к серой вороне. Она действительно, как и другие виды врановых (в том числе сойка), разоряет гнезда мелких певчих птиц — поедает яйца и птенцов. Однако такое утилитарное деление птиц на полезных и вредных заслуживает всяческого осуждения, так как не только антигуманно, но и не приводит к значимым положительным результатам. Сойка в этом отношении удачный пример. Ущерб, который она наносит, разоряя гнезда мелких пернатых и поедая плоды садовых растений, с лихвой перекрывается колоссальной пользой: в лесных, да и в антропогенных ландшафтах она уничтожает вредных насекомых. Не существует полезных и вредных, хороших и плохих птиц и вообще животных — друзей и врагов человека. Каждый вид «вписан» в конкретную экосистему и в целом в биосфе-

ру определенным характером взаимоотношений со средой своего обитания. Исчезновение любого вида живых организмов может привести к труднопредсказуемым и неблагоприятным изменениям в экосистемах. Да и имеет ли человек моральное право решать, какому виду в природе жить, а какому нет?! Все великолепие наблюдаемых нами форм жизни, все окружающие нас биологические виды возникли в результате длительной эволюции. Хотим ли мы стать ответственными за их полное исчезновение с лица земли, или лучше сохранить биоту, чтобы можно было радоваться ее совершенству? Думается, современный человек без колебаний выберет второй путь.

Однако сказанное не означает, что не нужно регулировать численность некоторых видов, например все той же серой вороны. Кстати, в том, что ее сейчас много, виноват сам человек. Регулирование нужно проводить разумно: не физически ис-



Сытая сойка проявляет любопытство — разглядывает фотографа.



Птица с расправленным хохолком на голове.

треблять, а в надлежащем гигиеническом состоянии содержать свалки, помойки, где эти птицы находят себе стабильный источник пищи; тщательно контролировать утилизацию хозяйственных отходов. Наконец, в ряде случаев успешным может быть и отпугивание птиц с помощью звуковых репеллентов (воспроизведения записей криков тревоги своего и других видов). Помогут также естественные враги — хищные птицы. В конечном счете в XXI в. человек уже может «позволить себе» не стрельбу из ружья и отравленные приманки, а продуманные, научно обоснованные, пусть

иногда и затратные, но гуманные меры, которые поддерживали бы баланс в антропогенных экосистемах. Это было бы достойно действительно разумного существа, а не хищника, потребляющего блага природы. К чему может привести отстрел или отравление якобы вредных птиц? Первый очевидный ответ — погибнут далеко не только они, сильно пострадает и прочая пернатая фауна. Второй ответ не так очевиден: возможен рост численности популяций грызунов, ибо они представляют собой пищевых конкурентов, а нередко и вороньих жертв. И что случится с горо-

дом, в котором вовсе не останется птиц-санитаров? Не слишком ли высокая цена будет заплачена?

И последнее. Призывы уничтожать вредных животных приводят к оправданию неконтролируемой жестокости по отношению к ним, что выражается и в появлении так называемых кроу-киллеров, отравителей бродячих собак и т.д. Стоит вспомнить, что предпринятая в середине XX в. кампания по борьбе с хищными птицами из отряда соколообразных поставила многие их виды на грань полного исчезновения. Не правда ли, есть над чем задуматься... ■

ПРИРОДА

популярной
естественно-исторический журнал

Под редакцией

Проф. Н. К. Кольцова, проф. Л. А. Тарасевича
и акад. А. Е. Ферсмана.

№ 1—3. ГОД ИЗДАНИЯ ДЕВЯТЫЙ и ДЕСЯТЫЙ 1921.

Опыты Штейнаха по омоложению организма

Н.К.Кольцов

В 1879 г. Броун-Секар* сделал во Французском Институте доклад о своем замечательном открытии, положившим начало новой эпохе в области экспериментальной биологии. Броун-Секар нашел, что экстракт, извлеченный из семенников животных, будучи введен в кровь человека, вызывает в организме замечательные изменения, которые могут быть названы омоложением. Медицинский мир был взволнован этим открытием, и люди преклонных лет бросились к врачам, стремясь возможно скорее путем введения спермина вернуть утраченную молодость. Но сказка о жизненном эликсире, грезившаяся человечеству чуть ли не с колыбели, на этот раз осталась неосуществленной. Дальнейшие опыты показали, что действие спермина непрочное и не постоянно, и многие старцы, конечно, жестоко поплатились за свое легкоеверие: обманутые надежды вместо молодости лишь привели их к преждевременной смерти.

Однако открытие Броун-Секара, несмотря на внешнюю неудачу, не осталось бесплодным. Оно положило начало изучению желез внутренней секреции или, как мы их теперь называем, эндокринных желез, которые, не имея выводного канала,

выделяют свои инкреты в кровь. Разносясь по всему телу, эти выделения производят существенные изменения в физиологическом состоянии разнообразных органов. Система эндокринных желез, регулирующая жизнедеятельность организма химическим путем, признается в этом отношении аналогичной нервной системе, с которой большинство из этих желез связано самым тесным образом. Ежегодно появляются десятки и сотни научных исследований, посвященных выяснению роли щитовидной и зубной желез, околощитовидной и сонной желез, эпифиза и гипофиза, надпочечников и околопочечников, семенников и яичников и т.д. и т.д. Большинство экстрактов этих желез уже давно введены в медицинскую практику и относятся к группе наиболее могущественных лекарств, которыми располагает врач. Хирурги постоянно вмешиваются в деятельность желез внутренней секреции, удаляя больные участки их и пытаясь пересадить вместо них здоровые железы из другого организма.

На учении об инкреторной деятельности основана и новая работа профессора Штейнаха, опубликованная в июльской книжке 1920-го года немецкого журнала «Archiv für Entwicklungsmechanik» под сенсационным заглавием: «Омоложение». Перед нами новая попытка воскресить

* Шарль Эдуард Броун-Секар (1817—1894) — французский физиолог и невропатолог. — *Примеч. ред.*

мечту человечества о жизненном эликсире и вечной молодости. Но, помня неудачу первой попытки Броун-Секара и печальные в некоторых случаях последствия этой неудачи, мы на этот раз должны быть особенно осторожными.

<...> Первое экспериментальное исследование Штейна касалось пересадки половых желез из самок в самцов и обратно у крыс и морских свинок. Здесь Штейн показал себя очень искусным хирургом и остроумным экспериментатором. Среди хирургов-медиков давно укрепилось убеждение, что трансплантации, т.е. пересадки, органов и тканей удаются лишь в пределах одного и того же организма: таким трансплантациям дается название «аутопластических». Попытки же хирургов пересаживать органы из другого организма того же самого вида (гомопластические пересадки), и в особенности из организма другого вида, например от обезьяны к человеку (гетероластическая трансплантация) по большей части оканчиваются неудачей: пересаженные органы не приживаются или, если даже приживут, скоро рассасываются и исчезают. <...>

Все эти неудачи могут иметь, однако, и иное объяснение. Пересаженные из другого организма органы не приживаются и рассасываются не потому, что они состоят из недостаточно родственных белков, а потому, что в организме, куда их сажают, еще имеются налицо остатки точно таких же органов. Железа-хозяин, притом же часто болезненно измененная, выделяет в кровь специфические гормоны, которые мешают приживлению гостя, одноименной железы из другого организма, хотя, может быть, совершенно безвредны для всякого иного инородного органа. На такую точку зрения становится Штейн и утверждает, что прежде чем пересадить гостя, необходимо сначала удалить хозяина — и тогда можно уже не смущаться тем, что вводимые вместе с пересаживаемым органом белки будут чужеродными. <...>

Прежде чем приступить к пересадке половых желез другого пола, Штейн предварительно кастрирует молодых самцов и самок крыс и морских свинок и лишь после того как кастрация проведена, пересаживает в кастрированных самцов яичники, а в кастрированных самок — семенники, взятые из свежевскрытых животных — обычно не на нормальное место соответствующей половой железы, а под кожу или в какое-либо место брюшины. В ряде случаев трансплантация удается. Вскрытие, произведенное через несколько месяцев, показывает, что железа прижилась, снабжается кровью: правда, собственно воспроизводительные элементы — яйца и живчики — в большей или меньшей степени исчезают, зато особенно разрастаются промежуточные отделы пересаженного семенника и яичника. <...>

Кастраты, в которых пересажены пубертатные железы другого пола, обнаруживают удивитель-

ные признаки: они начинают развиваться в направлении того пола, которому принадлежат пересаженные в них железы. Прежние самцы, в противоположность обычным мужским кастратам, не достигают нормального роста самца, а остаются на всю жизнь менее крупными, как самки, и весь скелет их принимает сходство со скелетом самки: их член недоразвивается, зато соски и молочные железы достигают почти такого же развития, как у настоящих самок. И по психике своей эти «феминизированные самцы» похожи гораздо более на самок: они дают ухаживать за собой настоящим самцам и даже выкармливают своим молоком подсаженных к ним чужих детенышей. <...> С другой стороны, «маскулинизированные» самки такой же величины, как настоящие самцы, так же крепок их скелет и широка их грудь: их молочные железы недоразвиваются, а клитор достигает того же развития, как пенис самца (по последним исследованиям Липшица). Маскулинизированные самки ухаживают за настоящими самками и пытаются их покрыть.

Если Штейну удавались пересадки желез иного пола в кастрированных самцов и самок, то, естественно, удавались также и пересадки желез того же пола. Он наблюдал при этом, что после приживления пересаженной железы половые функции восстанавливались в полной мере. Кастрированный самец, после того как ему под кожу пересажены семенники из другого самца, начинает ухаживать за самками и покрывает их даже более энергично и более часто, чем самец нормальный, неоперированный. Вскрытие показывает, что у такого самца предстательная железа и наполненные ее секретом семенные пузырьки достигают еще большего развития, чем у нормального, неоперированного самца, между тем как после кастрации без пересадки чужого семенника предстательная железа и семенные пузырьки редуцированы. Однако, само собой разумеется, кастраты, половая потенция которых после пересадки чужих половых желез восстановилась, не могут оплодотворить самку, так как их новые семенники не связаны с семяпроводами и при эякуляции выпрыскивается только секрет предстательной железы. Притом же микроскопическое исследование показывает, что в пересаженных и прижившихся семенниках сперматогенез остановился и только пубертатные железистые клетки усиленно размножаются, вызывая, по толкованию Штейна, усиленное проявление вторичных половых признаков и усиленную потенцию.

Штейн пытается и для самок крыс найти такой метод операции, который влечет за собой возрождение пубертатной железы и вместе с тем омоложение. Но в пределах операции над этим стареющим организмом попытки его оказываются безуспешными. Перерезка яйцевода, прекращающая возможность деторождения, не влияет на пубер-

татную железу, равно как и пересадка яичника на другое место. Некоторые надежды подает рентгенизация яичника, в результате которой воспроизводительная функция как будто подавляется, а деятельность пубертатной железы возрастает. Но безусловно оживляющее влияние оказывает на стареющую самку пересадка под кожу яичника из другой молодой самки. У крысы-старухи кроме общих с самцом признаков старения организма наглядно выступает редукция грудных сосков. Она теряет способность приводить самца в возбуждение. Штейнах описывает два удачных случая омоложения путем пересадки. Старухе крысе, у которой уже десять месяцев не было детей, пересаживаются яичники молодой самки, 29-месячная старуха возбуждает самца, забеременевает и рождает здоровых крысят. Она живет еще полгода и погибает от второй старости на 37-м месяце жизни. В другом таком же случае исследование показало, что пересадка чужой половой железы ведет к усиленному развитию ее собственной железы.

Удачные пересадки этого рода наводят Штейнаха на мысль о возможности применить их к борьбе с последствиями кастрации у человека. Война значительно увеличила число невольных кастратов в Германии, и немало здоровых молодых людей остались на всю жизнь несчастными калекками в результате ранений. Операции затруднялись только вопросом о том, откуда достать материал для пересадки — здоровые железы от молодых и сильных мужчин. <...>

Чтобы операции с пересадкой половых желез кастратам из лабораторных опытов могли перейти в практику, необходимо, конечно, найти способы к обеспечению хирургов более постоянным материалом для пересадок. Современная хирургия не останавливается перед заблаговременной заготовкой подобного материала впрок. Лабораторные опыты показали, что получаемый при различных операциях живой материал из отнятых частей оперируемого может сохраняться долгое время в физиологическом растворе при стерильных условиях: еще более обещает сохранение отрезанных органов в высушенном виде по методу профессора Кравкова. Весьма возможно, что заготовленные таким образом органы удастся и пересаживать. Но и такие заготовки — только паллиатив. Действительно практическое значение применение штейнаховского метода к борьбе с последствиями кастрации может иметь лишь в том случае, если окажутся возможными гетеропластические пересадки яичек от животных к человеку, или если удастся пересаживать органы, сохранившие свою жизнеспособность, от трупа: наблюдения показывают, что жизнедеятельность, иногда весьма оживленная, сохраняется в клетках весьма продолжительное время, иногда несколько часов и даже более суток.

Следующий этап исследовательской деятельности Штейнаха — изучение гермафродитизма.

Было бы совершенно неосновательно ожидать, что можно получить искусственного гермафродита, пересадивши яичники в самца или семенники в самку: железа-хозяин, вероятно, откажется впустить чужака. Поэтому Штейнах предварительно кастрирует крыс, а затем пересаживает кастратам одновременно и семенник, и яичник из двух других особей. В благоприятном случае он получает своеобразных гермафродитов со смешанными признаками: животные ведут себя сначала как самцы, ухаживая за самками и пытаясь покрыть их; позднее мужские инстинкты пропадают и по мере того как женские половые признаки начинают брать верх, животное по виду становится все более и более похожим на самку. В других случаях, наоборот, сначала приживается в большей степени женская железа, которая позднее понемногу рассасывается, уступая мужской. <...>

...Штейнах пытается применить результаты своих опытов над животными к человеку. Всем известны случаи неполного гермафродитизма, т.е. одновременного развития мужских и женских половых признаков у человека. У «мужчин», т.е. у особей, снабженных семенниками, развиваются молочные железы и широкий таз, тогда как растительность волос на лице едва обозначена, а у «женщин» при наличии яичников — мужское телосложение, более или менее развитые волосы усов и бороды, а иногда и сильное развитие клитора. Но еще чаще, чем во внешности, гермафродитизм сказывается в психике. У «гомосексуальных» людей иногда даже при вполне нормальном однополом строении обнаруживаются противоестественные половые наклонности. Повсюду государственная власть борется с этими наклонностями, как со злом волей, и совсем недавно мы были свидетелями того, как Англия погубила одного из талантливейших своих граждан за проявленные им гомосексуальные наклонности. Но если гермафродитизм есть результат одновременного развития в организме пубертатных клеток двух полов, то не может ли и психический гомосексуализм объясняться той же анатомической причиной? В таком случае и способ излечения этой аномалии оказался бы в руках хирурга. Штейнах совместно с Лихтерштейном предпринимают ряд опытов в этом направлении. Четырем гомосексуалистам-мужчинам производится кастрация, и на место вырезанных семенников присаживаются крипторхические яички от нормальных. Операции удаются, и, по утверждению исследователей, гомосексуальные наклонности уступают место нормальным. Штейнах подвергает вырезанные половые железы гомосексуалистов микроскопическому исследованию и приходит к заключению, что здесь в семенниках развиты пубертатные клетки другого пола — женские. Конечно, опытов сделано еще очень мало, и результаты могут подвергаться оспариванию, но, несомненно, мы и в этом случае

имеем перед собой очень интересную попытку найти практическое разрешение важной для человечества проблемы. И очень может быть, что если бы английские судьи были знакомы с воззрениями и опытами Штейнаха, то Оскар Уайльд и теперь продолжал бы свою творческую деятельность.

Установивши глубокое влияние половых желез на развитие разнообразных морфологических и физических признаков у млекопитающих животных, Штейнах подходит к вопросу об омоложении. По современным воззрениям, старость является результатом какого-то изменения обмена веществ в организме. В результате этого изменения все физиологические функции замедляются, мышечная и нервная деятельность слабеет и в особенности задерживаются процессы восстановления тканей и органов — регенерация. Продукты распада задерживаются в организме, и на этой почве развиваются различные болезни старческого возраста... В частности, постарение отражается обычно весьма рано на половой функции — исчезают половая потенция и половое влечение. Регуляторами скорости и интенсивности обмена веществ в организме обычно признаются в настоящее время различные железы внутренней секреции, а так как при постарении на первый план выступает часто выпадение функции половой железы, то естественно было для Штейнаха обратить внимание именно на нее. И Штейнах ставит перед собой такую практическую проблему: нельзя ли экспериментальным путем поднять функцию пубертатной железы и таким образом остановить постарение организма или даже возвратить утраченную молодость.

Объектом своих исследований Штейнах выбирает опять крыс, во-первых потому, что их... легче разводить, а во-вторых явление постарения выражается у них яснее, чем у других лабораторных животных. По Штейнаху, предельным возрастом белой крысы является обычно 28, а в лучшем случае 30 месяцев. Старая крыса-самец легко отличается по внешнему виду: она лысеет вследствие вылезания пятнами шерсти, ходит сгорбившись, ее зрение и обоняние слабеют, аппетит слабеет и падает, а вместе с аппетитом — и вес, общая физическая и психологическая энергия уменьшаются, половое влечение и потенция пропадают. Падение веса выражается наглядно цифрами, другие признаки Штейнах устанавливает простыми экспериментами. Если самцу в цветущем периоде посадить в клетку охочую (в периоде течки) самку, то он немедленно начинает за ней ухаживать, обнюхивает, бежит за ней и в конце концов покрывает. Старый же самец или совсем не обнаруживает интереса к подсаженной самке и даже убегает от нее, или же, если половое влечение еще не совсем угасло, ограничивается простым обнюхиванием. У молодого самца подсаженный к нему в клетку другой самец вызывает дикую ревность: тотчас же

начинается борьба, заканчивающаяся обычно тяжелым ранением или даже смертью одного из борцов. Наоборот, старик избегает борьбы с подсаженным к нему в клетку соперником и старается скрыться в дальний угол. Чтобы избежать кровопролития, Штейнах подсаживает соперника в маленькую клеточку, но один вид разъяренного его присутствием самца пугает старика, который стремится тотчас же спрятаться. Жизненная энергия в других, кроме полового, отношениях определяется следующим способом: в клетку на труднодоступном месте подвешивается лакомый кусок сала, молодой сильный самец непременно его достанет, но старик, после одной-двух неудачных попыток, перестает обращать на недоступное для него сало внимание.

В таком состоянии пониженной жизнедеятельности самец проводит еще один-два месяца, непрерывно худея и ослабевая, почти отказывается от пищи, а затем умирает. Полагая, что здесь играет существенную роль ослабленная от старости деятельность пубертатных желез, Штейнах задается целью поднять эту деятельность и тем предотвратить все явления постарения. Самый простой путь... — пересадка семенников из молодого здорового самца — действительно дает ожидаемые результаты и приводит к омоложению... При дальнейших попытках усилить деятельность пубертатных желез самого стареющего организма Штейнах наталкивается эмпирически на другой способ, который и кладет в основу своих экспериментов. Он перевязывает и перерезает семяпровод при самом выходе его из семенника: отток семенной жидкости прекращается, прекращается и выделение наружу инкретов пубертатных желез, все составные части семенника получают резкий толчок к развитию, направление которого, для каждой части независимое, заранее трудно предугадать. Изучая микроскопически строение яичка через разные промежутки времени после операции, Штейнах приходит к тому убеждению, что в удачном случае в ответ на хирургическое вмешательство пубертатная железа не редуцируется, но начинает усиленно развиваться, а сперматогенез вначале совсем приостанавливается, позднее же опять восстанавливается, и семенные каналцы, лишенные сообщения с наружной средой, снова переполняются зрелыми сперматозоидами. Такое развитие пубертатной, а позднее и воспроизводительной железы возможно, конечно, лишь при полной удаче операции и сохранении в неприкосновенности питающих семенник кровеносных сосудов: если же при перерезке семяпровода сосуды повредить, то оба отдела семенника атрофируются и результатом операции является полная кастрация со всеми сопровождающими ее явлениями. Поэтому Штейнах тщательно разрабатывает метод своей операции и приходит к заключению, что у крыс всего удобнее производить перевязку

семенных путей между собственно семенником и эпидидимисом в том месте, где выводные каналы сливаются в общий семяпровод.

<...> Вскрывая брюшную полость крысы-старика, чтобы сделать ему операцию, Штейнах убеждается, что дополнительные органы семенного канала — предстательная железа и семенные пузырьки — находятся у него в периоде старческого перерождения и отличаются малыми размерами. Спустя несколько недель после удачно проведенной операции Штейнах снова вскрывает брюшную полость тому же самцу и находит его простату и семенные пузырьки в цветущем омоложенном состоянии. Само собой разумеется, что семенные пузырьки наполнены теперь уже исключительно секретом предстательной железы (простаты).

Параллельно усиленному развитию пубертатных желез, простаты и семенных пузырьков идет изменение психики: во всех без исключения случаях через три-четыре недели у молодящегося старика-крысы восстанавливается утраченное иногда за несколько месяцев до операции половое стремление — либидо; самец начинает обращать внимание на подсаженных к нему охочих самок, а затем приходит и половая потенция — и он оказывается в состоянии покрыть самку. Нередко половое влечение у омоложенных самцов проявляется особенно бурно: они покрывают самок, даже не находясь в периоде течки, и могут покрывать одну за другой несколько самок подряд. Чувство соревнования восстанавливается также в высокой степени, и омоложенный старик набрасывается яростно на соперника.

Конечно, восстановление половой потенции само по себе еще не является омоложением. Но параллельно обнаруживаются и другие последствия операции, пополняющие картину. Растет аппетит, и вместе с тем поднимается вес тела, физическая сила выясняется из борьбы с соперником, ловкость — из описанного выше опыта с подвешенным высоко куском сала. Начинается усиленный рост волос, прежние плешины исчезают. Восстанавливается инстинкт чистоплотности, крыса усиленно заботится о своей чистоте, освобождается от насекомых. Имеются указания, что чувства зрения и обоняния обостряются. <...> Все перечисленные признаки, вместе взятые, дают Штейнаху право называть результаты производимых им операций у крыс-самцов «омоложением».

Другой вопрос, конечно, насколько прочны полученные результаты. Штейнах приводит для шести оперированных крыс подробные протоколы, описывающие изо дня в день течение эксперимента. Две из этих крыс были убиты для целей исследования в цветущем состоянии — одна через пять, другая через двенадцать недель после операции. Три умерли от случайных болезней... но до самой смерти они сохраняли половую потенцию и бодрый внешний вид в течение семи (двух и трех со-

ответственно) месяцев после операции. Особенно интересна судьба одной из описанных подробно крыс. В момент операции это был уже дряхлый старец двадцати семи месяцев от роду. После операции развернулась яркая картина омолаживания во всех перечисленных выше отношениях и держалась без изменений семь месяцев; но затем подкралась вторая старость, либидо и потенция угасли, опять началось общее одряхление. Этот самец был убит Штейнахом для исследования тридцати восьми месяцев от роду, переживши на восемь-десять месяцев предельный по Штейнаху возраст крысы (операция продлила его жизнь на 26 или даже на 36 процентов).

Штейнах не сообщает деталей о судьбе многих десятков оперированных им крыс, и это, конечно, также будет поставлено ему в вину придирчивыми критиками. Но для всякого, кто понимает всю сложность поставленных им опытов... ясно, что требование статистической обработки экспериментов подобного рода — не более как придирчивое критиканство. Во всех подобных длительных опытах с оперированными животными даже при совершенной их обстановке и идеальном уходе случайные причины заболевания и смерти играют столь существенную роль, что статистика в особенности при неизбежно малых цифрах, т.е. не при тысячах и десятках тысяч опытов, была бы просто неуместной и даже ненаучной.

<...> Штейнаху и в других случаях приходилось наблюдать явление второй старости у оперированных им животных, и он пытался предотвратить ее путем новой операции, только, конечно, иного рода, а именно пересадкой семенников другой молодой крысы. В двух случаях наблюдалось в результате «третья молодость», и в одном из них крыса прожила до 40 мес.

Важное практическое значение имеет удачная операция с перерезкой старику-крысе только одного семяпровода. При этом все же происходило омолаживание, но сохранилась и способность иметь потомство. При скрещивании такого омоложенного самца с самкой получилось вполне нормальное потомство.

И на этот раз, как и ранее, Штейнах не восстанавливается перед применением полученных на опытных животных результатов к человеку. По его указаниям хирург Лихтенштерн производит перевязку и перерезку семяпровода трем мужчинам. Остановимся на каждом из этих случаев в отдельности.

Первый оперированный — рабочий с явлениями преждевременной старости. Ему только 44 года, но он выглядит стариком, худой, слабый, утративший способность к физическому труду. Половое влечение и потенция отсутствуют уже несколько лет. Он ложится в госпиталь вследствие болей в яичках, вызываемых их водянкой. Не предупредив его об ожидаемых последствиях, Лих-

тенштерн производит двухстороннюю перевязку семяпроводов между семенником и эпидидимисом. Операция заканчивается благополучно, и через неделю оперированный больной покидает госпиталь, но наблюдение за ним продолжается. Через два месяца начинается замечательное изменение, пропадают морщины, повышается вес, малопомалу восстанавливается сила, и рабочий без труда таскает на спине по 100 кг. Волосы на голове и в особенности в паховой области растут усиленно. Появляются половое влечение и потенция. В течение года субъект прибывает в весе на 12 кг, несмотря на скудное питание военного времени — суп да овощи. Через полтора года после операции он производит впечатление сильного молодого мужчины.

Второй случай штейнаховской операции относится к 71-летнему старику, купцу. Он попадает в санаторий вследствие абсцесса левого яичка, которое и удаляется при местной анестезии; одновременно без предупреждения больного производится лигатура семяпровода в месте выхода его из эпидидимиса. Болезнь, вызвавшая операцию, явилась лишь случайным острым эпизодом в длительном процессе старения, сопровождавшемся артериосклерозом. В течение ряда лет больной страдал головокружениями, одышкой, сердечными припадками, общей легкой утомляемостью, восемь лет половое влечение совершенно отсутствовало. После операции — лихорадочное состояние продолжающееся сутки, а затем рана заживает, и через три недели больной выходит из санатория. Проходит несколько месяцев, и наступает резкое изменение в старческом состоянии, которое больной, продолжающий оставаться в неведении относительно характера сделанной ему операции, излагает в следующем письме на имя хирурга Лихтенштерна: «После заживления раны я переехал для отдыха в санаторий, и здесь, к моему величайшему изумлению, я имел однажды ночью сильную полюдию, сопровождавшуюся эротическими сновидениями. Мой аппетит вырос в настоящий голод, и теперь, при настоящих тяжелых временах, я едва могу удовлетворять требованиям желудка. В противоположность прежнему подавленному состоянию я теперь целыми месяцами нахожусь в жизнерадостном настроении. С виду я снова свежел и для своего возраста достаточно подвижен. Люди, с которыми я встречаюсь, принимают меня за 60-тилетнего и не хотят верить, что мне уже 71 год. Раньше я не мог без одышки ходить быстро и подниматься; теперь одышка почти прекратилась, и я могу ходить пешком часами. Мое страдание (обызвествление, т.е. артериосклероз), продолжавшееся целых 15 лет, по-видимому, приостановилось, обмороки исчезли, и я не чувствую себя стариком, я могу ясно мыслить, как в молодые годы, быстро и легко пишу и веду деловые разговоры. Признаком усиления организма я счи-

таю также то, что мне приходится теперь втрое чаще, чем прежде, стричься. Каждонедельные поллюции с эротическими сновидениями заставили меня возобновить нормальные половые сношения, доставляющие такое же сильное удовлетворение, как в молодости. Словом, мое состояние в высшей степени удовлетворительно, и ко мне возвратилась жизнерадостность». Со времени написания этого письма прошло еще несколько месяцев, и 72-летний автор этих строк по-прежнему находится в состоянии длительного омоложения.

Третий случай относится к 66-летнему старику, который пять лет обнаруживал резкие явления постарения: быструю утомляемость, одышку, головокружения, ослабление умственных способностей, потерю памяти — при подавленном настроении и почти полном отсутствии либидо. За полгода перед операцией у него обнаружили явления простатизма, и для выпуска мочи пришлось прибегать к катетеру. Вес упал до 53 кг при общем тяжелом состоянии. Удаление предстательной железы, как очага острого заболевания, не повело к благоприятным результатам. Вес продолжал падать, и через два месяца спустился до 48 кг. Тогда опять-таки без предупреждения больного была сделана штейнаховская операция — перевязка семяпровода с обеих сторон. Через три недели чрезвычайное улучшение общего состояния: громадный аппетит ведет к еженедельной прибавке веса по два килограмма. Через восемь недель после операции физическое и психическое состояние возвращаются к норме до старения, а старческие явления (одышка, головокружение, боли в членах) исчезают бесследно. Спустя шесть недель после перевязки появляется сильное либидо, как во времена молодости. Пациент утверждает, что уже 20 лет он не испытывал ничего подобного. В апреле 1920 г. состояние продолжает неуклонно улучшаться: вес за три месяца поднялся до 60 кг.

Нельзя не признать, что как ни эффектно описанные выше эксперименты на людях, они еще слишком малочисленны, чтобы, основываясь на них, можно было бы ввести штейнаховскую операцию во всеобщую практику. Придирчивый критик скажет, что во всех трех случаях имелось налицо специальное недомогание, которое и было устранено особой операцией, и допустимо, что именно эта операция, а вовсе не сопровождавшая ее штейнаховская вызвала общее улучшение организма. Опыты Штейнаха и впредь должны продолжаться в лабораторной обстановке с исследовательскими целями. Было бы крайне неправильно возбуждать чрезмерные надежды у стариков: они могут и обмануться, и в результате вместо пользы, омоложения, получится только вред.

Подводя итоги работам Штейнаха, мы прежде всего отметим чрезвычайно неблагоприятную особенность той области, к которой относится его последнее исследование об омоложении. К вопросу,

который представляет столь существенный жизненный интерес для стариков и которым искусный хирург может заработать кучу денег, охотно примазываются далекие от науки и охочие до наживы люди. Это сообщество замарывает в глазах толпы настоящего ученого, который работает в этой области над чисто исследовательскими вопросами. У строгих критиков, незнакомых с научными заслугами Штейнаха, может возникнуть подозрение, что сам Штейнах не чужд этой погони за легкой наживой. Именно с целью устранить такое подозрение я и счел нужным подробно остановиться в особенности на опытах Штейнаха над животными, которые всегда предшествовали практическому применению к человеку. Вся совокупность их поражает ясной логической стройностью мысли в течение более чем десятилетней исследовательской работы. Конечно, у Штейнаха, как у всякого крупного ученого, были предшественники, начиная с Броун-Секара, но упорство, с которым Штейнах посвятил свою жизнь определенной проблеме, и высокое искусство его как хирурга-экспериментатора обеспечивает за ним все права на приоритет. Пусть тот вывод, к которому пришел Штейнах, не есть абсолютная истина. Но ведь наука вовсе не есть собрание абсолютных истин; наука — искание истины, и слава тому ученому, который своими трудами расширяет наши научные горизонты и возбуждает в своих современниках стремление следовать за ним далее по намеченному им пути. И да не смущается он голосом скептиков и придиричивых критиков. Их всегда так много вокруг всякого крупного научного открытия, так как нет ничего легче, чем критиковать. Сначала яростно набрасываются на новое учение, всецело отвергая его, а потом, когда оно устанавливается, равнодушно заявляют, что в нем нет ничего нового. Именно за тот научный энтузиазм, которым проникнуты все работы Штейнаха, мы должны быть особенно признательны Штейнаху. За последнее время установился обычай, что наиболее выдающиеся ученые отмечают Нобелевской премией за свои заслуги. Было бы несправедливо, если бы Штейнах не попал в число нобелевских лауреатов.

Штейнаху ставят в вину то, что он опубликовал свои эксперименты над человеком ранее, чем накопил достаточное число этих опытов, и тем возбуждает чрезмерные ожидания в широких массах. Но не надо забывать, что подобные опыты не под силу одному ученому, одному — даже очень хорошо обустроенному — учреждению. Со времени своего первого предварительного сообщения, в котором изложен основной план исследований об омолаживании, Штейнах ждал целых восемь лет и все время вел свои затягивавшиеся на годы опыты. Война сократила и без того скромные средства его института: он остался без сотрудников, без служителя, без животных. Военный разгром

родины отнял у него всякую надежду улучшить обстановку своих работ. Трогательны заключительные слова, которыми он заканчивает изложение плана длинного ряда работ, вытекающих из его исследований. «Эта область должна разрабатываться в особом исследовательском институте для экспериментального изучения старости. Пусть более счастливые страны и города, чем моя родина, положат начало». Спрашивается, чего и сколько времени должен был ждать при таких условиях Штейнах и была ли бы такая задержка для науки полезней, чем опубликование в теперешней форме, благодаря которому дальнейшее осуществление его исследовательского плана оказалось доступным для биологов и хирургов всех стран.

Высокая оценка труда Штейнаха не останавливает меня, конечно, перед потребностью развить ряд критических соображений по поводу дальнейшей работы по осуществлению развитого им исследовательского плана и общей борьбы со старостью.

Старость не есть простое обособленное физиологическое явление. Она — сложный комплекс разнообразных физиологических процессов. Определить старость как изменение всего темпа обмена веществ в организме (причем в общем балансе ассимиляции мало-помалу все более уступает диссимиляции) — значит сказать очень мало. Такое постарение может вызываться, с одной стороны, постепенным изнашиванием частей клеточных механизмов и в таком случае организм портится от работы, подобно всякой машине, и стремление устранить старость настолько же утопично, как мечта о перпетуум мобиле. Но, с другой стороны, возможно думать, что клетки организма в числе других целесообразных приспособлений обладают также и способностью восстанавливать все утраченные части и освобождаться от результатов случайной порчи и изнашивания. В таком случае причина старости лежит, вероятно, в каких-нибудь химических воздействиях на организм — или снаружи, из внешней среды, или изнутри, от непрерывного отравления продуктами жизнедеятельности каких-либо органов, например эндокринных желез. Если верна последняя дилемма, то можно бороться со старостью и даже совсем предотвратить ее. Мы знаем, что живые клетки способны к восстановлению утраченных частей и возрождению, омолаживанию: этот процесс происходит при каждой копуляции, и зачатковые клетки со времени работ Вейсмана недаром считаются бессмертными. <...>

Однако, если мы даже признаем, что клетки высшего организма обречены на естественную старость и смерть, это вовсе не значит, что мы отказываемся от борьбы со старостью. Мы становимся на точку зрения Мечникова, согласно которому естественная старость неизбежна, но обычно наступает значительно ранее естественного преде-

ла и человек должен найти средства к тому, чтобы продлить свою жизнь до естественного конца.

Причины, вызывающие преждевременную старость, могут быть весьма различны, и притом или внутреннего, или внешнего происхождения. Извне старость могут ускорять прежде всего различные отравления и болезни. Одно из этих отравлений сам Мечников выставляет на первый план; это — засорение толстой кишки ядовитой флорой бактерий, которые выделяют в полость кишки, а, стало быть, и в кровь те или иные продукты распада, непрерывно в течение всей жизни человека отравляющие клетки тела, в особенности же наиболее чувствительные, благородные элементы организма. Для борьбы с этой причиной старости Мечников предлагает заселять толстую кишку специальной флорой, индифферентной или даже полезной для человеческого организма, в частности бактериями молочнокислого брожения, культуру которых представляет простокваша. Но, конечно, и другие вредные микробы, надолго поселяющиеся в организме и вызывающие хронические болезни, должны производить медленное отравление и постарение. Такими стареющими микробами являются, например, сифилитическая спирохета, вызывающая часто замену благородных клеток *iswga* неблагородной соединительной тканью, как при постарении; или плазмодий малярии, который при хронической лихорадке сильно изнашивает организм и вызывает старческие явления. Сюда же могут быть отнесены и медленные отравления различными минеральными ядами — как ртуть, свинец и т.п., равно как изнашивание организма под влиянием алкоголизма, морфинизма и прочих наркотиков, и, наконец, влияние психических воздействий, которые точно так же приходят извне и часто сушат, старят человека хуже малярии и алкоголя. Немалое влияние на ускорение старости оказывают далее недостатки питания, в особенности качественные, и последнее годовое время — военное и революционное — в массах населения дало особенно много молодых по возрасту стариков.

<...> Штейнаховский метод омоложения основан, как мы видели, именно на воздействии на пубертатную железу и вероятно, является лишь одним из нескольких теоретически возможных способов воздействовать на возраст через эндокринные железы. Но при таких опытах всегда надо помнить, что все железы внутренней секреции тесно связаны между собой и легко можно попутно вызвать вредное изменение какой-нибудь иной железы, о которой экспериментатор и не думал. А так как связь между эндокринными железами до сих пор еще далеко не разъяснена наукой, то при опытах с воздействием на те или иные железы требуется величайшая осторожность, нужны самые тщательные и длительные наблюдения над последствиями каждой операции.

Но эндокринные железы связаны не только между собой, а также и с нервной системой. Многие из них могут быть прямо названы частями нервного аппарата. Это очень ясно и по отношению к половым и пубертатным железам. Человек резко отличается от животных тем, что он может управлять своим половым аппаратом одной психикой. Мы не крысы, и близость женщины у нормального владеющего собой мужчины сама по себе может оставлять его холодным. Нередко половое влечение у нормального мужчины может долгие годы казаться совершенно подавленным, но внезапно проявляется при каких-либо психических переживаниях. Оттого-то Броун-Секар и Штейнах так опасались предупредить своих пациентов о возможном влиянии на них предпринятых мер для устранения полового бессилия: они опасались, что одна надежда на излечение окажет полное воздействие.

Итак, психика наряду с предохранением от заражения организма микробами и другими медленно действующими ядами, наряду со штейнаховскими операциями и другими воздействиями на различные железы внутренней секреции может, вероятно, также путем воздействия на эти железы, вести к омоложению организма. Старость может быть охарактеризована не только в терминах физиологических, но и в терминах психических, как сознание упадка сил, сопряженное с разнообразными старческими настроениями. Эти настроения (т.е., конечно, соответствующие состояния мозга во всей нервной системе) отражаются на состоянии пубертатной и других эндокринных желез и вызывают и отсутствие половой потенции и потерю веса и остальные физиологические проявления старости. Обратное, подъем духа влечет за собой остановку в развитии физиологических признаков старости, омоложение организма. Недаром практическим вопросом о старости и омоложении занялся известный психолог Джеймс. В Америке работает немало практических врачей и гипнотизеров, внушающих своим пациентам молодость.

Но люди высоких духовных сил, умеющие держать в узде свои настроения и свои эндокринные железы, не нуждаются ни в гипнотизерах, ни в хирургии для операций Штейнаха. Особенно часто мы видим, что глубокие мыслители и ученые достигают преклонных лет, сохраняя до самой старости ясность ума и способность работать — психическую молодость. Для таких молодых стариков источником их вечной молодости их постоянного омоложения является наука, искание истины. Каждый шаг вперед на этом пути дает глубокое удовлетворение и в то же время не позволяет останавливаться, открывая новые горизонты, создавая новые планы дальнейших исследований. Для таких ученых работа Штейнаха будет новым омоложивающим импульсом, так как они увидят в ней новую победу пытливого ума человека, залог будущих, еще более блестящих побед.

В поисках «фонтана юности»

В.Н.Анисимов,

доктор медицинских наук,

Научно-исследовательский институт онкологии им.Н.Н.Петрова

Санкт-Петербург

*Наш век недолог. Нас немудрено
Прельстит перелицованным старьем.
Мы верим, будто нами рождено,
Все то, что мы от предков узнаем.*

В.Шекспир. 123-й сонет

Мечта о вечной юности и индивидуальном бессмертии до сих пор не оставляет не только обычных обывателей — как последователей Христа и Магомета, так и атеистов, — но и серьезных ученых. Они строили гипотезы о возможности преодоления видового предела жизни и даже отмены старения.

Одним из пионеров в поиске путей продления жизни был великий И.И.Мечников. Согласно его представлению, в ходе эволюции признак, имевший сначала адаптивное значение, впоследствии в результате возникающих побочных эффектов или из-за изменений условий существования может стать источником вредных воздействий на организм, что в конечном счете приводит к дисгармонии в работе организма, к болезням и старению.

Мечников полагал, как пишет Н.К.Кольцов в публикуемой ниже статье, что старение происходит вследствие хронического отравления ядами: «Весьма вероятно, что естественная смерть также сводится к отравлению — только не чуждыми организму бактериями, а самими элементами нашего тела». Аналогом такого самоотравления может служить повреждение клеток свободными радикалами, считающимися сейчас одной из главных причин старения, т.е. Мечников был

недалек от истины. Для увеличения продолжительности жизни он предлагал употреблять кисломолочные продукты (йогурт и т.п.), угнетающие деятельность гнилостных бактерий, даже предлагал удалять толстую кишку. В свою интегральную программу борьбы с преждевременным старением он включал гигиенические меры, а в перспективе — изменение природы человека и общественного устройства. Сегодня оно может оказаться одним из наиболее вероятных способов увеличения продолжительности жизни — использование методов генной инженерии, что и есть «изменение природы человека». Без всякого сомнения, как практические, так и теоретические работы Мечникова заложили основы современной геронтологии.

Другое направление продления жизни (в конце XIX и в начале XX в.) основывалось на очевидной связи между здоровьем и половой активностью: считалось, что стимуляция половой функции может привести к удлинению жизни. Возникновение интереса к этому методу связано с именем французского физиолога Ш.Брун-Секара (1818—1894). После опытов на животных он вводил себе вытяжки из семенников собак и кроликов и утверждал, что помолодел на 30 лет. В дальнейшем это направление продолжил известный австрийский хирург Э.Штейнах (1861—1944). Он стимулировал функции се-

менников хирургическим путем (пересаживая их животным). Об этих опытах и рассказывает статья выдающегося русского биолога Н.К.Кольцова «Опыты Штейнаха по омоложению организма».

Штейнах полагал, что старение связано с угасанием половой активности и атрофией половых органов. Он также усматривал сходство кастрации с рядом других симптомов старости: с меньшей живостью и подвижностью, с упадком сил и т.д. С другой стороны, указывал на омолаживающий эффект, который оказывает на весь организм пересадка гонад. Еще в 1912 г. Штейнах получил свои первые результаты по омоложению старых крыс путем пересадки старым животным гонад молодых самцов. Поскольку конечной целью была применимость такого подхода к человеку, Штейнах разработал другой метод, который заключался в перевязке и перерезке семенного протока.

Нормальная продолжительность жизни крыс, на которых проводил свои опыты Штейнах, не превышала 30 мес. Уже в возрасте 18—23 мес у животных начинали проявляться признаки старости. Семенные протоки крысам перевязывали по достижении 26—28 мес. Уже через две-три недели у оперированных самцов появлялось активное половое поведение, отращивался новый густой и блестящий мех, увеличивался аппетит и вес

тела. Отдельные особи доживали до 36 мес, тогда как в контрольной группе самцы погибали не позже 28 мес. Таким образом, увеличение максимальной продолжительности жизни достигало 25%, а период активности возобновлялся и продолжался в течение 5–7 мес. Важно, что эффект омоложения наблюдался и тогда, когда перевязывали лишь один выводной проток. При этом у крыс восстанавливалась способность не только к копуляции, но и к воспроизведению потомства.

Попытки Штейнаха вызвать омоложение самок крыс путем перевязки в разных местах яйцеводов не дали эффекта омоложения. Успех был достигнут при пересадке старым самкам яичников молодых четырехмесячных самок в начале их первой беременности: помимо внешних признаков омоложения восстанавливалась и способность к деторождению. У таких самок рядом с трансплантированными яичниками оставались их собственные. Штейнах описывает один случай, когда самка, не рожавшая уже в течение года и прооперированная в возрасте 26 мес, принесла пять детенышей, которых благополучно выкормила; она умерла в возрасте 36,5 мес, пережив контрольную самку на 8 мес.

После того как Штейнах убедился в эффективности своего метода на животных, он счел возможным приступить к операциям на человеке.

Полученные Штейнахом результаты подвигли многих использовать его метод для омоложения пожилых людей. В ряде случаев такие попытки были успешны, однако часто эффект был сомнительным или даже наступало ускорение одряхления. Независимо от Штейнаха идею Броун-Секара об омоложении путем пересадки гонад развивал наш соотечественник Серж Воронов. Именно он стал прообразом профессора Преображенского в романе Булгакова «Собачье сердце». Книга

Воронова «Vivre. Etudes des moyens de relever l'énergie vitale et de prolonger la vie» вышла в Париже в 1920 г., т.е. одновременно с работой Штейнаха. Воронов сообщал о 120 опытах по пересадке половых желез в целях возвращения кастратам мужской силы и физических признаков маскулинизации или же для омоложения стариков. Сначала он экспериментировал на животных (пересаживал яички от молодых старым). Экстраполируя результаты этих опытов на человека, Воронов рисовал заманчивые картины омоложения людей и критиковал законы, не позволяющие использовать для этой цели свежие органы погибших от несчастных случаев. Воронов полагал, что в недалеком будущем врачи получат право на трансплантацию органов, а пока же указывал на возможность пересадки желез от человекообразных обезьян.

Неожиданным напоминанием о работах Штейнаха стали результаты, полученные в 2003 г. американскими исследователями под руководством Дж.Кари [1]. Самкам мышей СВА, овариоэктомированным в трехнедельном возрасте, трансплантировали яичники от двухмесячных мышей той же линии. Яичники, пересаженные самкам в возрасте 11 мес, увеличивали продолжительность их жизни на 60% по сравнению с кастрированными мышами. Напротив, по отношению к контрольным мышам, овариоэктомированным в возрасте 11 мес, оставшаяся продолжительность жизни только незначительно увеличивалась у мышей, которым яичники трансплантировали в возрасте 5 или 8 мес. У 11-месячных мышей линии СВА овуляторная функция яичников обычно уже прекращается, тогда как пересадка в этом возрасте яичников увеличивает продолжительность их жизни. Что особенно важно, реципиенты, которым яичники трехнедельных мышей пересаживали в 11-месячном

возрасте, сохраняли циклическую (хотя и не в полной мере) эстральную функцию еще в течение длительного времени, что почти на 200 дней превысило срок прекращения эстральных циклов у самой долго циклировавшей самки из контрольной группы.

Таким образом, в этом опыте яичники молодых неполовозрелых самок увеличивали как репродуктивную, так и соматическую продолжительность жизни мышей-реципиентов. Эта же группа в повторном опыте подтвердила наблюдения и даже расширила их, показав, что трансплантация яичников кастрированным 11-месячным самкам также увеличивает среднюю продолжительность жизни реципиентов [2]. Авторы полагают, что молодые яичники оказывают защитное действие на организм, особенно старых мышей. Однако механизм такого эффекта остается неясным. Можно предположить, что овариоэктомию в трехнедельном возрасте увеличивает чувствительность гипоталамо-гипофизарной системы к эстрогенам пропорционально времени после операции. Поэтому пересадка яичников 11-месячным самкам эффективнее восстанавливает гомеостатическую регуляцию репродуктивной системы и, соответственно, эстральную функцию, чем при трансплантации яичников в возрасте 5 или 8 мес. Определенную роль в этом может сыграть восстановление нормальных взаимоотношений между гормонами яичника (эстрогенами и прогестероном) и инсулиноподобным фактором роста-1 (IGF-1), участие которого в долголетию продемонстрировано в многочисленных исследованиях. При пересадке яичников от молодых самок старым, у которых отсутствовала овуляция (эструс), трансплантированные яичники теряют способность к овуляции — у животных состояние постоянного эструса сохраняется. Напротив, у моло-

дых крыс пересаженные от старых самок яичники обеспечивают овуляторный цикл [3].

Интересно, что о работах Штейнаха напоминают совсем недавние наблюдения Ю. Никура и соавторов [4], изучавших влияние парабиоза молодых (2 мес) самок с самцами такого же или 24-месячного возраста. Парабиоз молодых самок и самцов проявлялся в увеличении степени обратного развития фолликулов без изменения их числа в яичниках. Неожиданно для авторов парабиоз молодых самок с 24-месячными самцами существенно увеличивал число первичных фолликулов в яичниках парабионтов-самок.

Итак, прошло 90 лет со времени публикации книг Штейнаха и Воронова. Эндокринология и трансплантология совершили огромный рывок в своем развитии. Выделены в чистом виде и синтезированы половые гормоны, кортикостероиды, рилизинг-гормоны, мелатонин многие другие. Вошли в практику и стали обычными пересадки

почек, сердца, печени и других органов. В какой мере работы Штейнаха, Воронова и их последователей нашли свое подтверждение в современной геронтологии? Понятно, что Штейнах мог только предполагать существование половых гормонов, оказывающих омолаживающий эффект на старых. Ведь первые половые гормоны в чистом виде выделили лишь в 30-х годах прошлого века.

Затем в ходе изучения их влияния на продолжительность жизни установили, что некоторые эстрогенные препараты (хлоротрианизен и према-рин) в сравнительно малых дозах (0.05–0.07 мг/кг) существенно увеличивали выживаемость крыс, а в больших дозах (0.7–2 мг/кг) оказывали противоположный эффект [5]. В механизме геропротекторного действия половых гормонов существенное значение может иметь их угнетающее влияние на аппетит и рост.

Немаловажная роль принадлежит влиянию малых доз эс-

рогенов на возрастную динамику гормонально-метаболических изменений в организме. В экспериментах на нематодах *C.elegans* удалось показать, что стероидный гормон прегненолон при добавлении в питательную среду в концентрациях от 7.5 до 60 мкг/мл⁻¹ увеличивал продолжительность жизни червей на 10–15% [6]. Механизм такого эффекта прегненолона до сих пор не ясен. Поскольку его обнаружили в нервных клетках нематод, предполагается, что прегненолон участвует в физиологических процессах нейронов.

В последние годы вмешательство в процесс старения привлекает все большее внимание научной и ненаучной общественности. Издается большое число научных и научно-популярных книг и журналов, раскрывающих секреты долголетия. Проводятся конференции и конгрессы, посвященные антистарению, а в России проходят ежегодные научные конференции по антивозрастной медицине. ■

Литература

1. Cargill S.L., Carey J.R., Muller H.-G., Anderson G. Age of ovary determines remaining life expectancy in old ovariectomized mice // *Aging Cell*. 2003. V.2. P.185–190.
2. Mason J.B., Cargill S.L., Anderson G., Carey J.R. Transplantation of young ovaries to old mice increased life span in transplant recipients // *J. Gerontol. Biol. Sci.* 2009. V.64. P.1207–1211.
3. Ashbeim P. Aging in the hypothalamic-hypophyseal-ovarian axis in the rat // *Hypothalamus, Pituitary, and Ageing* / Eds Everitt A.V., Burges J.A. Springfield, 1976. P.376–418.
4. Niikura Y., Niikura T., Wang N. et al. Systemic signals in aged males exert potent rejuvenating effect on the ovarian follicle reserve in mammalian females // *Aging* (Atlanta, N.Y.). 2010. V.2. P.999–1003.
5. IARC Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risk of Chemicals to Humans. V.21: Sex Hormones (II). Lyon, 1979.
6. Broue F., Liere P., Kenyon C., Baulieu E.-E. A steroid hormone that extends the lifespan of *Caenorhabditis elegans* // *Aging Cell*. 2002. V.6. P.87–94.

Новости науки

Организация науки

VII Европейский конгресс Международной ассоциации геронтологии и гериатрии

14–17 апреля 2011 г. в Болонье (Италия) состоялся VII Европейский конгресс Международной ассоциации геронтологии и гериатрии, МАГГ. Этот научный форум, который проходит один раз в четыре года в различных странах Европы (VI конгресс МАГГ состоялся впервые в нашей стране, в Санкт-Петербурге), — важное научное, социальное и политическое событие, предоставляющее уникальную возможность для междисциплинарного диалога представителей фундаментального и клинического направлений, врачей общей практики, социальных работников и политиков в области геронтологии и гериатрии. Цели и задачи конгресса выражены в его девизе: «Здоровое и активное старение для всех европейцев».

В работе VII конгресса приняло участие более 1700 ведущих ученых из 77 стран мира. 14 апреля 2011 г. на торжественной церемонии открытия с пленарными лекциями выступили: президент МАГГ Б. Веллас, Президент Европейского регионального отделения МАГГ (ЕРО МАГГ) Ж.-П. Байенс, президент Геронтологического общества Италии Н. Маркионни и представитель Европейской комиссии по охране здоровья и прав потребителей Дж. Антунес. Затем были вручены награды «За выдающиеся достижения в изучении старения и вклад в развитие геронтологической науки в Европе». Медали и почетные дипломы получили ведущие европейские ученые по трем номинациям: по биологии

старения — профессор В.Н. Анисимов, президент Геронтологического общества РАН, руководитель отдела канцерогенеза и онкогеронтологии НИИ онкологии им. Н.Н. Петрова (Санкт-Петербург, Россия); по клинической геронтологии — почетный президент ЕРО МАГГ, профессор Пармского университета М. Пассери (Италия); по социальной геронтологии — профессор А. Уокер — эксперт по социальной политике и социальной геронтологии университета г. Шеффилда (Великобритания).

В ходе работы конгресса состоялось 92 симпозиума, 14 пленарных докладов и 26 программных



лекций, включавших обширный круг вопросов по социальным, биологическим и клиническим аспектам старения. На специальном симпозиуме «Механизмы регуляции старения» обсуждались вопросы профилактики преждевременного старения и увеличения продолжительности активной жизни человека. Доклад В.Х. Хавинсона был посвящен изучению механизмов действия пептидов на организм человека, а также применению пептидных препаратов для восстановления функций организма и продления активного долголетия, развитию концепции пептидной регуляции продолжительности жизни

и разработке эффективных геронтопротекторных средств. В лекции С. Раттана (Дания) были представлены результаты исследований влияния гормезиса на увеличение продолжительности жизни и возрастных изменений в организме человека. В работе симпозиума также приняли участие И.Афанасьев (Португалия), Т.Лежава (Грузия) и О.В. Коркушко из Института геронтологии АМН Украины, который рассказал о применении пептидов пинеальной железы.

В междисциплинарном симпозиуме «Медицина антистарения: от мифов к практике», в котором приняли участие члены Исполкома ЕРО МАГГ из Бельгии, Великобритании, Германии, Италии, России, Франции, специализирующиеся в области биogerонтологии, клинической и социальной геронтологии.

Рассматривались также проблемы эпидемиологии старения и механизмов старения. Интерес участников конгресса вызвали доклады московских ученых А.А. Болдырева и В.Ф. Семенкова.

На заседании Совета МАГГ был избран новый состав Исполнительного комитета, президентом Европейского регионального отделения Международной ассоциации геронтологии и гериатрии впервые в истории стал российский ученый, директор Санкт-Петербургского института биорегуляции и геронтологии СЗО РАМН член-корреспондент РАМН В.Х. Хавинсон. Это событие (так же, как и присуждение награды ЕРО МАГГ В.Н. Анисимову) свидетельствует о признании мирового уровня достижений российской науки в области геронтологии и гериатрии.

В последний день работы конгресса была принята декларация о правах человека в отношении



Организация науки

Как сравниться с Эйнштейном?

Повсеместно используемый наукометрический показатель активности ученого — *h*-индекс, предложенный Хорхе Хиршем в 2005 г. Это количественная характеристика, основанная на общем числе публикаций отдельно взятого исследователя и частоте их цитирования. Ученый имеет индекс *h*, если *h* из его N_p статей цитируются как минимум *h* раз каждая, в то время как оставшиеся ($N_p - h$) статей цитируются не более чем *h* раз каждая. Индекс Хирша представлен во многих реферативных базах данных, например Web of Science, SPIRES, SCOPUS. Кроме того, *h*-индекс легко рассчитать, используя общедоступные интернет-ресурсы, такие как Google Scholar.

Астрофизик из Принстонского университета Дж.Р.Готт (J.R.Gott), обратившись к электронной базе данных SAO/NASA Astrophysics Data System (ADS), проанализировал статистику цитирований в физике и астрономии¹ и пришел к выводу, что его индекс Хирша выше, чем у Альберта Эйнштейна: 46 против 27. Сам Готт считает, что любой индекс, по которому он опережает Эйнштейна, заведомо не оптимален. В частности, он подвергает критике *h*-индекс за то, что при его расчете не принимается во внимание индивидуальный вклад отдельного ученого в проработанную работу, отраженную в публикации. Другими словами, в «многоавторских» статьях индекс Хирша уравнивает всех авторов — как если бы каждый из них написал данную работу самостоятельно. Чтобы обойти этот недостаток, можно или учитывать очередность авторов, подчеркивая «первоавторский» статус, или попросту дробить авторский вклад поровну между всеми исследователями (нормированное цитирование). Кроме того, по мнению Готта, некоторые ученые настолько известны, что зачастую проще и удобнее упомянуть их имя в аннотации

¹ *Gott J.R. III // Phys. Today. 2010. V.63. №11. P.12.*

или названии статьи (например, в словосочетаниях «кольца Эйнштейна» или «постоянная Хаббла»), чем отсылать читателя к оригинальным работам (скрытое цитирование).

Основываясь на этих соображениях, Готт предлагает ввести в обиход так называемый *E*-индекс, пропорциональный общему числу цитирований, которое, в свою очередь, рассчитывается как сумма половины «первоавторских» цитирований, половины нормированных цитирований, упоминаний имен в аннотациях к публикациям и ссылок на имена непосредственно в заглавиях статей (отметим, что все эти функции легко реализуются в современных поисковых машинах). Согласно базе данных ADS, на 1 января 2010 г. Эйнштейн имеет 71 444 цитирования. Готт вводит единицу цитирования «миллиЭйнштейн» (мЕ), равную 71.4 цитирования. Так, например, *E*-индекс Ферми оказывается равным 1277 мЕ, самого Эйнштейна — 1000 мЕ (по определению), Хаббла — 815 мЕ, Ландау — 657 мЕ... Готт считает целесообразным использовать предложенный им *E*-индекс наряду с уже устоявшимся индексом Хирша для более полной и правильной оценки научной продуктивности физиков и астрономов XX и XXI вв. В общем, и в наукометрии нет предела совершенству.

<http://perst.ispp.ras.ru> (2010. Т.17. Вып.24).

Астрофизика

Фуллерены в космосе

Впервые фуллерены в космосе были обнаружены летом 2010 г. с помощью космического телескопа «Spitzer» — в спектрах планетарной туманности Тс 1 ученые из Канады и США² идентифицировали молекулы C₆₀ и C₇₀ [4]. Молекул, содержащих водород, они не нашли. По мнению авторов этой работы, условия в туманности были идеальны для образования фуллеренов, так как именно наличие или отсутствие водорода в среде, бога-

² *Cami J. et al. // Science. 2010. V.329. P.1180.*

граждан пожилого возраста: «VII Европейский конгресс МАГГ активно поддерживает принципы прав человека и их применение в отношении людей всех возрастов. ЕРО МАГГ поддерживает работу Организации Объединенных Наций по подготовке Конвенции о защите прав пожилого человека и считает, что ЕРО МАГГ должно вынести свое положительное решение по этому важному вопросу».

Сегодня, когда вопросы демографии, снижения смертности и сохранения здоровья рассматриваются наряду с общемировыми политическими проблемами, прошедший конгресс безусловно стал знаковым событием для всего мирового научного сообщества и отразил возрастающую роль России в этом вопросе. Знаменательно, что в канун его проведения издательством МАИК «Наука/Interperiodica» совместно с издательством «Springer» выпущен из печати первый номер журнала «Advances in Gerontology», содержащий переводы на английский язык статей из журнала «Успехи геронтологии», издающегося с 1997 г. Геронтологическим обществом при РАН.

Следующий Европейский конгресс МАГГ решено провести в 2015 г. в Дублине (Ирландия).

© **О.Н.Михайлова**,
кандидат биологических наук
Санкт-Петербургский институт
биорегуляции и геронтологии
СЗО РАМН

той углеродом, определяет, какие молекулы могут быть сформированы — ароматические углеводороды или фуллерены. Но оказалось, что в космосе свои законы.

Новые данные на эту тему недавно опубликовали сразу две группы исследователей¹. Особый интерес представляет то, что они нашли фуллерены в богатых водородом туманностях. С помощью того же телескопа с ИК-спектрографом эти коллективы ученых выяснили: водород не помеха для рождения фуллеренов — они могут образоваться наряду с полициклическими ароматическими углеводородами. Вместе с ними и обнаружили C₆₀ ученые из Испании, США и Польши в четырех планетарных туманностях — в трех (M 1-20, M 1-12, K 3-54), принадлежащих нашей Галактике, и в одной (SMF SMCC 16) из Малого Магелланова Облака. Впервые фуллерены найдены за пределами Млечного Пути! Малое и Большое Магеллановы Облака — карликовые галактики, наши ближайшие соседи, — окружены общей оболочкой из нейтрального водорода и видны невооруженным глазом в Южном полушарии, поэтому по ним еще в древности ориентировались мореплаватели. Использовали их и участники экспедиции Магеллана во время первого в мире кругосветного путешествия; после гибели великого путешественника в 1521 г. Облака назвали в его честь. Сейчас в них, на радость астрономам, наблюдается бурный процесс рождения звезд.

Расстояние до Малого Облака хорошо известно — 61 кпс (примерно 200 тыс. св. лет). Это дает уникальную возможность оценить общую массу фуллеренов. Д.А.Гарсия-Фернандес с коллегами рассчитали, что в SMF SMC 16 она равна $5.44 \cdot 10^{-7}$ солнечных масс, или $\sim 10^{24}$ кг, что всего в шесть раз меньше массы Земли. От общего количества углерода в туманности это составляет 0.32%. Таким образом, данная группа ученых представила свидетельство рождения

¹ Garcia-Hernandez DA. et al. // *Astrophys. J.* 2010. V.724. P.139; Sellgren K. et al. // *Ibid.* P.154.

фуллеренов в околозвездной или межзвездной среде, содержащей водород. По их мнению, фуллерены формируются в ходе эволюции углеродистых соединений на поверхности частиц межзвездной пыли. Сначала при наличии водорода образуется гидрогенизированный аморфный углерод. Затем сложные фотохимические процессы с участием УФ-излучения звезд приводят к его преобразованию в полициклические ароматические углеводороды и фуллерены, молекулы которых гораздо прочнее первых и могут жить дольше. Вероятно, поэтому в спектрах Tc 1 есть только фуллерены. Это означает, что водород не только не мешает рождению фуллеренов, а наоборот, необходим для образования их предшественника. Конечно, как именно происходят эти превращения, пока неясно. Чтобы разгадать все загадки, нужны не только астрономические наблюдения, но и исследования фотохимических процессов в земных лабораториях.

Авторы другой работы — К.Селгрэн с сотрудниками — зарегистрировали C₆₀ в двух отражательных туманностях — NGC 2023 в созвездии Ориона (рядом со знаменитой туманностью Конская голова) и NGC 7023 (туманность Ирис) в созвездии Цефея. В отличие от планетарных туманностей, которые формируются вокруг остатка звездного ядра в процессе эволюции звезды, отражательные — это газово-пылевые облака, подсвечиваемые звездами. Звезды могут быть и в облаке, и рядом с ним. Например, в центре туманности Ирис находится молодая горячая звезда на стадии формирования. Основной цвет туманности голубой, так как он рассеивается более эффективно.

Новые работы продемонстрировали, что обнаружить фуллерены можно в самых разных областях космоса. Фуллерены найдены не только в нашей Галактике, но и в соседней. Они появляются и в межзвездной среде около молодых звезд, и в оболочке угасших звезд. Возможно, эти открытия приведут к изменению современ-

ных представлений о химических процессах в околозвездной и межзвездной средах и о способах синтеза фуллеренов.

<http://perst.issp.ras.ru> (2010. Т.17. Вып.24).

Химия

Топливные элементы с углеродными нанотрубками

Топливные элементы — перспективные источники энергии для электромобилей будущего. Однако в существующих конструкциях этих устройств используются катализаторы на основе редких и дорогих металлов (например, платины, палладия и родия), что делает их непригодными для массового производства. Группа исследователей под руководством Л.Дай (L.Dai; Университет Западной резервации в Кливленде, штат Огайо, США) обнаружила, что в качестве катализатора можно использовать углеродные нанотрубки, обработанные водным раствором полидиаллилдиметиламмония хлорида. После выдержки нанотрубок в этом растворе в течение 2 ч полимер покрывает их поверхности и создает на них положительный заряд.

На катоде щелочного топливного элемента, куда помещают такие нанотрубки, их положительно заряженные поверхности действуют как катализаторы электрохимического окисления водорода кислородом. При этом генерируется электрический ток.

При испытаниях новые топливные элементы развивали такую же мощность, как и стандартные на основе платины, но стоили в сотни раз дешевле. К тому же активированные катализаторы на основе углерода отличаются от платиновых более продолжительным сроком эксплуатации и более высокой химической устойчивостью. Так, у углеродных нанотрубок с полимером на поверхности не снижается со временем каталитическая активность, а значит, и эффективность, на них не действует такой каталитический яд, как окись углерода. В отличие от пла-

тиновых катализаторов, они не подвержены ингибированию метанолом, жидким топливом, которое проще хранить и транспортировать, чем водород.

Новый процесс основан на более ранней работе этих исследователей. В ней в качестве катализаторов использовались углеродные нанотрубки с внедренными в их структуру атомами азота, химически связанными с углеродом и тоже создающими на поверхности положительный заряд. В испытаниях таких катализаторов топливные элементы генерировали втрое большую мощность по сравнению с платиновыми.

Обработка раствором полимера гораздо проще и дешевле, чем синтез углеродных нанотрубок с примесью азота. Исследователи надеются, что в будущем им удастся еще больше увеличить электрическую мощность новых элементов.

Journal of the American Chemical Society, 2011; doi: 110317101957076

Физиология

Пищеварение речного бобра

Речной бобр (*Castor fiber*) питается исключительно вегетативными частями растений, что необычно для белкообразных грызунов, к которым он относится. Содержание волокнистых элементов в его рационе такое же, как у высокоспециализированных в этом отношении травоядных млекопитающих, жвачных и зайцеобразных. Основной корм бобра зимой — древесные растения, весной и летом — водная растительность. Ежедневно *C.fiber* потребляет 300–400 г сырой клетчатки, по крайней мере половина которой усваивается.

Коллектив исследователей из Института проблем экологии и эволюции им.А.Н.Северцова РАН (Москва) провел комплексные исследования, выявившие основные морфофункциональные и микробиологические адаптации речного бобра к потреблению грубых кормов. Однокамерный железистый желудок бобра уникален — он «оснащен» большой желудочной же-

лезой толщиной около 2 см. Высокая кислотность (рН до 1) обеспечивает частичную мацерацию (от лат. *maseratio* — размягчать, размачивать) грубого корма, облегчающую доступ кишечной микрофлоры к структурным углеводам.

Благодаря особому строению пищеварительного тракта (наличие изолированных камер и мускульных «кармашков») пищевой комок на отдельных участках может застаиваться, что увеличивает длительность ферментации. В слизистой оболочке некоторых отделов кишечника сформированы микрокамеры — «убежища» для связанных с эпителием бактерий, предохраняющие их от вымывания. Численность бактерий в пересчете на массу пищевого комка — важная характеристика активности микробиоты. У бобра этот показатель очень высок — в слепой кишке, например, он почти в 1000 раз выше, чем у водяной полевки, также питающейся растительной пищей. Среди бактерий выделены представители рода *Flavobacterium* — по-видимому, высоко специфичные для бобра, поскольку до сих пор не были обнаружены в микрофлоре других видов грызунов. По мере продвижения по пищеварительному тракту в результате деятельности симбионтов происходит уменьшение размеров волокон пищи.

Итак, благодаря деятельности специфической кишечной микрофлоры и морфофункциональным особенностям пищеварительной системы, речной бобр способен, как жвачные животные, переваривать до 82% клетчатки.

Успехи современной биологии. 2010. Т.130. №1. С.80–87 (Россия).

Орнитология

Залеты сибирских видов воробьиных птиц в Европе

Многие виды птиц ежегодно летят из Сибири на зимовку в европейские регионы. Среди них встречаются мигранты, оказавшиеся в Европе, казалось бы, случайно, так как обычные районы их зимнего обитания — субтропики и тропи-

ки Южной и Юго-Восточной Азии. Регистрация залетных птиц ведется с XIX в. на орнитологических станциях и специалистами-орнитологами по всей Европе. Их отчеты свидетельствуют, что численность случайных мигрантов из Сибири в осенне-зимнее время неуклонно растет. Подтверждение массовости залетов корольковой пеночки и зарнички может служить основанием для исключения этих видов из списка редких в Британии и отнесения их в разряд «малочисленных мигрантов».

Сотрудник Зоологического института РАН (Санкт-Петербург) В.А.Паевский проанализировал опубликованные сведения о залетах в Европу 10 видов сибирских воробьиных птиц (забайкальско-го, зеленого и степного коньков, зарнички, бурой, толстоклювой и корольковой пеночек, белошальной овсянки и дроздов — оливкового и Науманна) и попытался объяснить причину массовости этого явления. В странах Западной Европы в течение последних 40–60 лет наиболее многочисленными из случайных мигрантов были зарничка, корольковая пеночка и степной конек, вторыми по численности — бурая и толстоклювая пеночки, а наиболее частыми местами их встреч оказались морские побережья и прилегающие к ним территории.

Залеты сибирских видов птиц в европейскую часть России и в Западную Европу существовали издавна, и рост случаев их регистрации, несомненно, отчасти можно объяснить увеличением числа орнитологов — как профессионалов, так и любителей, наблюдающих птиц. Однако изменение количества залетных птиц может быть вызвано и другими причинами. Во-первых, особой синоптической обстановкой — в ряде случаев перенос больших воздушных масс в западном направлении совпадает с появлением большого количества залетных птиц различных видов, вероятно, дрейфующих по ветру. Во-вторых, неориентированным расселением молодых птиц. В третьих, птицы могут сами, без внешнего стимула, изменить

направление движения на противоположное.

Не умаляя значения первых двух причин, Паевский склоняется к тому, основная — третья, и именно она объясняет увеличение количества случайных мигрантов на европейской территории. Если предположить, что на глаза человеку попадается хотя бы одна из 100 залетевших птиц, то ежегодное обнаружение в Европе около 100 корольковых пеночек свидетельствует о пребывании здесь не менее 10 тыс. особей этого вида. Такое количество птиц — это уже хоть и небольшая, но часть популяции. Массовость и регулярность залетов, их строгая приуроченность к осеннему миграционному периоду и случаи нормальной зимовки этих видов в Европе привели Паевского к неожиданному выводу: залеты сибирских видов воробьиных птиц могут быть результатом сбоя их миграционной программы. Такой сбой, вероятно, эволюционно необходим для поиска и освоения новых мест зимовки для части популяций.

Русский орнитологический журнал. 2011. Т.20. Вып.632. С.295–299 (Россия).

Экология

Расселение брусники животными на юге Дальнего Востока

Среди дикорастущих ягодных растений, распространенных на Дальнем Востоке, ведущее место по занимаемой площади (около 50%) и промысловой значимости занимает брусника. Ее ягоды созревают в конце августа — сентябре и могут сохраняться под снегом до весны следующего года. Это растение — массовый и доступный корм для многих птиц и млекопитающих на протяжении почти круглого года.

Сотрудники Биолого-почвенного института ДВО РАН и Дальневосточного НИИ лесного хозяйства В.А.Нечаев и А.А.Нечаев составили подробный список животных, питающихся брусникой на юге Дальнего Востока. Различными частями этого кустарничка

(побегами, цветами и ягодами) кормятся млекопитающие 20 видов (от грызунов до хищных) и птицы 36 видов. В рационе некоторых птиц (белой куропатки, рябчика, среднего кроншнепа, кукушки, двух видов свиристелей и четырех видов дроздов) доля брусники составляет от 20 до 100%. Многие из этих птиц не только сами питаются брусникой, но и выкармливают ею птенцов.

Брусника — зоохорное растение, ее семена не разрушаются в пищеварительном тракте животных и распространяются ими на многие километры. Из млекопитающих наиболее эффективные «сеятели» брусники — бурые медведи, которые потребляют ягоды на протяжении почти всего сезона активности и способны совершать длинные переходы. Однако более всего влияют на распространение брусники птицы. Именно они способствуют естественному возобновлению этого растения на гарях и вырубках. Только благодаря птицам (вероятнее всего, врановым и дроздам) брусника проникла на острова вулканического происхождения в северной и средней частях Курильского архипелага.

Бюллетень МОИП. Отд. Биол. 2010. Т.115. Вып.3. С. 22–27 (Россия).

Охрана природы

Резервная популяция азиатской дикуши в Западной Сибири

Азиатская дикуша (*Falci-pennis falci-pennis*) — похожая на рябчика птица семейства тетеревиных, эндемик Дальнего Востока России. Ее численность неуклонно снижается, поэтому она внесена в Красный список МСОП и Красную книгу России. Для сохранения вида сотрудники Института систематики и экологии животных СО РАН (ИСиЭЖ) и Новосибирского зоопарка В.А.Шило и С.Н.Климова пытаются создать новую, по замыслу — резервную, популяцию *F.falci-pennis* за пределами ее ареала. Для этих целей в питомнике Карасукского стационара ИСиЭЖ (Новосибирская обл.) были разработаны

методы содержания и размножения дикуш. Выращенных в питомнике птиц выпускали на охраняемый таежный участок в Маслянинском р-не, в 600 км от питомника.

По разнообразию местообитаний (брачных, гнездовых, выводковых, нагульных и зимних) резерват схож с территориями, занимаемыми дикушей на Дальнем Востоке. В 2004—2009 гг. на участке было выпущено 170 особей *F.falci-pennis* в возрасте от трех месяцев до трех лет. Дикуши расселились в радиусе 90 км от места выпуска, и уже встречен первый выводок птенцов — свидетельство размножения в созданной популяции.

Авторы считают, что пройден первый этап формирования резервной популяции *F.falci-pennis* в естественных условиях в Западной Сибири (интродуцированные птицы способны выжить вне вольтера) и, вероятно, начался второй его этап (размножение особей).

Вестник Томского государственного университета. Биология. 2010. №4. С.60–67.

Охрана природы

Бухарский горный баран в Таджикистане

Бухарский горный баран, или уриал (*Ovis vignei bochariensis*), — в прошлом широко распространенный вид (еще в середине 20-го столетия только в Таджикистане насчитывалось около 5 тыс. особей). Однако уже к началу 1990-х годов поголовье сократилось до 1,5 тыс., и, несмотря на внесение вида в Красные книги МСОП и Таджикистана, численность уриала стремительно уменьшается.

Сотрудник Института зоологии и паразитологии им.Е.Н.Павловского АН Республики Таджикистан З.Г.Амиров в 2008—2009 гг. попытался оценить численность бухарского барана на юго-западном участке ареала — в горах Актау и Пянджском Кара-Тау. Здесь на площади около 190 км², где популяция уриала практически не охраняется, Амиров встретил только 89 баранов. Основная причина снижения численности на протяжении значительной части ареала —

браконьерство. Помимо отстрела во многих районах Таджикистана отлавливают новорожденных ягнят бухарского горного барана для содержания в домашнем хозяйстве.

По мнению автора, при надлежащей охране с неизменным привлечением местного населения популяция уриала в Таджикистане может быть восстановлена. Этому благоприятствует половой и возрастной состав стад — более 80% в них приходится на самок и ягнят.

ДАН Республики Таджикистан. 2010. Т.53. №2. С.145–147 (Таджикистан).

Климатология

Облака и климат

Значительная часть глобального потепления в текущем столетии ожидается не от непосредственного воздействия CO₂ и других парниковых газов, а от положительных обратных связей, усиливающих это воздействие. Среди них самая сложная и плохо понятная, которая порождается изменениями облачного покрова. Облака отражают в пространство приходящий солнечный свет, что способствует похолоданию, и задерживают испускаемое поверхностью инфракрасное излучение, что вызывает потепление. При современном состоянии климата преобладает отражение солнечной энергии обратно в пространство. Суммарно облачный покров сокращает (по сравнению с такой же планетой без облачного покрова) приходящий поток излучения в верхних слоях атмосферы примерно на 20 Вт/м². Если при потеплении климата изменения облачного покрова уменьшат суммарный поток приходящей энергии, это до некоторой степени ослабит потепление, т.е. обратная связь будет отрицательной. Если же, напротив, изменения облачного покрова приведут к росту суммарного потока приходящей энергии, то они усилят потепление и обратная связь будет положительной.

В разных моделях климата принимаются значения положительной обратной связи в диапазоне 0–1 Вт/м²·К. Такой разброс

величин — главная причина значительного расхождения моделей климата в оценке чувствительности потепления к росту концентрации парниковых газов. Несмотря на важность обратной связи, порожденной изменениями облачного покрова, ее оценки, основанные на наблюдательных данных, немногочисленны. Предыдущие работы, как правило, обращались лишь к части проблемы (скажем, к тропической области или низковысотным облакам), и они расходятся даже в определении знака данной обратной связи.

В работе американского метеоролога А.Десслера (A.Dessler; Университет A&M, штат Техас, США) представлены оценки обратной связи, вызванной глобальным облачным покровом, в ответ на краткосрочные флуктуации климата в течение последнего десятилетия. Полученные величины сравниваются с величинами, взятыми из моделей климата. Основным источником изменчивости климата за этот период служит Эль-Ниньо — Южная осцилляция, которое представляет собой самоподдерживающуюся форму изменчивости взаимодействия океана и атмосферы. В положительной фазе Эль-Ниньо усредненные помесечно глобальные температуры поверхности на несколько десятых градуса выше, чем в отрицательной фазе. Такие колебания климата ранее использовались для количественной оценки обратной связи, обусловленной содержанием в атмосфере водяного пара.

Аномалии глобально и помесечно усредненных приходящих потоков излучения в верхних слоях атмосферы с марта 2000 по февраль 2010 г. вычислялись по данным комплекса измерительной аппаратуры CERES (Clouds and the Earth Radiant Energy System), установленного на борту принадлежащей NASA орбитальной лаборатории «Терра». Для удаления эффектов изменения облачности от других обратных связей эти наблюдательные данные комбинировались с расчетными изменениями глобальных полей влажности и температуры, полученными из ретро-

спективного анализа метеоданных за тот же период времени

Величина обратной связи, вызванной облачностью, определялась отношением $\Delta R_{\text{cloud}}/\Delta T_s$ (где ΔR_{cloud} — изменение притока тепла в виде солнечного света, ΔT_s — изменение температуры поверхности; зависимость R от T аппроксимировалась прямой). Ее значение оказалось равным $0.54 \pm 0.72(2\sigma)$ Вт/м²·К. Положительный знак означает, что при росте температуры поверхности облака задерживают в атмосфере больше тепла, т.е. обратная связь от облаков положительна. Однако из-за значительной статистической неопределенности этой оценки нельзя исключить возможности и небольшой отрицательной обратной связи. Может потребоваться еще несколько десятилетий сбора дополнительных данных, чтобы снизить неопределенность выведенной величины.

Science. 2010. V.330. №6010. P.1523–1525 (США).

Палеогеография

Тропические леса в палеоцен-эоценовое потепление

Палеоцен-эоценовый тепловой максимум (ПЭТМ, 56.3 млн лет назад) продолжительностью 100–200 тыс. лет — одно из самых значительных глобальных потеплений. Средняя температура на Земле повышалась тогда за 10–20 тыс. лет примерно на 5°C, что привело к существенной перестройке всех экосистем. Об изменении температур в период теплового максимума в экваториальных широтах и о реакции на него тропических сообществ известно немного, однако априори считается, что тропики пострадали, поскольку величина термотолерантности экосистем была превышена.

Исследователи из 22 научных учреждений Америки и Европы во главе с К.Джарамилло (C.Jaramillo; Смитсоновский институт тропических исследований, Бальбоа, Панама) реконструировали климат этого периода на севере Неот-

ропики (восточной Колумбии и западной Венесуэлы) и оценили реакцию тропических лесов на его изменение.

Пыльца в отложениях на этапе ПЭТМ свидетельствует о существенно большем разнообразии растений, чем в конце предшествующего периода. Появилось значительное количество новых таксонов, в основном среди покрытосеменных. Возникли не только новые виды, но даже семейства растений (миртовые, сапотовые, страстоцветные, стеркулиевые, молочайные, олаксовые, вересковые и некоторые другие). Элиминации же подверглось лишь около 5% палеоценовой флоры.

Используя опубликованные данные и метод TEX₈₆, основанный на анализе содержания мембранных липидов морского пикопланктона в донных отложениях, по которому судят о температуре водной толщи в прошлом, исследователи оценили температуры ПЭТМ в северной Неотропике. Средние их значения в течение пика глобального потепления увеличились по сравнению с палеоценом примерно на 3°C и составили 31–34°C (±2°C). И в палеоценое, и в эоцене здесь преобладали растения, свойственные влажным средам обитания (их около 64% в палеоценовых отложениях и 61% — в эоценовых). Количество же семейств, указывающих на семиаридные и аридные условия, невелико (0.7% — в палеоценое и 2% — в эоцене). Таким образом, период теплого максимума в северной Неотропике не был засушливее, чем предыдущий палеогеновый, когда количество осадков составляло около 3.2 м/год.

Есть мнение, что тропические джунгли ныне существуют при климатическом оптимуме (среднегодовая температура около 27.5°C), а более высокие температуры для них вредны из-за превышения термотолерантности растений. Однако эксперименты в оранжереях показали, что растения хорошо реагируют и на более высокие температуры, но при условии повышенной концентрации CO₂ и значительной увлажненности почвы. Поэтому вполне возмож-

но, что именно высокое содержание CO₂ в атмосфере и большое количество осадков позволили тропическим экосистемам успешно существовать в пик потепления.

Исследователи признают необходимость аналогичных исследований в центре Южной Америки, чтобы понять, как влияет потепление на континентальные тропические экосистемы. Однако уже сейчас для них несомненно, что на севере Южной Америки влажные леса в течение ПЭТМ успешно существовали при 31–34°C и высоком уровне углекислого газа в атмосфере. Этот вывод опровергает представление, будто тропические экосистемы в палеоцен-эоценовый максимум были жестко подавлены тепловым стрессом.

Science. 2010. V.330. №6006. P.957–961 (США).

Палеоэкология

Реконструкция тундростепей северо-востока Азии в плейстоцене

Какие условия были на северо-востоке Азии в плейстоцене, когда, как предполагается, ландшафт представлял собой единую тундростепную гиперзону от Ледовитого океана до степей? Ответить на этот вопрос попытались сотрудники Института биологических проблем Севера ДВО РАН (Магадан) Д.И.Берман и А.В.Алфимов, опираясь на знания экологии насекомых, ныне населяющих одну из ландшафтных зон (тундровую, лесную, степную) и найденных в отложениях последнего ледникового максимума (24–12 тыс. лет назад).

Для решения задачи были применены три подхода. Во-первых, выяснены температурные требования самых теплолюбивых жуков — долгоносиков *Stephanocleonus eruditus* и *Sfossulatus*, обитавших на северо-востоке в плейстоцене и в массе населяющих ныне степные реликтовые участки долин верховий Яны и Индигирки (62–67°с.ш.) и горные степи Южной Сибири. Оказалось, что в местообитаниях этих жуков сумма положи-

тельных температур в почвах на глубине 5–15 см, где развиваются личинки, не может быть меньше 2400°/год, а средняя температура воздуха в июле составляет 14°C.

Во-вторых, исследователи, используя данные метеостанций (метод Mutual Climate Range), выявили общие температурные требования еще 18 современных видов степных и тундровых жуков, существовавших и в плейстоцене. Средние температуры июля (около 12–14°C), рассчитанные таким образом для арктических низменностей последнего ледникового максимума, также оказались выше не только современных (11°C), но и полученных другими исследователями палеоклимата (1–5°C). Более того, в конце плейстоцена, по заключению авторов, температуры в почве были выше современных, наблюдающихся на степных реликтовых участках.

Третий подход — реконструкция ландшафтов на основе современной экологии жука-пилюльщика *Morychus viridis*, остатки которого — самые массовые в отложениях плейстоцена на северо-востоке Азии. Главная черта этих ландшафтов — ничтожно малая продуктивность растительности в местообитаниях *M.viridis*, что противоречит представлениям об изобилии обитавших здесь в плейстоцене травоядных животных.

По мнению авторов, о реальной фауне тундростепей в плейстоцене не стоит судить по набору насекомых, обнаруженных в отложениях. Остатки насекомых вместе с тонкодисперсным материалом из почв могли сноситься водотоками и ветрами на низменности, и в захоронениях оказались виды из разных сообществ. В таком случае тундростепи были комплексным ландшафтом: южные склоны нагорий северо-востока Азии были заняты степными сообществами, северные — горными тундрами и листовенными редколесьями, приморские низменности — мезофитной растительностью, служившей кормом для травоядных.

Материалы VIII совещания энтомологов Сибири и Дальнего Востока (Новосибирск). 2010. С.24–25. (Россия)

История жизни незаурядного человека

Е.С.Левина

Автор рецензируемой книги — основоположник отечественной экспериментальной онкологии Леон Манусович Шабад (1902—1982).

В предисловии к своим воспоминаниям, составившим большую часть книги, он писал: «Эта книга посвящена зарисовкам отдельных моментов экспериментальных исследований, результаты которых в свое время были опубликованы в других местах. Здесь мы коснемся не столько того, что сделано, сколько попытаемся вспомнить, как это делалось, в каких условиях и когда. Больше всего мне хочется вспомнить об учителях и старших товарищах, об их делах и рассказах и попытаться дать хоть отдельные черты портретов этих людей, сыгравших большую роль в развитии нашей медицинской науки, и в частности онкологии».

«Авторы многих мемуаров претендуют на объективность, — продолжает автор. — Хорошо известно, однако, что, если предложить ряду лиц описать одно и то же явление, например, обстоятельство какого-либо уличного происшествия, свидетелями которого они оказались, то все они расскажут о нем несколько различным образом. И если даже основной факт будет выглядеть во всех рассказах одинаково, то ряд подробностей, а особенно их оценка и те или иные оттенки ее будут разными. Вот почему данная книга не является ни историческим исследованием, ни научно-медицинским трактатом, ни даже мемуарами, посвященными определенной эпохе и отдельным выдающимся ученым. Это

просто долг доброй памяти, дань уважения и любви к ряду людей, которые помогли автору, как и многим другим, найти свой путь в жизни и в профессиональной деятельности» (с.7).

Шабад подробно описывает свои студенческие годы в Екатеринославском (Днепропетровском) медицинском институте в годы Гражданской войны, упоминает основанный студентами биолого-экспериментальный кружок как прообраз студенческих научных обществ советского времени, рассказывает о начале научной работы и о своих соучениках и преподавателях.

Реально оценив возможность получения полноценного медицинского образования в провинциальном послевоенном городе, Шабад переезжает, по приглашению старшего брата, юриста, в Петроград и в 1922 г. становится студентом 4-го курса Петроградского медицинского института. Его зачислению способствуют рекомендации бактериолога Л.Ф.Падлевского, бывшего профессора в Екатеринославе, поляка, позднее репатрировавшегося в родную страну, а также знакомство ректора института И.А.Чистова с покойным двоюродным братом Леона Манусовича, известным педиатром И.А.Шабаром, который много лет работал в Екатеринославском женском медицинском институте, предшественнике Днепропетровского мединститута.

На первых же практических занятиях в факультетской хирургической клинике, вспоминает Шабад, он понял, «что ничего не знает и не умеет». Но после знакомства с сокурсниками и обстановкой в институте сму-



Л.М.Шабад. ИСТОРИЯ ОДНОЙ ЛАБОРАТОРИИ. Составитель Г.А.Белицкий.

М.: Научный мир, 2008. 309 с.

щение и скованность прошли. Шабад вскоре стал заметным на своем курсе, успешным студентом. Он вспоминает о впечатлениях, произведенных на него лекциями профессоров Л.А.Орбели, К.К.Скорбанского, П.Г.Останкова, В.А.Шпака, Н.Н.Петрова, М.В.Черноруцкого. Тогда сам «был очень занят и часто поневоле манкировал лекциями, так как кроме выполнения практических занятий он «систематически работал при кафедре патологической анатомии, как в прозекторской, так и в лаборатории при ней». Однако, будучи уже студентом 5-го курса, он весной 1924 г. прослушал цикл лекций И.П.Павлова, который тот читал для студентов 2-го курса Военно-медицинской академии. Много рассказывает Леон Манусович об особенно любимом студентами профессоре Г.В.Шоре, сыгравшем большую роль в его выборе специализации, патологической анатомии. Именно по ходатайству Шора Шабада оставили «при кафедре для усовершенствования в качестве патологоанатома» (с.46).

С осени 1924 г. его действительно зачислили в штат Медицинского института. С 1 сентября он начал занятия со студентами 3-го и 5-го курсов. Шор редактировал первую научную публикацию Шабада. Ему же Шабад показал результат исследования препарата из ткани лимфатического узла женщины, бывшей пациентки клиники С.П.Федорова в Военно-медицинской академии. Обнаружив при микроскопировании препарата разрастание ретикулярных клеток, Леон Манусович не решился поставить диагноз «рак», ограничившись определением «ретикулоз». Через пару дней ему пришлось давать объяснения по этому поводу Федорову, который задал Шабаду достаточно резкий вопрос: «Что еще за новую болезнь вы выдумали?» Тем не менее, большую решили оперировать, а Шабаду поручили исследовать операционный материал. Его заключение —

«ретикулоз с переходом в blastomatозную форму», подчеркивает автор, был первым случаем в онкологии, когда диагноз поставили по биопсии. Больная после радикальной операции и нескольких рецидивов погибла. Исследование после вскрытия полностью подтвердило уточненный диагноз Шабада.

Соответствующая работа, опубликованная в 1932 г. в немецком журнале «Zieglers Beiträge», вошла в мировую литературу. Позднее Шабад развил представление о «предраке» — так можно охарактеризовать и состояние ткани, которое он увидел на своем первом препарате. Леон Манусович создал классификацию морфологически различимых стадий предраковых изменений. Введение этого понятия в литературу и медицинскую практику стало весьма существенным для диагностики рака, но значение его в полной мере оценили только с развитием лекарственной терапии злокачественных заболеваний во второй половине XX в.

Живой рассказ Леона Манусовича так интересен, что кажется, будто все это было написано по горячим следам, хотя известно, что воспоминания, созданные в 80-х годах, впервые опубликовали в 1990 г. Он упоминает множество имен, в том числе и малоизвестных теперь; по его воспоминаниям можно проследить события в истории Центрального научно-исследовательского рентгенорадиологического института, где он был штатным ассистентом кафедры и научным сотрудником лаборатории по изучению рака, а также Научно-исследовательского института оториноларингологии. Там он возглавлял патологоанатомическое отделение (14 рабочих мест для клиницистов, занимавшихся научной работой).

В этом институте Леон Манусович разрабатывал диагностику предраковых изменений тканей различных органов, развивал идею профилактической роли патологической анатомии

и отстаивал клиническое значение такого рода исследований. За годы работы в Институте оториноларингологии он опубликовал ряд работ, касавшихся причин смерти больных в случаях рака гортани, агранулоцитоза, эпителиомы гайморовой полости, а также вопросов организации патологоанатомической службы в целом. Его заключение о том, что новообразования в гортани, которые считались опухолями — фибромами, в действительности есть результат местных циркуляторных расстройств, нашло признание. Он оказывал высокопрофессиональные консультации по многим сложным и не находившим долгое время объяснения случаям, будучи заведующим или консультантом патологоанатомических отделений многих больниц, в том числе — им.И.И.Мечникова в Ленинграде (1935—1938) и в больнице им.С.П.Боткина в Москве (1941—1948), а также известных в Москве Благушинской, ЦКБ Министерства путей сообщения и 4-го Главного управления МЗ СССР.

Огромный опыт позволил ему убедиться в реальности того, «что теперь называют патоморфозом, вернее, патометаморфозом, т.е. изменений патологии человека, и в частности патологической морфологии». В своих работах Шабад следил, как менялась патологическая картина многих заболеваний: «После введения антибиотиков значительно изменилась патологоанатомическая картина туберкулеза, совершенно не видно тех картин гнойного воспаления, перитонитов, флегмон, которые мы видели 50—60 лет тому назад, но возникли новые осложнения, связанные с длительным применением антибиотиков (например, кандидомикозы), гормональных препаратов (стероидный диабет, язвы кишок, атрофия коры надпочечников) и др.» (с.62).

Особенно впечатляющим Леон Манусович считает «восхождение гипертонической болезни

по лестнице распространенности заболеваний». Систематическое изучение этой болезни началось в памятное для него время. В 1922 г. профессор Г.М.Ланг, преподававший тогда клинику внутренних болезней, впервые приступил к систематическому изучению гипертонии, которая в то время была редкостью. Соответствующих больных специально подбирали и держали в клинике в течение многих месяцев для наблюдения. Яростные дискуссии проходили по вопросам дифференциальной диагностики гипертонии и отграничения ее от атеросклероза и почечных заболеваний; спорили даже относительно самого существования «эссенциальной», или «генуинной», гипертонии, т.е. гипертонии, не связанной с заболеванием почек (с.62).

Но настоящей «болезнью века» Леон Манусович считал рак — злокачественное перерождение клеток, изучению генеза которого он отдал много лет жизни в науке. Первую в СССР лабораторию экспериментальной онкологии он организовал в 1935 г. во Всесоюзном институте экспериментальной медицины (ВИЭМ) в Москве. Там исследовали действие химических канцерогенов (экзогенный канцерогенез), с одной стороны, и бластомогенных свойств экстрактов из пораженных раком органов человека — с другой. Приоритет Шабда, убежденного сторонника гипотезы канцерогенного происхождения злокачественных опухолей человека, и его школы в этой области общепризнан.

Для историков науки и медицины особенно интересна глава «Как мы искали Мстислава Новинского» (с.203—262). Это практически законченное историко-научное исследование, впервые опубликованное в 1950 г. в книге «М.А.Новинский — родоначальник экспериментальной онкологии».

Следует отметить также страницы, посвященные Александру Гавриловичу Гурвичу, биологу

и философу, и Алексею Алексеевичу Заварзину, в то время руководителю отдела гистологии ВИЭМ, с которыми он много и часто общался. Он восхищается деятельностью обоих коллег, отдавая дань их человеческим качествам, профессионализму и приверженности к крупным обобщениям в биологии. Вспоминая Гурвича, автора теории биологического поля и гипотезы существования митогенетических лучей, Шабда писал: «Несмотря на то что никому до сих пор не удалось объективно подтвердить существование “митогенетических лучей” Гурвича, несмотря на множество разочарований, постигших его сотрудников, он остался в моей памяти как пример ученого, беззаветно преданного науке, и как образец творческого ума необыкновенной силы» (с.116—117).

Об А.А.Заварзине он отзывался очень тепло и описывает его как «большого, внешне чем-то напоминающего медведя, грузного и сильного человека». На его взгляд, «таким мог бы быть герой Л.Толстого Пьер Безухов». И продолжает: «Для Заварзина в каждой проблеме был примат биологии, реакция тканей». Такова, например, его концепция параллелизма развития одноименных тканей у различных организмов. «Концепции А.А.Заварзина вызывали большие дискуссии, в которых Алексей Алексеевич показал себя стойким борцом за свои убеждения. Как сейчас вижу его в военной форме (он заведовал кафедрой гистологии в Военно-медицинской академии), возвышающегося на кафедре со сжатыми кулаками, не столько убеждающего, сколько громящего своих противников. Особенно сильно сопротивлялся он лжеучению О.Б.Лепешинской» (с.118). Не менее яркие характеристики даны Шабдом и другим коллегам по ВИЭМ — Н.Г.Хлопину, Д.Н.Насонову, Б.И.Лаврентьеву. Несколько страниц воспоминаний посвящены И.П.Павлову и А.А.Владимирову (с.120—124).

В отдельной главе представлена история восстановления лаборатории в Москве, куда Шабда вернулся из эвакуации в 1943 г. Прежде всего необходимо было восстановить штаммы перевиваемых опухолей. Гурвич, который вернулся из Казани несколько ранее и уже начал ставить опыты, подарил Шабду «восемь отработанных крыс», а сам Шабда, отправляясь в эвакуацию, вывез из блокированного Ленинграда весь запас канцерогенных углеводов (в том числе и бензопирен) в жилетном кармане и теперь мог использовать их в работе. Оставалось решить вопрос — в чем бензопирен растворить, так как ни сала, ни растительного масла не было... Как удалось разрешить эту и другие проблемы в трудное военное время, можно прочесть далее (с.130—159). Здесь же приведены эпизоды первой публичной дискуссии Шабда с Л.А.Зильбером, который только что вернулся в Москву после освобождения из длительного заключения (1944). Как известно, Зильбер на основе разработанных оригинальных подходов сформулировал гипотезу вирусной этиологии злокачественного роста тканей и отстаивал ее самым решительным образом. Историю дискуссии, острота которой не проходила с годами, лучше прочесть в оригинале (статьи обоих авторов, библиографии которых доступны), либо в авторском изложении противников (см. соответствующий раздел воспоминаний Шабда и научную биографию Зильбера*). Время примирило обе позиции научных противников,

* Следует иметь в виду, что Шабда, бывший в то время противником вирусной гипотезы злокачественного перерождения клеток животных и человека, возглавил комиссию Президиума АМН СССР, организованную для проверки открытия специфических опухолевых и онкоэмбриональных антигенов по предложению инициатора проверки — руководителя лаборатории Льва Зильбера. См.: *Киселев Л.Л., Левина Е.С.* Лев Александрович Зильбер. 1894—1966: Жизнь в науке. М., 2004. С.360—361.

в жизни бывших не только коллегами, но и друзьями. Приводя доводы и возражения участников этой длительной дискуссии, Шабад признает, что обе концепции — химическая и вирусная — претерпели эволюцию, которая сгладила остроту расхождений: «В настоящее время, в начале 80-х годов XX в., оглянувшись назад, нельзя не признать, что во многом мы были правы. Хотя некоторые из моих формулировок прошлых и уже далеких лет, вроде представления об «отделимом от клеток факторе злокачественности», кажутся теперь наивными, но суть их оправдалась: эндогенная природа онкорнавирусов, к которым относятся и вирус саркомы Рауса, и вирус Битнера, т.е. «фактор молока» рака молочных желез мышей, не вызывает возражений. Мы снова возвращаемся к клетке как к отправному пункту канцерогенеза.

Значительную эволюцию претерпела не только концепция вирусной этиологии опухолей, но и представления об их иммунологии, о специфических антигенах. Достаточно напомнить развитие исследований выдающегося ученика Зильбера — Г.И.Абелева. <...> Но, пожалуй, больше всего эволюционировала химическая концепция канцерогенеза. Это отражено в моей книге 1979 г. и относится уже не к воспоминаниям, а к настоящему, к непосредственной действительности».

Не оставил без внимания Леон Манусович и памятную всем современникам историю вмешательства властной идеологии в ход развития естествознания в стране, затронувшего и медицинскую науку. Глава «Мгла — годы мракобесия (1948—1952)» — яркий и убедительный рассказ о периоде «облысения российской науки». Вопросы влияния властных структур на ход развития исследований, и не только в естествознании, по-прежнему актуальны в условиях принятой сегодня жестко пирамидальной структуры власти и отсутствия альтернативы государственному финансированию науки.

Раздел книги «Ученики об Учителе» дополняют историю жизни и деятельности Шабада. Его авторы — Ю.М.Васильев, Г.А.Белицкий, М.Г.Якубовская, Б.Л.Рубенчик, Л.А.Грицоте — состоявшие в биологической и медицинской науке крупные исследователи. Последний раздел издания — «Приложение». Здесь особенно впечатляет документ из личного архива Леона Манусовича — «Творческие планы на 1969 г.» (с.306—307).

Итак, издание включает очерки истории становления и развития экспериментальной онкологии в СССР, личные воспоминания и документы, ряд статей учеников, посвященных памяти учителя. Все разделы дают достаточно полное представление об истории жизни не-

заурядного человека — крупного ученого-медика, теоретика и экспериментатора, организатора исследований в сложной и еще мало разработанной в годы его вхождения в науку экспериментальной онкологии. Благодаря его усилиям, а также его школы в этой области достигнуто многое в понимании злокачественного роста тканей и в разработке терапевтических и оперативных путей его преодоления, что долгое время считалось, да и теперь подчас считается вовсе непреодолимым.

В заключение хочу напомнить авторское обращение Шабада к читателям с предупреждением, что его «книга не является историческим исследованием». Это не совсем так, и, кроме того, его «История одной лаборатории» сама по себе — ценный материал для специального историко-научного исследования в области когнитивной и социальной истории науки, а в совокупности со статьями ученых из его окружения — тем более.

В качестве замечания публикаторам сборника можно указать только на отсутствие справочных материалов — именного указателя, хронологии и т.п. Разумеется, в библиотеках и Интернете можно найти библиографии ученых-медиков, изданные АМН СССР — РАМН, но, на мой взгляд, такие данные были бы хорошим дополнением к интересной книге.

P.S. Еще в книге есть яркий эпизод, связанный с личностью М.М.Невядомского. Мне встречалось это имя, когда я готовила работу по истории онкологии в СССР и изучала документы Архива АМН СССР — РАМН, а также специальные и научно-популярные издания 1940—1970-х годов по этой теме. Михаил Михайлович Невядомский был ярый сторонник гипотезы паразитарного происхождения злокачественного роста, отвергнутой и онкологами, и биологами. А несколько лет назад ко мне обратилась его дочь с просьбой посмотреть имеющиеся у нее документы и помочь ей в написании научной биографии отца. Среди документов была и переписка об открытии Невядомским паразитарной природы рака, а так-

же о предлагаемом методе лечения онкологических заболеваний. От чести стать биографом Михаила Михайловича я отказалась, так как вряд ли смогу это сделать удовлетворительным для его наследников образом.

В настоящее время возможности Интернета широко используются для пропаганды альтернативных методов лечения рака. Существует сайт — форум под девизом «Наследие М.М.Невядомского», на котором люди обмениваются информацией, в том числе и по поводу возможностей изгнания паразита, вызывающего рак. Ввиду очевидной опасности распространения ложной информации и с учетом легкодоступной теперь системы «альтернативной медицины» с ее до-

ставкой снадобий на дом хочу привести довольно длинную цитату из Л.М.Шабада:

«Во время моей работы в лаборатории экспериментального рака произошел случай, ярко обрисовавший отношение Г.В.Шора к науке и людям. Однажды в его кабинет явился хорошо одетый, видный брюнет, уже известный в то время терапевт, профессор М.М.Невядомский из Москвы, и рассказал Г.В.Шору, что стал заниматься экспериментальным изучением рака и что, введя мышам бесклеточный материал из злокачественной опухоли, он получил новообразования. Московские патологоанатомы, по словам М.М.Невядомского, не признают его, потому что не понимают. Вот он и явился к Г.В.Шору как к высшему арбитру. Г.В. принял его хорошо и стал смотреть препараты. Через несколько минут он попросил меня принести ему микроскопические препараты семенников мышей (в лаборатории исследовались все органы). «Ну вот, смотрите, сравните сами свои препараты с этими, — взволнованно говорил он М.М.Невядомскому. — Ведь то, что Вы показываете, это вовсе не опухоль, это — яичко!»

М.М.Невядомский ушел заметно недовольный. На следующий день Г.В.Шор, придя в лабораторию, рассказал, что, оказывается, М.М.Невядом-

ский собирается делать доклад на съезде терапевтов, проходившем в то время в Ленинграде, и ясно, что он будет рассказывать о якобы полученных им экспериментальных опухолях. «Что делать? — восклицал Г.В.Шор, — ведь это ложь! Придется пойти туда и выступить с его разоблачением». И вот в назначенный день Г.В.Шор отправился на съезд терапевтов, специально на то заседание, на котором должен был выступать М.М.Невядомский. С ним пошли его сотрудники Н.Г.Соболева и Л.М.Шабад. Каково же было наше удивление, когда председатель данного заседания объявил: «Профессора М.М.Невядомского срочно вызвали в Москву, и поэтому доклад его не состоится». <...> К сожалению, однако, дело этим не кончилось. Не прошло и полугода, как в одном из клинических журналов появилась статья М.М.Невядомского все о тех же злополучных (явно не чисто поставленных) опытах, в которых якобы были получены опухоли. Но больше того в этой статье была сноска о том, что микроскопические препараты были консультированы Г.В.Шором, за что автор выражает ему благодарность! Возмущению Г.В.Шора не было границ, а сделать нельзя было ничего, ведь консультация действительно имела место, а о ее содержании и выводах М.М.Невядомский умолчал». ■

Ботаника

В.А.Цимбал. РАСТЕНИЯ. ПАРАЛЛЕЛЬНЫЙ МИР. Фрязино: Век 2, 2010. 144 с.

Изучение пермской флоры открыло новую страницу как в истории палеоботаники, так и в изучении разнообразия и эволюции древних групп высших растений, особенно голосеменных. О них и рассказывает автор книги, не скрывая своей любви к растениям, как ныне живущим, так и ископаемым. И не только рассказывает, но и показывает: например, дает реконструкцию ландшафта, су-

ществовавшего в Приуралье в кунгурский век раннепермской эпохи. Рисунок выполнен мастерски, и растения, изображенные на нем, легко узнаются.

Владимир Анатольевич Цимбал — любитель и коллекционер растений — много лет занимается их морфологией, физиологией и историей, ведет просветительскую работу. Его книга приглашает читателя в удивительный и порой загадочный мир. Несмотря на располагающую манеру изложения, автор затрагивает вопросы очень непростые, однозначного понимания которых пока нет. Но он и не обещает готовых решений,

его кредо — непредвзятое отношение к фактам.

Книга состоит из двух больших разделов. Первый посвящен древней истории высших растений, второй — растениям современным; при этом основной акцент сделан на их морфофизиологических особенностях. Доступно и просто даже для неподготовленного читателя автор рассказывает о строении растений, законах их жизнедеятельности, об истории всего растительного мира. В увлекательной, почти детективной форме он говорит о многих загадках и гипотезах, связанных с изучением растений,

с их возникновением и развитием. Для него проросток папоротника, пробившийся из перегноя на приусадебном садовом участке, и веточка древнего хвойного, запечатленная на плитке песчаника, полны глубокого смысла, скрытого от неискушенного наблюдателя.

Все рисунки и фотографии в книге принадлежат автору.

На обложке — гинкго двуплодной (*Ginkgo biloba*) на фоне отпечатка листа вероятного предка гинкговых — псигмофиллума распростертого (*Psugmophyllum expansum*).

Климатология. Охрана природы

Б.Д.Белан. ОЗОН В ТРОПОСФЕРЕ. Томск: Изд-во Института оптики атмосферы, 2010. 487 с.

Озон — токсичный газ, способный поглощать жесткую ультрафиолетовую радиацию, губительную для всего живого. Рост его концентрации у поверхности Земли создает серьезные проблемы для здоровья человека. Интерес к проблеме атмосферного озона возник с момента обнаружения дефицита этого газа в атмосфере над Антарктидой в середине 1980-х годов, но на русском языке всеобъемлющих изданий по этой тематике практически не было.

Данную монографию можно назвать энциклопедией: кратко изложена история открытия и изучения озона, рассказано о его роли в атмосферных процессах, его химических, радиационных и прочих свойствах. Большая глава посвящена методам и средствам измерений тропосферного озона, о которых автор знает не понаслышке, поскольку сам активно занимается атмосферным мониторингом и участвует в ряде экспедиций, организованных для проведения измерений на территории Сибири. Представ-

лены особенности распределения концентрации озона на различных высотах в атмосфере, его изменчивость в суточном и годовом ходе, анализируется зависимость содержания озона от метеорологической ситуации в регионе. Отмечены особые случаи вариаций концентрации этого газа, в частности вблизи линий электропередачи или «эффект выходного дня».

В книге приведен список атмосферных реакций, участвующих в образовании и разрушении тропосферного озона, отдельные разделы посвящены роли солнечной радиации. Нашлось место и описанию данных мониторинга газов, формирующих поле тропосферного озона, в том числе и разрушающих его в каталитических циклах.

В конце монографии автор дает прогнозы вероятного изменения содержания тропосферного озона в будущем — как на основе модельных исследований, так и при использовании статистического подхода. Надо отметить огромную работу, проделанную автором по подборке соответствующих озонной тематике публикаций в международной и отечественной научной периодике. Некоторые из цитируемых изданий (а их набирается несколько тысяч) — совсем свежие и датированы годом выпуска книги.

История науки

С.Л.Кузьмин. ИСТОРИЯ БАРОНА УНГЕРНА: ОПЫТ РЕКОНСТРУКЦИИ. М.: Т-во науч. изд. КМК, 2011. 659 с.

Барон Роман Федорович (Николай-Роберт-Максимилиан) фон Унгерн-Штернберг (1885—1921) — одна из самых загадочных исторических фигур. Уже при жизни о нем сложилось много легенд и идеологических штампов. Открытие

архивов в бывшем СССР и Монголии в 1990-х годах позволяет во многом переосмыслить то, что писали раньше (к 2010 г. вышло свыше 700 публикаций).

В книге на основе анализа материалов, взятых из архивов, музейных собраний, художественной литературы и специальных исследований, проведена реконструкция истории жизни и деятельности барона фон Унгерна — белого генерала, одного из участников Гражданской войны в Забайкалье, Маньчжурии и Монголии, ставшего ключевой фигурой в восстановлении независимости Монгольского государства. Начав свой рассказ с детства и юности Унгерна, автор описывает участие барона в Русско-японской и Первой мировой войнах, формирование Азиатской конной дивизии, панмонгольское движение, положение Внешней Монголии после восстановления автономии и освобождение от китайской оккупации, поход Азиатской конной дивизии в Сибирь, революцию и гражданскую войну в Монголии, а заканчивается повествование следствием, судом и расстрелом белого генерала. Фигура фон Унгерна показана на фоне белого движения в Монголии, где последним великим ханом был Богдо-гэгэн VIII, жизнь и деятельность которого прошла в тесной взаимосвязи с Россией.

Легенды, связанные с бароном, его личные качества, религиозные и общественно-политические взгляды (отношения с Японией), а также геополитические итоги деятельности фон Унгерна — обо всем этом автор рассказывает, ссылаясь на до сих пор не публиковавшиеся документы и мемуары.

Книга предназначена для историков, политологов, этнографов, востоковедов, студентов и ученых и всех, кто интересуется историей России и Монголии.

Загадка амурских тигров

Р.Л.Потапов,

доктор биологических наук

Зоологический музей Зоологического института РАН

Санкт-Петербург

Амурские тигры — экспонат нашего музея — уже чуть ли не полтора века привлекают к себе особое внимание посетителей. Два могучих хищника словно застигнуты в конфликтной ситуации: один под выступом скалы, поднял вверх оскаленную пасть навстречу другому, а тот, изогнувшись над первым на этом выступе, с такой же агрессией глядит на соперника. Чучела выполнены настолько натурально, что трудно избавиться от ощущения, будто видишь живых тигров, силой какого-то волшебства мгновенно застывших в этих выразительных позах. А вокруг надувы снега, чахлая растительность — так и веет суровой зимой Сихотэ-Алиня. Упоминания об этой биологической группе*, первой в экспозициях нашего музея, содержатся почти во всех посвященных ему публикациях.

Конечно, по уникальности самих объектов этот экспонат уступает очень многим из тех, что демонстрируются в музее. Можно привести длинный перечень животных, «скульптуры» которых имеются только в самых крупных зоологических музеях мира, включая и наш. У нас есть даже единственный в своем роде экземпляр — чучело мамонта. Однако уникальность тигриной био группы не только в высочайшем мастерстве таксидермиста, создавшего пару великолепных животных, но и в том, что они даны в ост-

* Биологическими группами называют такие экспонаты, которые представляют животных в обычных для них природных условиях.

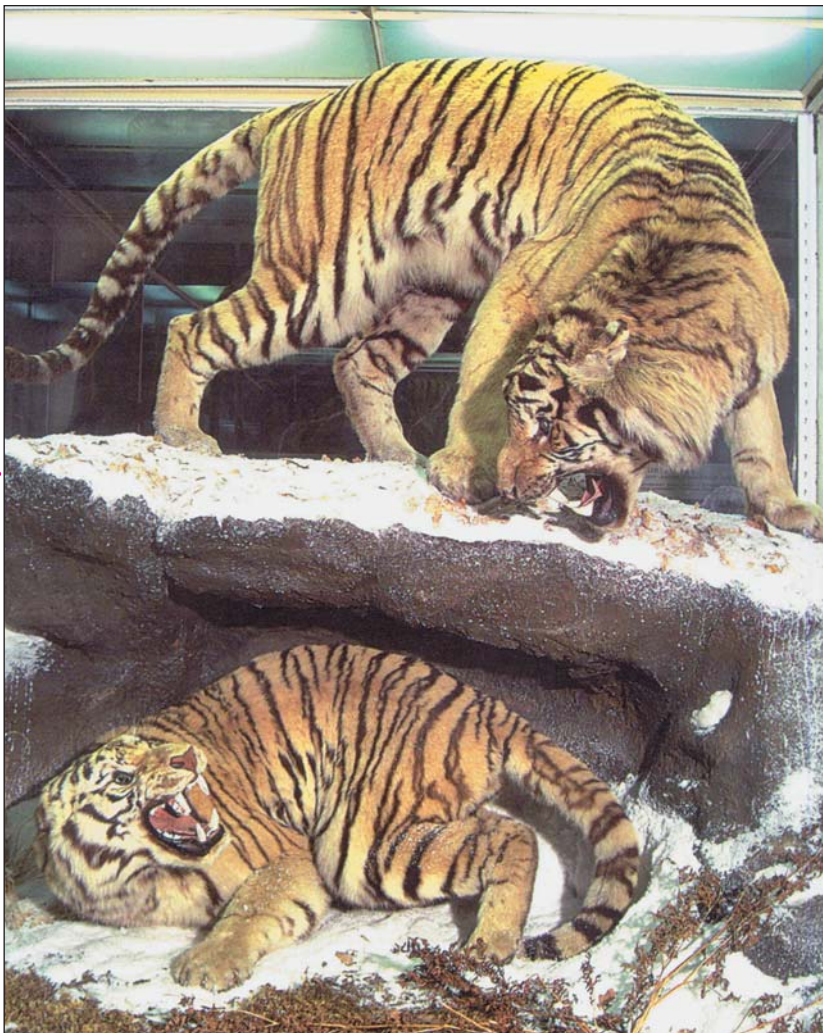
рой ситуации — встретились два соперника.

Слово «таксидермист» (от греч. $\tau\alpha\chi\iota\varsigma$ — устройство и $\delta\epsilon\rho\mu\alpha$ — шкура) уже давно вошло в обиход, заменив более привычное нашему уху слово «чучельщик». Таксидермия — довольно древняя профессия по изготовлению чучел самых разных животных, от бабочек до слонов. Ее начала восходят еще к доисторическим временам, когда звериная шкура для человека была главной одеждой. Таксидермия стала активно развиваться только с появлением и развитием музеев. Начавшись с изготовления самых примитивных чучел животных (до сих пор слово «чучело» в разных сочетаниях носит насмешливо-обидчивый характер), она превратилась в искусство, которому подвластно изготовление настоящих шедевров. Ныне они украшают разные музеи, как самые знаменитые, так и не столь известные. Эти шедевры — чучела животных, запечатленных в их естественных позах, буквально как живые. Так что сейчас таксидермия — это одновременно и своеобразный вид искусства, и профессия. Современный таксидермист владеет не только всеми секретами препарирования животных и обработки их наружных покровов (шкур, кожи, панцирей и т.п.), но и наделен талантом скульптора и художника. По сути, это одна из сложнейших профессий, и именно поэтому человек со всеми перечисленными достоинствами — явление достаточно редкое.

Своего высокого уровня искусство таксидермии достигло только в 20-х годах XX в. Основателем главного современного

метода — скульптурной таксидермии — считается знаменитый американский таксидермист и натуралист К.Экли. Произведения этого мастера, которые даже язык не поворачивается называть чучелами, выглядят как живые и украшают залы музеев естественной истории в Нью-Йорке и Вашингтоне. Однако сама идея положить в основу создаваемого чучела манекен, своего рода скульптуру животного в естественной позе, появилась и стала воплощаться на 100 с лишним лет раньше работ Экли. Конечно же, методика первых опытов была довольно примитивна, но она постоянно совершенствовалась. Для изготовления манекенов, на которые потом накладывалась тщательно обработанная шкура, использовались все новые и новые материалы: папье-маше, проволочные сетки, глина, пластики разных составов и т.д. Росло и качество готовых изделий. В целом ряде случаев начальные методы разработки скульптурной таксидермии уже давали отличные результаты — появлялись подлинные шедевры, ни в чем не уступающие произведениям мастеров скульптурной таксидермии нашего времени.

К ранним таксидермическим произведениям и принадлежит группа амурских тигров. Обзор успешных попыток такого рода, как и самого развития таксидермического искусства в России и зарубежных странах, дан в прекрасных книгах художника-таксидермиста М.А.Заславского [1, 2], чья деятельность на этом поприще целиком связана с нашим музеем. В книгах также содержится упоминание о био-



Биогруппа «Амурские тигры».

логической группе амурских тигров. «Тиграм придана изумительно впечатляющая, в высшей степени динамическая поза. Композиция в целом не имеет ничего общего с работами того времени и весьма напоминает современные биологические группы. <...> Мы не знаем, каким образом сумел этого добиться неизвестный создатель амурских тигров, но справился он со своей работой великолепно» [2. С.133]. И это пишет создатель целого ряда блестящих композиций и отдельных скульптурных чучел, до сих пор составляющих золотой фонд Зоологического музея.

Таким образом, метод скульптурной таксидермии начал ут-

верждать себя более 200 лет назад, но действительно общепризнанным стал именно благодаря работам Экли, прежде всего в нью-йоркском Музее естественной истории, сразу же прославившим автора. Кстати, он нигде и ни разу не опубликовал методики изготовления своих замечательных произведений, однако принципы скульптурной таксидермии применял всегда.

Но вернемся к амурским тиграм. Заславский не знал имени автора этой биогруппы, неизвестно оно и теперь. Нет ответа также еще на два вопроса: когда и откуда в Зимнем дворце, в резиденции российских императоров, появились эти шкуры, оказавшиеся пригодными для

изготовления чучел; почему обладатель этого таксидермического шедевра преподнес его в дар именно Зоологическому музею?

На второй вопрос ответить достаточно просто. Как известно, начало научного изучения территории Российской империи положено знаменитыми академическими экспедициями, организованными как самим Петром Первым, так и созданной им Академией наук (с 1720 г.). Именно от этих экспедиций и стали поступать коллекционные материалы в Кунсткамеру — его же детище. Материалы по населению и природе России хлынули таким потоком, что быстро переполнили Кунсткамеру, и ее срочно пришлось разделить на отдельные музеи: Зоологический, Ботанический, Минералогический и др. Зоологический музей был создан в 1832 г., но в архивах и в списке поступлений за первые 50 лет его существования нет ни одного упоминания о коллекциях или иных сборах на территории Уссурийского края. Коллекционные сборы первых российских экспедиций в эти места начали поступать только с 1855 г.

Это и не удивительно, поскольку граница между Россией и Китаем была установлена по Амуру лишь в 1858 г. (Айгунский договор), а весь Уссурийский край к югу, до залива Посьет, отошел к России в 1860 г. (Пекинский договор). Сразу же после этих событий началось освоение и заселение новых земель и их изучение, ведущую роль в котором сыграла Императорская Санкт-Петербургская академия наук. Первой была Амурская экспедиция во главе с капитаном 1-го ранга Г.И.Невельским, исследовавшая в 1852—1854 гг. низовья Амура, Приморье и Сахалин (тогда-то и выяснилось, что Сахалин — остров), но натуралистов в этой экспедиции не было, и коллекции не собирались. В следующие два года здесь работала экспедиция академика Л.И.Шренка, в которой

участвовал не менее знаменитый ученый Р.К.Маак, добравшийся в 1857 г. до Уссури. Затем в тех местах были: в 1857—1858 гг. — географ и зоолог Г.И.Радде; в 1859—1961 гг. — ботаник К.И.Максимович. Все они собирали коллекции растений, животных, минералов, этнографические материалы, составляли карты местности. Только с этого времени и появилась возможность добыть для коллекции амурских тигров — одних из самых ярких представителей богатой фауны Уссурийского края.

Названные исследователи уже встречали тигров, но добывать для коллекций таких крупных животных еще не могли, так как не имели ни опыта, ни технических возможностей. Так обстояли дела до появления в новых землях никому еще не известного тогда молодого офицера Н.М.Пржевальского, направленного от Генштаба в служебную командировку для изучения природы и населения Уссурийского края. В течение почти трех лет Пржевальский покрыв маршрутами практически все основные части этой огромной территории, собирая при малейшей возможности коллекции животных и растений и сведения о населенных пунктах, местных жителях, путях сообщения, делая записи в дневниках о климатических условиях и о многом, многом другом. Из животных он уделял основное внимание птицам, но при случае собирал всех представителей фауны, которых мог достать и сохранить. Вот здесь и появилась возможность добыть для музеев Императорской академии наук амурских тигров. Самому Пржевальскому это не удалось, но, как явствует из его книги «Путешествие в Уссурийском крае» [3], он приобрел их шкуры у китайских торговцев и указал размеры (тела, хвоста и шерсти на разных частях тела) самой крупной шкуры. Так вот, размеры стоящего на скале тигра в нынешней экспозиции соответствуют тем, которые

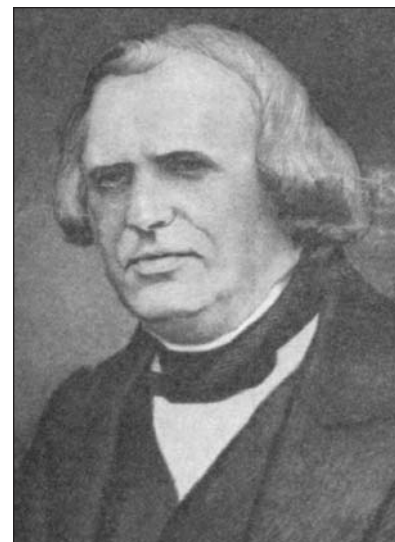
приведены Пржевальским. Конечно, в процессе изготовления таксидермической скульптуры длина тела могла быть по техническим причинам изменена, чего нельзя сказать о длине хвоста и шерсти, их размеры полностью совпадают. У меня нет никаких сомнений в том, что группа амурских тигров в нашем музее была сделана из шкур, привезенных Пржевальским из Уссурийского края. Их-то он и подарил благоволившему его деятельности российскому императору Александру Второму. И случилось это, судя по всему, сразу же по возвращении Пржевальского в Санкт-Петербург, осенью 1869 г.

Это был великолепный подарок! Конечно же, красивые шкуры зверей могли быть приготовлены в виде настенных ковров и украсили бы императорские покои. Но император решил иначе.

В попытке ответить на главный вопрос — кто именно создал этот шедевр скульптурной таксидермии, — приходится только предполагать. Но предположения эти основаны все же на известных документах.

Император, прекрасно знавший Зоологический музей, как и все члены царствующего дома Романовых, неоднократно дарил разные редкие экспонаты. Из тигриных шкур Александр Второй решил изготовить чучела и пригласил к себе preparator — таксидермиста музея И.Г.Вознесенского. Почему же именно его, разве не было других? Да, именно в эти годы других preparatorов, владеющих таксидермическим искусством, в Санкт-Петербурге не было.

Илья Гаврилович Вознесенский (1816—1871), несмотря на признание его огромных заслуг в развитии музейного дела в России и российского природоведения, до сих пор мало кому известен. Он был сыном отставного унтер-офицера, по инвалидности определенного на иждивение Академии. Мальчик оказался исключительно та-



Илья Гаврилович Вознесенский в последние годы жизни.

лантливым самоучкой, в юные годы он прекрасно препарировал шкурки зверей. В 18 лет Вознесенский получил место помощника preparatorа в Зоологическом музее. Его директором тогда был академик А.А.Штраух, под началом которого Вознесенский проработал большую часть жизни.

О Вознесенском Штраух писал: «Принимая во внимание выказанное им во время кавказской экспедиции усердие и **замечательное** (выделено мною — Р.П.) искусство в препарировании шкурок животных... Академия ... в августе 1839 г. ... отравила его в Российско-американские колонии со специальным поручением собирать там коллекции. Поручение это было выполнено Вознесенским самым блестящим образом. <...> Богатство коллекций, собранных им во время десятилетнего пребывания в Российско-Американских владениях и на восточном берегу Сибири, превосходит всякое вероятие» [4].

В 1869—1871 гг. Вознесенский был единственным в Музее preparatorом-хранителем. Он «занимался также до конца своей жизни набивкой и постановкой многочисленных животных, убитых на царских охотах,

и получил за эти работы от в Бозе почившего Императора Александра Николаевича, которому был известен лично, бриллиантовый перстень (не за этих ли тигров? — Р.П.); а впоследствии, за многочисленными и существенными заслугами по отношению к Музею, был награжден еще орденом Св. Станислава 3-й степени» [4]. Вот кем был Илья Гаврилович Вознесенский!

Еще одна важная деталь, а одновременно и ответ на третий вопрос. Эта знаменитая биогруппа, стоявшая в кабинете русского императора, была подарена именно Зоологическому музею вместе с очередной коллекцией, собранной Пржевальским и преподнесенной им императору в 1874 г., т.е. уже после кончины Вознесенского, последовав-

шей от тяжелой болезни в мае 1871 г. Для членов дома Романовых было обычным делом передавать редкости такого рода любимому ими музею. Немало подобных примеров упомянуто в длинном списке пожертвованных Зоологическому музею (за его первые 50 лет) от самых разных лиц и организаций.

Изложенная здесь история, конечно же, гипотетична. Не найдено пока ни одного документа, где было бы четко сказано, кто делал эту замечательную группу тигров и каково происхождение шкур, из которых изготовлены чучела. Мне, в частности, не удалось отыскать ни одного документа на этот счет в Центральном государственном архиве Санкт-Петербурга, несмотря на помощь

сотрудников архива. Но это вовсе не значит, что таких документов вообще нет.

К сожалению, в истории музейного дела мы, как правило, сталкиваемся с традиционным пренебрежением к работе таксидермистов всех эпох и народов. Исключений немного. В нашем музее этой традиции был положен конец только в середине прошлого века. В подписях к биогруппам, которые создал выдающийся мастер скульптурной таксидермии М.А.Заславский, впервые указано имя их создателя и время изготовления. Сколько же замечательных, но безымянных творений скульптурной таксидермии содержат многие музеи мира... Авторы этих произведений мы вряд ли узнаем когда-нибудь. ■

Литература

1. Заславский М.А. Новый метод изготовления чучел животных. Скульптурная таксидермия. Л., 1968; М., 1971.
2. Заславский М.А. Ландшафтные экспозиции музеев мира. М., 1979.
3. Пржевальский Н.М. Путешествие в Уссурийском Крае: 1867—1869 гг. СПб., 1870.
4. Штраух А. Зоологический музей Императорской Академии Наук. Пятидесятилетие его существования. Приложение к LXI-му тому Записок Импер. Академии наук, СПб., 1889.

ПРИРОДА

Над номером работали

Ответственный секретарь

Е.А.КУДРЯШОВА

Научные редакторы

О.О.АСТАХОВА

Л.П.БЕЛЯНОВА

Е.Е.БУШУЕВА

Г.В.КОРОТКЕВИЧ

К.Л.СОРОКИНА

Н.В.УЛЬЯНОВА

Н.В.УСПЕНСКАЯ

О.И.ШУТОВА

С.В.ЧУДОВ

Литературный редактор

Е.Е.ЖУКОВА

Художественный редактор

Т.К.ТАКТАШОВА

Заведующая редакцией

И.Ф.АЛЕКСАНДРОВА

Младший редактор

Г.С.ДОРОХОВА

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, Мароновский пер., 26
Тел.: (499) 238-24-56, 238-25-77
Факс: (499) 238-24-56
E-mail: priroda@naukaran.ru

Подписано в печать 15.06.2011
Формат 60×88 1/8
Офсетная печать, усл. печ. л. 10,32,
усл. кр.-отт. 67,8 тыс., уч.-изд. л. 12,2
Заказ 1475
Набрано и сверстано в редакции

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