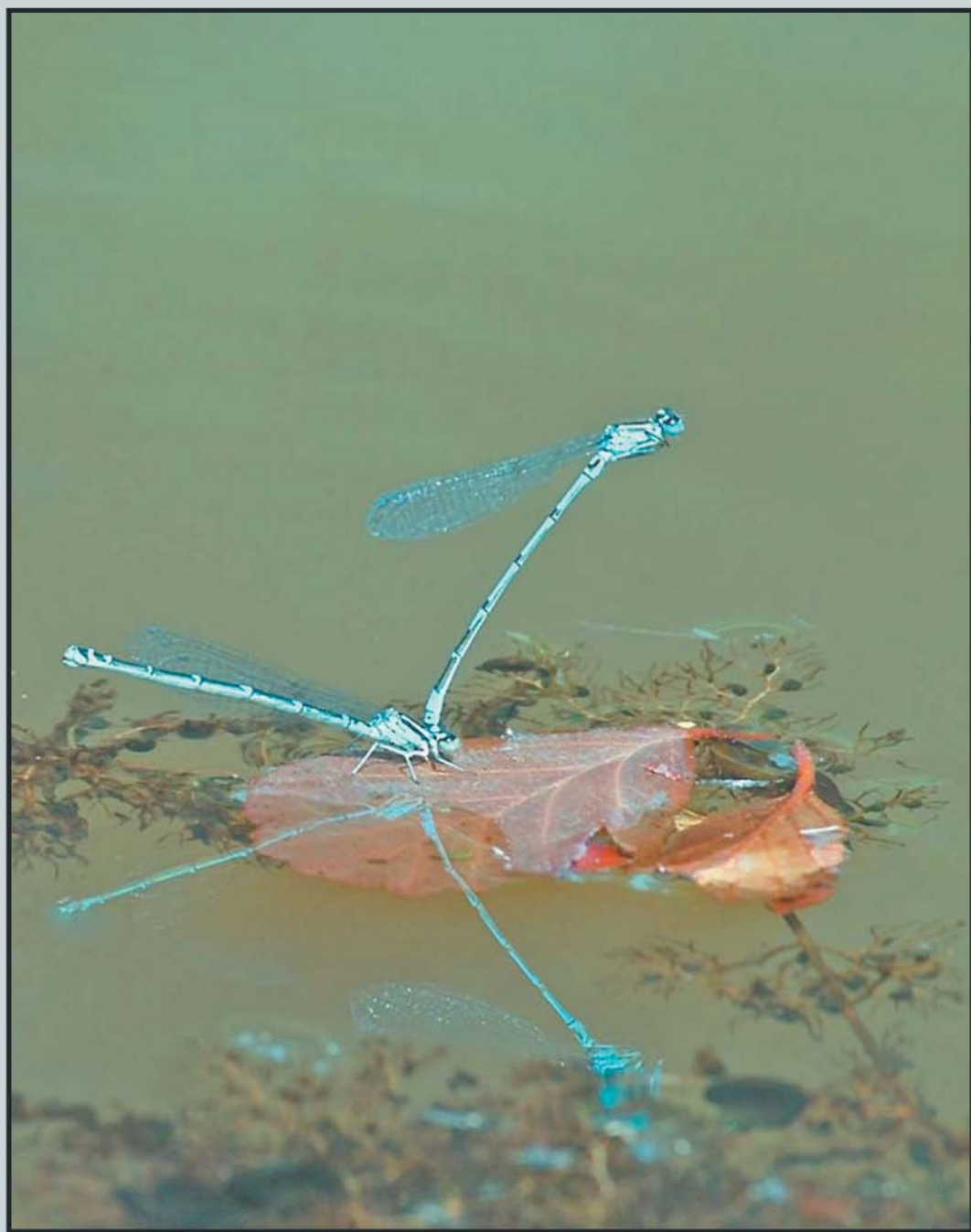


ПРИРОДА

11 09



В НОМЕРЕ:**3 Журавлев А.Ю.****Вечно неживые**

Как становятся каменными тела древних организмов? Все зависит от условий, в которых оказались тела. Без доступа кислорода они подвергаются «бальзамированию», бактерии превращают их в слепки из глины, пирита или фосфатов.

12 Ключкова В.Г.**Ярче ста тысяч солнц**

Самые массивные звезды эволюционируют быстро, а потому обнаруживаются нечасто. Как все редкое на небе, они привлекают особое внимание астрономов. И, как выясняется, не напрасно.

20 Курганова И.Н., Лопес де Гереню В.О.**К чему ведет сокращение пахотных земель**

В результате экономического кризиса в конце 90-х годов XX в. в России резко сократились площади пахотных угодий. Сегодня там восстанавливаются природные экосистемы, что делает залежные земли важным биосферным ресурсом страны.

28 Панов Е.Н., Павлова Е.Ю.**Жизнь стрекоз глазами орнитолога**

Охрана генетического отцовства — важное понятие социобиологии, одного из направлений науки о поведении животных. Авторам представилась возможность проверить правдивость этой гипотезы на двух видах стрекоз — голубых стрелках и красотках-девушках.

38 Никонов А.А.**Хаитская катастрофа****Взгляд через 60 лет**

Летом 1949 г. в Таджикистане произошло землетрясение, которое ныне относят к 10-балльному. Всего пострадало около 150 населенных пунктов. Под лавинами и оползнями погибло свыше 10 тыс. человек. Более точных данных до сих пор не было.

51 Добровольская М.В.**Древнейшие пищевые традиции европейцев**

В эпоху мезолита в большинстве регионов Европы, особенно в северной ее части, водные пищевые ресурсы использовались более активно, чем наземные.

Наследие**58****«Ты была лучшей из всех, кого я видел...»**

Письма Н.И.Вавилова

Научные сообщения**72 Кудрик И.Д.****Нефтяное загрязнение на Керченском полуострове****Вести из экспедиций****77 Булавинцев В.И.****Улар — птица высокогорная****80****Новости науки**

Телескоп «Кеплер»: первые результаты космической миссии. **Ашимбаева Н.Т.** (80). О происхождении астероидов Главного пояса. **Вибе Д.З.** (81). Изображение углеродных нанотрубок с атомным разрешением (82). Сила алмаза — в дефектах (82). Углеродные нанотрубки против бактерий (83). Редукция генома у миног. **Чудов С.В.** (83). Ранние антропоиды были родом из Азии? (84). Усадьба эпохи Ярослава Мудрого на Верхней Клязьме. **Чернов С.З.** (84).

Рецензии**87 Тоточева А.Г.****Почти все о звездах**

(на кн.: Звезды / Ред.-сост. В.Г.Сурдин)

92**Новые книги****Встречи с забытым****93 Авдеев Я.Г., Савиткин Н.И., Толкачева Т.К.**

К.Э.Циолковский — Д.И.Менделееву

CONTENTS:

3 Zhuravlev A.Yu.

Eternally Lifeless

How the bodies of ancient organisms became fossilized? Everything depends on environment conditions in which their remains occurred. In oxygen-free conditions they get «embalmed», and bacteria turn them into moulds composed of clay, pyrite and phosphates.

12 Klochkova V.G.

Brighter than Hundred Thousand Suns

The most massive stars evolve fast, and that is why they are rarely discovered. As everything rare in the sky, they attract a special attention of astronomers. And as it turned out, for good reason so.

20 Kurganova I.N., Lopes de Gerenue V.O.

What Reduction of Arable Land Brings About

As a result of economic crisis in the late nineties of 20th century the sown area in Russia was sharply reduced. Now natural ecosystems are recovered here, and this makes long-fallow acres an important biosphere resource of the country.

28 Panov E.N., Pavlova E.Yu.

Life of Dragonflies through Eyes of an Ornithologist

*Protection of genetic paternity is an important concept of sociobiology, a branch of ethology. The authors had a chance to verify this hypothesis on two dragonfly species — *Enallagma cyathigerum* and *Calopteryx virgo*.*

38 Nikonov A.A.

Khait Catastrophe A View 60 Years after

An Earthquake took place in Tajikistan in summer 1949. Now it is considered to be ten-point strong. 150 settlements were affected. More than 10000 people were killed by avalanches and mudslides. More precise data still are absent.

51 Dobrovolskaya M.V.

Oldest Dietary Habits of Europeans

During mesolite age in most regions of Europe, especially in its northern parts, aquatic food resources were used more actively than land-based.

Heritage

58

«You Were the Best of All I Have Seen...»

Letters of N.I.Vavilov

Scientific Communications

72 Kudrik I.D.

Oil Pollution at Kerch Peninsula

Notes From Expeditions

77 Bulavintzev V.I.

Ular – an Alpine Bird

80

Science News

Orbital Telescope «Kepler»: The First Results of a Space Mission. **Ashimbaeva N.T.** (80). On the Origin of the Main Belt Asteroids. **Wiebe D.Z.** (81). Image of Carbon Nanotubes with Atomic Resolution (82). The Strength of Diamonds Is Rooted in their Defects (82). Carbon Nanotubes against Bacteria. (83). Reduction of Genome In Lampreys. **Chudov S.V.** (83). Early Anthropoids Were of Asian Origin? (84). A Country Estate Dated by Time of Yaroslav The Wise at Upper Klyazma. **Chernov S.Z.** (84).

Book Reviews

87 Totochava A.G.

Almost Everything about Stars (on a book: Stars / Ed. V.G.Surdin)

92

New Books

Encounters With Forgotten

93 Avdeev Ya.G., Savitkin N.I., Tolkacheva T.K.

K.E.Tziolkovsky – to D.I.Mendeleev

Вечно неживые

А.Ю.Журавлев

Природа по-своему позаботилась об ученых, интересующихся эволюцией, — в ископаемой летописи нет-нет да и встречаются удивительные по своей сохранности остатки животных и растений. И не только в многолетнемерзлых породах последних нескольких десятков тысяч лет. С вечной мерзлотой связано больше мифов, чем реальных находок. Наиболее известные элементы мифотворчества — легенды о гигантских кладбищах застывших во льдах мамонтов. Сохранность их мягких тканей якобы такова, что хоть сейчас бери яйцеклетку (вариант — сперму) и имплантируй живой слонихе (оплодотворяя ее), чтобы получить густошерстный и высокоудойный молодой. Известны легенды и о «вмороженных пальмовых и сливовых деревьях с зелеными листьями и даже спелыми плодами», причем все эти пальмы и сливы в креационистских трудах с каждым годом становятся все равесистее.

Говорят, что дал приплод как-то мамонт, вмерзший в лед

Ныне в СМИ почему-то муссируются слухи о массовых захоронениях мамонтов и других животных, мгновенно погибших под волнами Всемирного потопа. В значительной степени рождению нездоровой сенсации поспособствовал хатангский «мамонт» Б.Бюига. В самом

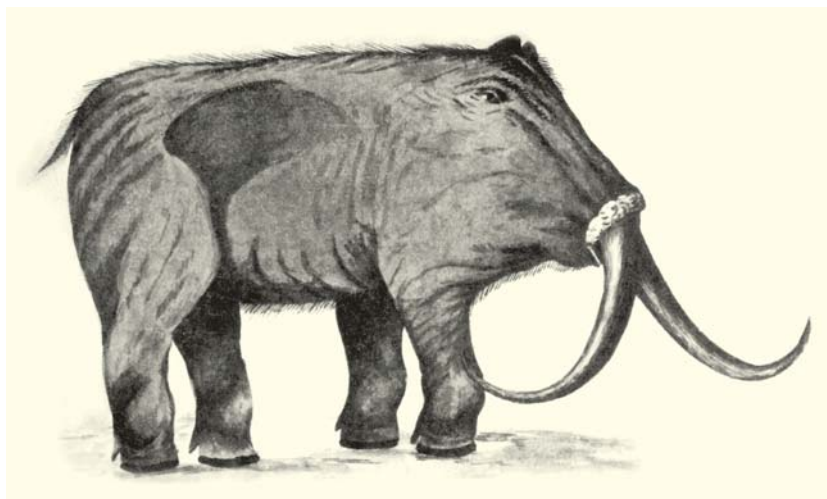


Андрей Юрьевич Журавлев, доктор биологических наук, специалист в области палеонтологии кембрия. Был ведущим научным сотрудником Палеонтологического института РАН, сейчас сотрудничает с Университетом Сарагосы (Испания). Монографии: «The Ecology of the Cambrian Radiation» (в соавторстве с Р.Райдингом; N.Y., 2000), «Atlas of the Evolving Earth» (Detroit, 2001), «До и после динозавров» (М., 2006). Постоянный автор «Природы».

конце прошлого века весь мир облетели потрясающие кинокадры — на подвеске огромного вертолета, застывшего над бескрайней заснеженной тундрой Таймыра, повисла многотонная ледяная глыба с торчащими из нее бивнями. Газетчики и тележурналисты бодро вещали, что кроме первой, уже добытой, туши мамонта, с помощью радара и другой новейшей аппаратуры обнаружено еще не менее шести мамонтовых и носорожьих трупов... На самом деле французский авантюрист Бюиг по случаю купил у местного охотника два неплохих бивня. Вывезти их из России законным путем он не мог, потому и была придумана история, раздутая двумя французскими и одной японской телекомпаниями и популярным американским каналом Discovery. Сообщалось о якобы целых, нетронутых тленом, телах, которые необходимо срочно доставить в Японию для извлечения яйцеклеток (спермы) ну и т.д. По сценарию, чтобы со-

здать необходимый эффект, бивни вморозили в лед и подцепили ледину вертолетом...

Причина гибели каждого из немногих относительно неплохо сохранившихся мамонтов, живших в разное время между 50 и 10 тыс. лет назад, была своя. Знаменитый березовский мамонт, видимо, попал в естественную ловушку — проталину в мерзлом грунте, где он сломал кости таза и плеча и почти сразу умер. Свидетельство тому — неразжеванные пучки травы во рту. Киргилыхский мамонтенок Дима отстал от стада (он хромал и страдал от сильного заражения паразитическими червями), заблудившись в ледниковых каньонах, куда его соплеменники приходили передохнуть от гнуса, и погиб от голода (найден среди ископаемых тарынов, или наледей, а его желудок и кишечник были пусты). Один из ямальских мамонят, всего двух-трех месяцев от роду, утонул в холодном приледниковом болоте (его шкура покрылась ми-



Первая найденная мумия мамонта (дельта р. Лены).
Зарисовка купца Р. Болтунова.

нералом вивианитом, характерным для торфяников) [1]. Объединяет всех относительно целых мамонтов только одно обстоятельство — каждый сразу оказался в естественном холодильнике. Что касается их сохранности, то и она «несколько сильно» преувеличена. Несмотря на неплохой внешний вид, у мерзлых туш более-менее сохраняются только покровные и соединительные

ткани. Не удалось даже наскрести достаточно материала для анализа ДНК (которую, кстати, предпочтительнее добывать из бивней и волос, а отнюдь не из мягких тканей), чтобы установить, с каким современным слоним мамонт находится в более близком родстве — с африканским или индийским.

Несмотря на все эти «но», мерзлые туши представляют со-

бой редчайший и важнейший ископаемый материал. Впрочем, не только многолетнемерзлые породы способны сохранить уникальные палеонтологические объекты.

Неплохо сберегает древности и горный воск, озокерит, — вещество, действительно напоминающее по составу воск: оно содержит парафины, а также жидкие нефтяные масла, смолы и газообразные углеводороды. Неудивительно, что животное, попавшее в озокеритовое болото, подвергается естественному бальзамированию. Природными ловушками-саркофагами, которые в течение сотен лет накапливали своих жертв, были и озера со смолистым (гудроновым) придонным слоем. Завязнув в нем, животное не могло уже выбраться, а смолы предохраняли тушку от падалядов и гниения (окисления). Наиболее известные ископаемые гудроновые озера — мессельское в Германии (эоцен, 50 млн лет) и Ранчо Ла-Брея на западе США (плейстоцен, 100 тыс. лет). В первом из них сохранились плоды цитрусовых деревьев, пальмы, водяные лилии; летучие мыши с «крыльями» и полным желудком; древнейшие муравьед и панголин. (Их остатки свидетельствуют о том, что эти группы млекопитающих произошли в Европе. Ныне же муравьеды обитают только в Центральной и Южной Америке, а панголины — в Африке и Юго-Восточной Азии.) Найден в Мессельском карьере один из лошадиных предков, ростом с комнатную собачку, имевший по четыре копытца на каждой ноге и питавшийся исключительно сочными древесными плодами, и необычные насекомоядные — лептиктидии, бегавшие на задних лапах (30 см высотой). Блестевшая под солнечными лучами поверхность гудронового озера Ла-Брея особенно привлекала перелетных птиц. Ныне отсюда уже описано больше 100 видов пернатых, а кроме них — крупные обитатели североамериканской прерии: масто-



Муმიфицированная голова Юкагирского мамонта.
Копия, Музей мамонта в Якутске.



Более чем 100-летний амбар для хранения мяса (Якутия). За счет эффекта вечной мерзлоты оно сохраняется даже при наружной температуре $+35^{\circ}\text{C}$.

донты, бизоны, саблезубые млекопитающие (скелетные остатки последних, польстившихся на легкую добычу, особенно обильны).

К смолистым веществам, прекрасно сохраняющим ископаемые остатки, относится янтарь — окаменевшая смола хвойных деревьев. Причиной тому служат плотная укупорка, предотвращающая доступ кислорода к тканям, и обеззараживающие свойства химических соединений в составе янтаря — высокомолекулярных органических кислот. (Эти свойства издревле известны и человеку: египтяне использовали янтарь для бальзамирования мумий, а китайцы покрывали им деревянные поделки для лучшей сохранности.) Благодаря находкам в янтаре открыты

тысячи ископаемых видов целиком сохранившихся одноклеточных организмов, грибов, растений и животных, особенно много насекомых. «Забальзамированы» также редчайшие в палеонтологической летописи паразитические круглые черви и волосатики вместе со своими хозяевами, онихофоры, клещи, пауки. Конечно, возможности янтарных «захоронений» не бесконечны. Сохраняются только не слишком крупные организмы, обитавшие на определенных видах деревьев, существовавших в основном в середине раннего мела — конце эоцена (135—38 млн лет назад). Вероятно, это были представители семейств кипарисовых и таксодиевых (болотных кипарисов), близких

к «живому ископаемому» — метасеквойе. Недавно древнейший янтарь, видимо, произведенный вымершими примитивными хвойными из семейства хейролепидиевых, нашли в верхнетриасовых отложениях (220 млн лет) итальянских Долмитовых Альп. Янтарные капельки не превышают нескольких миллиметров в поперечнике, потому и организмы они содержат лишь самые мелкие. Но зато там находится целое микросообщество почти в трофической полноте, т.е. с продуцентами (бактерии и одноклеточные зеленые водоросли), консументами (ресничные инфузории, древнейшие наземные раковинные амебы) и редуцентами (паразитические сумчатые грибы) [2].



Испанское местонахождение Муреро (Арагон).

Иногда из организмов, застывших в янтаре, удается извлечь и фрагменты ДНК. Однако история, запечатленная М.Крайтоном в «Парке юрского периода» и С.Спилбергом в одноименном фильме, навсегда останется фантастикой — слишком незначительны эти участки ДНК и недостаточно хороша их сохранность.

Керамические трилобиты

Более древние, чем мезозойские, остатки (и целый ряд мезо-кайнозойских тоже) мягкотелых организмов связаны с необычными условиями захоронения и преобразования тканей и клеток. Один из таких процессов — пиритизация, образование слепков мягких тканей жи-

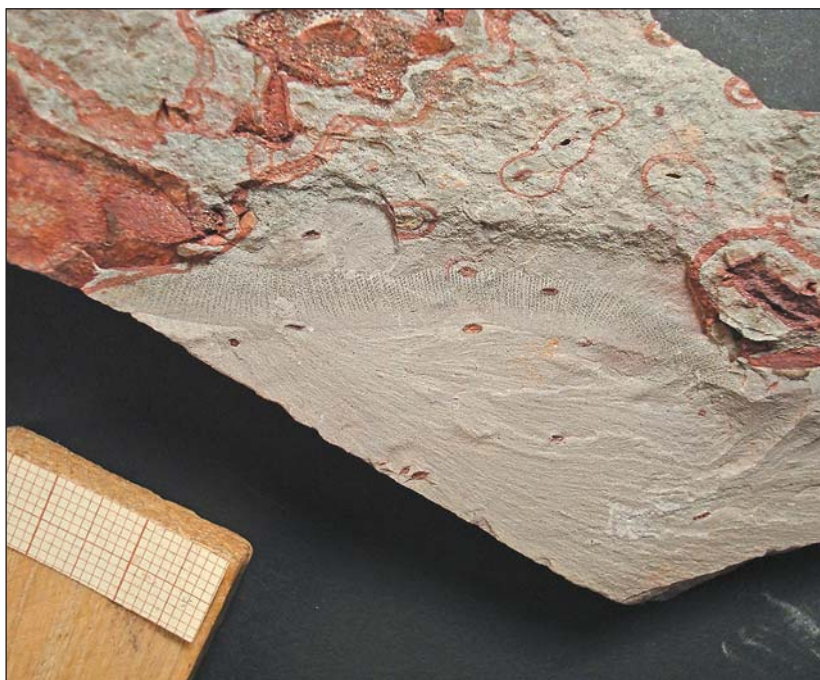
вотного. Слепки эти «выполнены» кристаллами пирита (серного колчедана). Оба элемента минерала, сера и железо, содержатся в тканях в достаточном количестве. Важно, чтобы сам организм сразу после смерти оказался в среде, куда нет доступа кислороду и где процветают серные бактерии. Они-то и связывают эти элементы, образуя зерна пирита, которые дальше развиваются в кубические или ромбоэдрические кристаллы. Когда осадок уже становится горной породой, пирит окисляется, превращаясь в различные окислы и гидроокислы железа, но форма кристаллов сохраняется, а с ней и форма всего тела. Благодаря пиритизации в верхнеордовикском слое Бичера (штат Нью-Йорк) уцелели в виде слепков вымершие чле-

нистоногие — трилобиты со всеми их многочисленными конечностями, а в нижнедевонском сланце Хунсрюк (Германия) — гигантские пантоподы [3]. Самые «свежие» пиритизированные ископаемые обнаружены в железных рудниках Европы — это тела упавших в шахты древних рудокопов.

Нередко остатки морских организмов подвергаются фосфатизации — замещению тканей минеральными соединениями. Так сохраняются небольшие организмы (мелкие членистоногие, пятиустки, тихоходки) и их личинки, даже мельчайшие щетинки и поры (не более 1 мкм величиной), но... только фрагменты конечностей (менее 2 мм размером) крупных особей [3]. Источник самого фосфата может быть внешним, когда он вымыва-

ется с поверхности суши. Прибрежные морские воды насыщаются этим соединением, и образуются захоронения того же типа, что в кембрийском местонахождении Эрстен (Швеция), давшем название такому типу минерализации. А открыл его немецкий палеонтолог К.Мюллер в 1960-е годы. Источник внутренний — это мягкие ткани, они содержат достаточно фосфата. Опыты показывают, что если животное быстро гибнет в бескислородной среде, сохранности его остатков способствуют анаэробные бактерии. Как раз они поддерживают условия, благоприятные для роста мельчайших кристалликов фосфатных минералов — в основном апатита. Этими кристалликами в течение короткого времени (от нескольких часов до первых недель) обрастают липопротеиновые покровы организма, создавая его точный полый слепок [4]. За счет фосфатизации сохранились даже ископаемые эмбрионы и личинки, на которых можно подсчитать количество бластомеров, проследить характер дробления и начальные стадии развития организма [5]. Важнейшие местонахождения таких остатков — в Южном Китае, Северной Монголии и Восточной Сибири (нижнекембрийские отложения, около 540 млн лет). Найденные фосфатизированные эмбрионы принадлежали головохоботным червям и кишечноротовым. В небольших фосфатных стяжениях (конкрециях) слепки организмов встречаются и в более поздних кембрийских и нижнеордовикских слоях.

Характер минерализации в них другой, вероятно, за счет анаэробных бактерий, мобилизующих фосфаты из мягких тканей самого животного. Их постепенный распад протекает с поглощением кислорода и повышением кислотности, что мешает осаждению карбонатов и благоприятствует развитию бактерий. Так что, как ни парадоксально, в подобных условиях разложение мягкого тела и служит при-



Глиняный головохоботный червь. Хлорит, 500 млн лет.

чиной его сохранения. В отличие от мелких внешних фосфатных слепков, как в местонахождении Эрстен, получаются полные реплики отдельных клеток, тканей и органов. Особенно хороши реплики сарколеммы (чехлов, покрывающих мускульные волокна) и коллагеновых воло-

кон, при жизни содержавших немало фосфора. Иногда фосфатируются и клетки самих бактерий. Известнейшие из таких местонахождений — верхнеюрский известняк Зольнхофен (около 145 млн лет) в Германии, в котором найден археоптерикс, и нижнемеловая формация Санта-



Глиняный отпечаток кембрийского иглокожего. Хлорит, 500 млн лет.



Глиняный трилобит. Хлорит и иллит, 500 млн лет.

на (примерно 115 млн лет) на северо-востоке Бразилии. Там в виде фосфатных копий уцелели разнообразные летающие ящеры с летательными перепонками и рыбы со всей чешуей.

Третий вариант посмертной минерализации организмов получил подтверждение лишь в последние годы, хотя сами местонахождения подобного типа были выявлены ровно 100 лет назад. Честь открытия первого из них принадлежит американскому палеонтологу Ч.Уолкотту

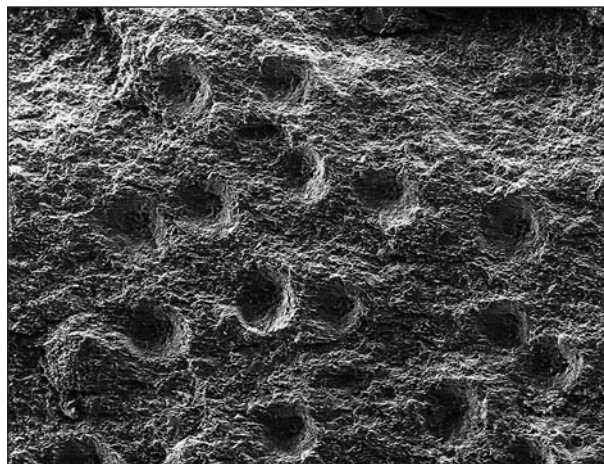
(в этом году прямо на месте открытия прошел международный симпозиум, посвященный первооткрывателю и его необычным организмам). Работая в диких заснеженных горах западной Канады, он обнаружил в среднекембрийском сланце Берджесс необычайно полные отпечатки разных, как тогда представлялось, водорослей, губок, медуз, кольчатых червей и членистоногих. Их подробные описания исследователь опубликовал в нескольких объемистых

книгах. В 1970-е годы на поразительную сохранность этих организмов обратил внимание английский палеонтолог Г.Уиттингтон. Ему удалось организовать многолетнюю экспедицию в местонахождение Берджесс, поддержанную Кембриджским университетом и Канадской геологической службой. Участники этой эпопеи не только собрали десятки тысяч новых образцов и описали множество неизвестных видов. Они иначе взглянули на находки Уолкотта и выявили некоторые закономерности образования захоронений, подобных берджесскому. Теперь такие лагерштетты (по-русски — залежные места) обнаружены по всей Северной Америке, в Австралии, Китае, России и Испании. Наиболее интересные среди них — Сириус-Пассет в Гренландии (самое древнее), Чендзян в Китае (самое богатое), Синское в Сибири (самое необычное) и Муреро в испанском Арагоне (самое продолжительное по времени). Удивительно, что все они приурочены к незначительному временному интервалу, названному кембрийским тафономическим окном. Это середина раннекембрийской — середина среднекембрийской эпохи (около 520—500 млн лет назад).

Когда был переосмыслен «бестиарий» Уолкотта, выяснилось, что остатков кишечнорастворимых в сланце Берджесс нет.



Замещенный хлоритом коллаген.



Деталь покрова головохоботного червя. Хлорит.

То, что американский палеонтолог счел за медуз, не имело к ним никакого отношения. Они оказались либо ротовыми дисками необычных и огромных по меркам кембрийского мира (до 1 м в длину) хищников аномалокаринид, либо странными планктонными вторичноротыми животными — парасомеидами (впрочем, не исключена их принадлежность к лофофоратам). А «кольчатые черви» Уолкотта в новом свете предстали в основном головохоботными червями и тардиполиподами. Эти многоногие животные несколько напоминали современных онихофор и тихоходок*. Кроме того, в кембрийских лагерштеттах действительно присутствуют целые талломы разных водорослей, скелеты спикульных губок, брахиоподы с ножками и чувствительными щетинками, разнообразными членистоногие с конечностями и органами пищеварения (иногда наполненными остатками последней трапезы), а также отпечатки древнейших гребневиков, щетинкочелюстных и хордовых. Объединяет все эти организмы одно: у них есть достаточно прочные покровы, которые и предохраняют тела от быстрого распада. Именно с массового распространения подобных организмов в середине раннекембрийской эпохи началось образование таких же, как берджесский, лагерштеттов.

Кроме того, все эти местонахождения приурочены к относительно глубоководным морским отложениям, состоящим из очень мелких, микроскопических, обломков и глинистых частиц. Последние служили своеобразным упаковочным материалом. А кембрийские морские глубины с пониженным содержанием растворенного кислорода еще не были освоены роющими организмами. Такие животные в считанные дни способны переработать современные

* Подробнее о необычных кембрийских животных см.: Журавлев А.Ю. Тени закрытых предков // Природа. 2009. №3. С.22—29.

морские осадки так, что почти ничего целого в них не остается. Роющие организмы добрались туда только к концу кембрийского периода, что и стало одной из причин исчезновения лагерштеттов, подобных берджесскому. Но, вероятно, не главной причиной. Ведь эти остатки были не просто отпечатками. Долгое время на вопрос о минералогическом составе ископаемых из сланца Берджесс ответа найти не удавалось. Сланец подвергся заметным минералогическим превращениям в результате метаморфизма, и ныне эти ископаемые представляют собой углистые образования, покрытые слюдястой или кварцевой корочкой [6, 7]. Однако когда подобные остатки из испанского местонахождения Муреро были изучены, выяснилось, что и покровные ткани, и раковины (вплоть до их до тончайших деталей) состоят из разных глинистых минералов. В основном это призмы зеленого хлорита и шестоватые кристаллы серебристого иллита, какие именно минералы, зависит от исходной морфологии ткани [8].

Вероятно, и эти минералы не первичны, а являют собой результат замещения менее устойчивых глин верденского комплекса в процессе превращения морского осадка в горную породу. Сами же эти глины образуются в морских условиях и часто обволакивают скелетные и мягкие ткани умерших морских организмов. Нужно только, чтобы их перекрыл хотя бы незначительный слой глинистого осадка и установилась анаэробная среда, благоприятная для бактерий. Они-то и ускоряют новообразование глинистых минералов, поскольку электростатический заряд клеточной оболочки и выделяемые бактериями полисахариды способствуют быстрой коагуляции глин [9—11]. Вместо организма получается его глинистый слепок приятно-изумрудно-зеленого или серебристого цвета, своего рода природная керамика.

Во всех случаях минерализации (с образованием пирита, фосфатных и глинистых минералов) участвовали бактерии. Они получали достаточно энергии при окислении неорганических соединений — фосфатов (эрстен, Зольнхофен, Сантана) или окислов железа (Берджесс, слой Бичера, Хунсрюк) и других металлов. Именно от источника энергии зависел характер минерализации организмов.

Кровь динозавра и прочие курьезы

Интересно, что иногда очень быстрый распад мягких тканей благоприятствует сохранности деталей тела животного в окаменевшем состоянии. Так уцелели всевозможные древнейшие наземные членистоногие, многощетинковые черви и другие микроскопические организмы в нижнесилурийских отложениях (около 425 млн лет) Херефордшира (Англия). Тельца были буквально выжжены вулканическим пеплом (подобно телам людей, погибших в Помпеях при извержении Везувия в 79 г.), а оставшиеся полости мгновенно заполнил известковый раствор, со временем превратившийся в крепкий кальцит.

Еще интереснее случай с лягушками, некогда (примерно 10 млн лет назад) квакавшими в болотах Арагона. Болота эти располагались рядом с залежами самородной серы, судя по типу кристаллов, бактериального происхождения. (Когда рыли карьер для добычи серы, и нашли лягушек; ныне он, к сожалению, затоплен.) Мертвые лягушки, а также саламандры, попали в придонный ил, насыщенный серой, и этот элемент прореагировал с самой неустойчивой тканью — костным мозгом. В результате сохранилась даже его клеточная структура. Размер пор в костях взрослых особей достаточен для проникновения ионов серы, но слишком мал, чтобы туда попали бактерии.

Поэтому у личинок с еще недостаточно развитыми костями, а также в поврежденных костях подобное замещение не произошло [12]. Мягкие ткани, не защищенные костной оболочкой, сохранились только в виде своего рода посмертной маски из фосфатной пленки, созданной на коже бактериями, или полностью исчезли. Красновато-желтый цвет минерального соединения серы с железом, содержавшимся в гемоглобине, придает лягушачьему костному мозгу особенно свежий вид, хотя это только камень.

Нечто похожее случилось с остатками самого известного хищного динозавра — тираннозавра из формации Хелл-Крик (шт. Монтана), в которой захоронены скелетные фрагменты одних из последних динозавров (около 68 млн лет). Мощные, сильно минерализованные, кости подобных крупных животных представляют собой своеобразные герметичные контейнеры. В них некоторые органические соединения и образованные ими структуры, защищенные от доступа кислорода, могут храниться десятки миллионов лет. Формация представляет собой русловые песчаные отложения, накопившиеся в речном эстуарии. Попавшие в них костные остатки были быстро перекрыты наносами и благодаря пористости песчаников обезводились. Потому и сохранились гораздо лучше, чем в подстилающих и перекрывающих глинах. Именно из песчаников извлечены бедренная и большеберцовая кости молодого тираннозавра (судя по кольцам нарастания, ему в момент гибели было примерно 18 лет). Группа американских палеонтологов под руководством М.Швейцера обнаружила в серцевинной части этих костей кровеносные сосуды с мельчайшими тельцами. Формой, размером и цветом они напоминали клетки крови, а также костные клетки — остециты. После растворения

минеральной составляющей сосуды стали прозрачными, объемными и эластичными: они растягивались, скручивались, сжимались, словно свежие анатомические препараты [13, 14]. А в костной ткани сохранились вполне определимые фрагменты белка-коллагена, по составу более всего напомилавшего птичий (впрочем, сравнение с аналогичными белками каких-либо пресмыкающихся пока не проводилось) [15].

Ученые пытались заглянуть внутрь костей еще во времена профессора Челленджера (героя нескольких произведений Конан Дойла), но лишь техника XXI в. позволила рассмотреть, что там внутри. Однако вряд ли стоит рассчитывать на множественные повторения подобных находок: каждая формация уникальна в своей истории, от времени образования до того момента, когда геологические силы вновь вскроют пласты. Да и кости того же динозавра, которые пролежали извлеченными из породы всего два года, уже почти лишились своей органики. Впрочем, это не значит, что дальнейшие поиски подобных объектов бессмысленны. Коллаген, структурно представляющий собой тройную полимерную спираль с правильным, как в кристаллах, расположением атомов, — один из самых устойчивых белков и вообще органических соединений [16, 17]. Из коллагена, например, построены трубки червей вентифер, живущих рядом с горячими глубокоководными источниками. Фрагменты этого белка вполне могли сохраниться в костных остатках молодого тираннозавра за счет полимеризации в бескислородных условиях с участием свободных радикалов, например ионов железа, обильных в кровеносных органах. (Эти же ионы окрашивают и кровь, и некоторые минералы в красный цвет.) После стабилизации молекулярных фрагментов их дальнейший распад прекращается. (То же

происходит и с белком крови — гемоглобином. Он легко кристаллизуется, а железосодержащее порфириновое кольцо этой полимерной молекулы практически неуничтожимо — такие продукты распада гемоглобина были извлечены из кости другого ящера.) В эластичности подобных структур тоже ничего странного нет — упругость проявляют и скелеты вымерших полухордовых граптолитов, которым 440 млн лет, хотя совершенно никакой первичной органики в них не осталось. Есть только вторичные полимеры, претерпевшие значительную полимеризацию в недрах Земли. А стоит ли удивляться тому, что целлофан и через сотни миллионов лет будет прозрачным и растяжимым? Особенно если его заключить в минеральную пленку, а затем, спустя миллионы лет, растворить ее. Это, вероятно, и произошло со стенками кровеносных сосудов динозавра [14].

На первый взгляд список уникальных захоронений кажется набором курьезов. Это далеко не так.

Во-первых, такие термины, как «мягкие ткани», «клетки» и «органические молекулы», в применении к палеонтологии (кроме мерзлых туш) не стоит понимать буквально. В химии ведь термин «органическое вещество» совсем не означает, что это вещество было произведено организмом или добыто из него. Речь идет о минеральных образованиях, замещающих или реплицирующих первично неминерализованные компоненты тела с сохранением их формы, а иногда даже цвета и некоторых химических особенностей. Органические полимеры — тоже минеральные образования, причем их структура правильнее, чем у некоторых неорганических минералов.

Во-вторых, большинство хорошо сохранившихся организмов погибло, а не умерло своей смертью. И погибли они внезапно — в ледяной или смоляной

ловушке, в полноводной реке (динозавры из Хелл-Крик), под пеплопадом (Херефордшир), в серных эманациях (земноводные Арагона) или под мутьевым облаком (кембрийские лагерштетты). По этой причине и захоронение их произошло достаточно быстро, а осадочный покров надежно защитил мертвые тела от хищников и падальщиков, способных в считанные дни полностью уничтожить любые трупы. Сам осадок, как правило, — хороший упаковочный материал, хотя мелкие организмы прежде или попадали в смолу, или были «пересыпаны» мельчайшими частицами, а для гигантских динозавровых костей годился и хорошо промытый песок. Органика, запрятанная в костях, оказывалась в двойной оболочке. Плотная упаковка предотвращала доступ кислорода и тем самым мешала гниению, но позволяла совершать свою работу различным анаэробным бактериальным сообществам. Благодаря им происходила полимеризация органических молекул и/или осаждение минералов, создающих слепки. Минералы тоже образовывались не любые, а на основе тех элементов, которые изначально содержатся в любом те-

ле. Это сера и железо (пирит), фосфор и кальций (апатит), железо, магний, калий и натрий (глинистые минералы). Недостаточные компоненты добывались из окружающей среды — морской воды и минеральных растворов, циркулирующих в осадке.

Не случайно открывались и закрывались разные тафономические окна. Кембрийское тафономическое окно закрылось примерно в то время, когда перестали образовываться фосфатизированные слепки, подобные тем, что имеются в местонахождении Эрстен. И это совпадение вполне закономерно. Именно тогда на смену холодной раннекембрийской эпохе пришла первая фанерозойская парниковая эра, продлившаяся до начала каменноугольного периода. Поменялся характер выветривания на суше, а это привело к поступлению в морские осадки иных элементов, не столь благоприятных для образования фосфоритов и определенных глинистых минералов [18]. Лишь в редких случаях, когда вновь наступали холодные времена, появлялись лагерштетты, напоминающие кембрийские. Например, верхнеордовикский сланец Сум в Южной

Африке (около 445 млн лет), где сохранились полные отпечатки гигантских конодонтов, выполненные глинистыми минералами и алунином (водным сульфатом) [19]. В мезо-кайнозойское время подобная минерализация происходила только в озерных отложениях. Возможно, именно так сохраняются отпечатки шкуры некоторых динозавров — во всяком случае это не мумии. К сожалению, тафономия многих уникальных мезозойских озерных отложений еще не изучена [20].

Именно тафономия (буквально — законы погребения) занимается поиском закономерностей в захоронении различных организмов. (Отсюда, кстати, и выражение «тафономическое окно».) Впервые ввел в обиход данное понятие и основал саму науку, находящуюся на стыке палеонтологии, геологии, гео- и биохимии, советский ученый и писатель И.А.Ефремов в 1940-е годы. Он определял эту науку так: «тафономия — это изучение перехода органических остатков из биосферы в литосферу». Эту мысль можно выразить и по-другому: тафономия — это изучение перехода от биологической сиюминутности в геологическую вечность. ■

Литература

1. Тихонов А.Н. Мамонт. М.; СПб., 2005.
2. Schmidt A.R. et al. // Nature. 2006. V.444. P.835.
3. Maas A. et al. // Palaeoworld. 2006. V.15. P.266—282.
4. Briggs D.E.G. // Annu. Rev. Earth Planet. Sci. 2003. V.31. P.275—301.
5. Donoghue P.C.J. et al. // Evolution & Development. 2006. V.8. P.232—238.
6. Gaines R.R. et al. // Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol. 2005. V.220. P.193—205.
7. Butterfield N.J. et al. // Palaeontology. 2007. V.50. P.537—543.
8. Zhuravlev A.Yu. et al. // Internat. Conf. Cambrian Explosion, Walcott 2009. P.32—33.
9. Konhauser K.O., Urrutia M.M. // Chemical Geol. 1999. V.161. P.399—413.
10. Kim J.-W. et al. // Clays and Clay Minerals. 2005. V.53. P.572—579.
11. Jaisi D.P. et al. // Clays and Clay Minerals. 2007. V.55. P.96—107.
12. McNamara M.E. et al. // Geology. 2006. V.34. P.641—644.
13. Schweitzer M.H. et al. // Science. 2005. V.307. P.1952—1955.
14. Schweitzer M.H. et al. // Proc. R. Soc. B. 2007. V.274. P.183—197.
15. Schweitzer M.H. et al. // Science. 2005. V.308. P.1456—1460.
16. Bann J.G., Bächinger H.P. // J. Biol. Chemistry. 2000. V.275. P.24466—24469.
17. Schumacher M. et al. // J. Biol. Chemistry. 2005. V.280. P.20397—20403.
18. Zhuravlev A.Yu., Wood R.A. // Geology. 2008. V.36. P.923—926.
19. Gabbott S.E. et al. // Proc. Yorkshire Geol. Soc. 2001. V.53. P.237—244.
20. Shcherbakov D.E. // Alavesia. 2008. V.2. P.113—124.

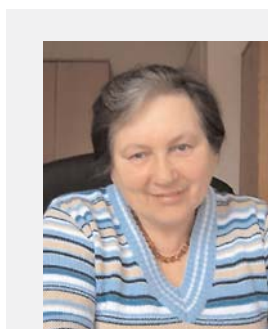
Ярче ста тысяч солнц

В.Г.Клочкова

Такова уж природа человеческого сознания, что редкие предметы и явления всегда удостаиваются особо пристального нашего внимания и в искусстве, и в научной работе, и в обыденной жизни. И в мире звезд особый интерес астрономов вызывают редко встречающиеся объекты, к которым, в частности, относятся звезды, наблюдаемые на быстрых фазах эволюции. Про один из таких типов звезд — протопланетарные туманности — мы рассказали ранее [1]. Здесь речь пойдет о столь же быстро эволюционирующих, а потому нечасто обнаруживаемых астрофизических объектах — самых массивных звездах. Несмотря на свою малочисленность, массивные звезды, изменяя в ходе своей эволюции химический состав и активно теряя вещество за счет мощного ветра, оказывают влияние на формирование Галактики, да и Вселенной в целом. Заглянем в посвященный им обширный раздел современной астрофизики, насколько это позволит сделать объем небольшой статьи.

Абсолютные чемпионы

Будучи близкими к протопланетарным туманностям по высокой скорости эволюции, массивные звезды принципиально отличаются от них по своим фундаментальным характеристикам — внутренней структуре, величине излучаемого потока лу-



Валентина Георгиевна Клочкова, доктор физико-математических наук, профессор, заведующая лабораторией астроспектроскопии Специальной астрофизической обсерватории РАН. Занимается изучением эволюции звезд и галактических звездных популяций, звездного нуклеосинтеза, генерации и эволюции магнитных полей звезд.

чистой энергии F , темпу потери вещества, по конечным продуктам эволюции. К массивным относят звезды с исходными массами более 9—10 масс Солнца (M_{\odot}). Подобные объекты встречаются очень редко: к примеру, в нашей Галактике на одну звезду с массой $20 M_{\odot}$ приходится около 100 тыс. аналогов Солнца, а на одну звезду с массой под $100 M_{\odot}$ их насчитывается около миллиона! Будучи самыми массивными, эти звезды оказываются и самыми яркими, населяя верхнюю область диаграммы Герцшпрунга—Рессела. (Поясним, что диаграмма Герцшпрунга—Рессела отражает наблюдаемую взаимосвязь между абсолютной светимостью и эффективной температурой звезд различных масс. Абсолютная светимость звезды L связана с величиной потока F , излучаемого с 1 см^2 поверхности за 1 с , формулой $L = 4\pi R^2 F$, где R — радиус звезды. Эффективная температура звезды — температура абсолютно черного тела, излучающе-

го с единицы поверхности поток $L/4\pi R^2$.) Абсолютная светимость самых массивных звезд более чем в 10^5 раз превышает таковую у Солнца. Их полный поток лучистой энергии настолько велик, что сопоставим с интегральной светимостью шаровых скоплений и даже карликовых галактик. Очевидно, что продолжительность жизни столь интенсивно излучающей светила не может быть большой: время жизни массивных звезд составляет несколько миллионов лет, в то время как для их менее массивных сестер оно измеряется миллиардами лет.

Еще более полувек назад астрономы поняли, что звезды рождаются в группировках (скоплениях, ассоциациях). На рис.1 приведен снимок очень молодого компактного скопления NGC 346 в Малом Магеллановом Облаке; угловое разрешение камеры космического телескопа «Hubble» позволяет разглядеть на снимке отдельные звезды. Членами этого скопле-

*Грандиозные вещи делаются грандиозными средствами.
Одна природа делает великое даром.*

А.И.Герцен. Былое и думы

ния оказались свыше 20 массивных звезд спектрального класса O. На рис.2 приведен аналогичный снимок звездной колыбели в Большом Магеллановом Облаке. Эта обширная область звездообразования 30 Dor — рекордсмен в нашей Галактике (вероятно, и в Местной группе галактик) по количеству массивных звезд. Оба снимка служат отличной иллюстрацией типичности процесса группового рождения звезд.

Возникает вопрос о верхней границе величины массы (и светимости) звезд. Есть ли тут вообще какой-то предел или масса звезды может быть произвольной и сколь угодно большой? Какие ограничения на эти величины накладывают законы физики? Теоретические модели рассчитаны для звезд с массами до $1000 M_{\odot}$, но наблюдать таких «монстров» пока не приходилось. Задача о максимально возможной светимости звезды рассматривалась еще столетие назад А.Эддингтоном. Он оценил предельную светимость звезды (так называемый предел Эддингтона) из равенства ускорения силы тяжести, направленного к центру звезды, и ускорения, вызванного лучистым давлением. Когда светимость звезды достигает предела Эддингтона, ее атмосфера становится неустойчивой. Самые горячие (их эффективная температура $T_{\text{эф}} \approx 50$ тыс. К), *непроеволюционировавшие*, звезды имеют массы около $100 M_{\odot}$ и светимости примерно $2 \cdot 10^6 L_{\odot}$ — это известный нам сейчас «потолок». Так, рекордсменами по светимости считаются ярчайшие звезды в Магеллановых Облаках — этот показатель у них превышает солнечную в миллионы раз! Столь же высокую светимость имеет звезда ζ Pup в созвездии Корвы, интересная тем, что она — одна из самых горячих и массивных, с $T_{\text{эф}}$ выше 50 тыс. К и массой около 90–100 M_{\odot} (для сравнения напомним, что эффективная температура Солнца около 5600 К, т.е. на порядок ни-

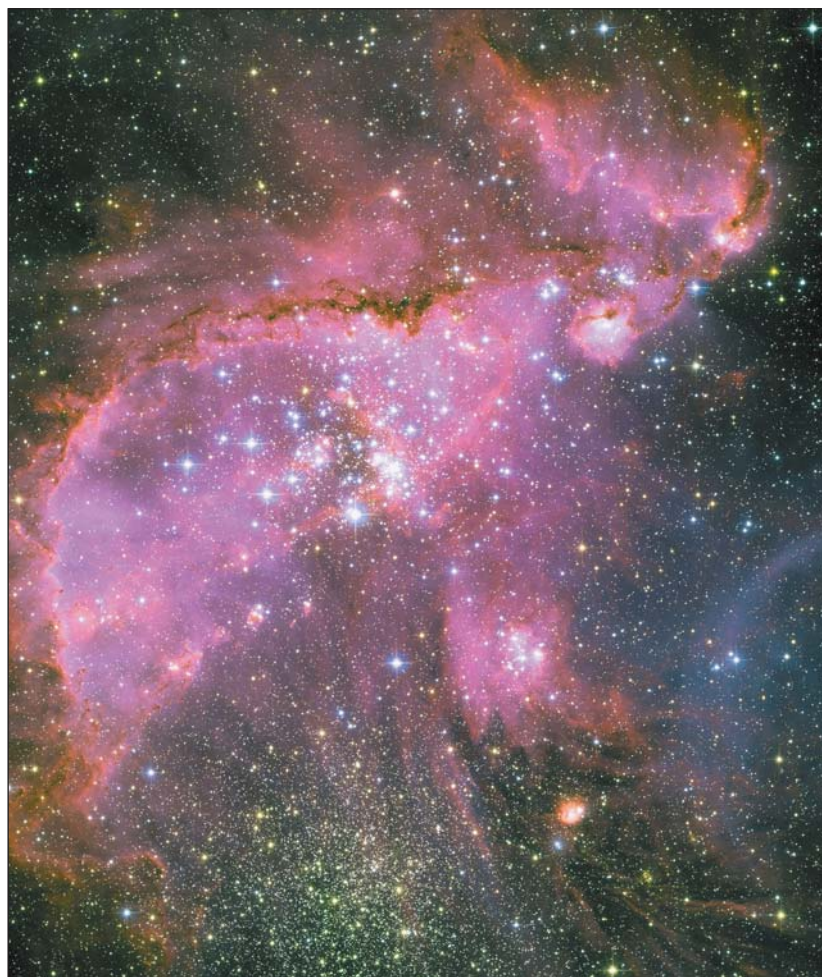


Рис.1. Скопление NGC 346 в Малом Магеллановом Облаке содержит множество массивных звезд.

Здесь и далее фото из архива телескопа «Hubble»

же). Самые массивные звезды находятся вблизи предела Эддингтона, поэтому в течение всей своей жизни массивные звезды должны интенсивно терять вещество.

Термин «массивные звезды» объединяет объекты различной природы: голубые переменные звезды высокой светимости LBV (аббревиатура от английского Luminous Blue Variables) — *самые массивные*, находящиеся вблизи эддингтоновского предела светимости; *менее массивные* В[e] звезды, пережившие стадию быстрого обмена веществом в двойной системе; наконец, группы *проеволюционировавших* гипер- и сверхгигантов спектральных классов OBA. Ре-

зультаты исследований этих звезд имеют отношение к целому комплексу проблем физики и теории эволюции массивных звезд. Перечислим некоторые из стоящих здесь задач: описание неоднородного и несимметричного звездного ветра, изучение внутренней структуры массивных звезд, моделирование их неферических атмосфер с учетом эффектов отклонения от термодинамического равновесия, поиск заключительных стадий эволюции и в связи с этим — изучение таких объектов, как звезды Вольфа—Райе, сверхновые звезды, черные дыры.

Звезды рождаются из межзвездной среды и возвращают обратно в нее материю, перера-

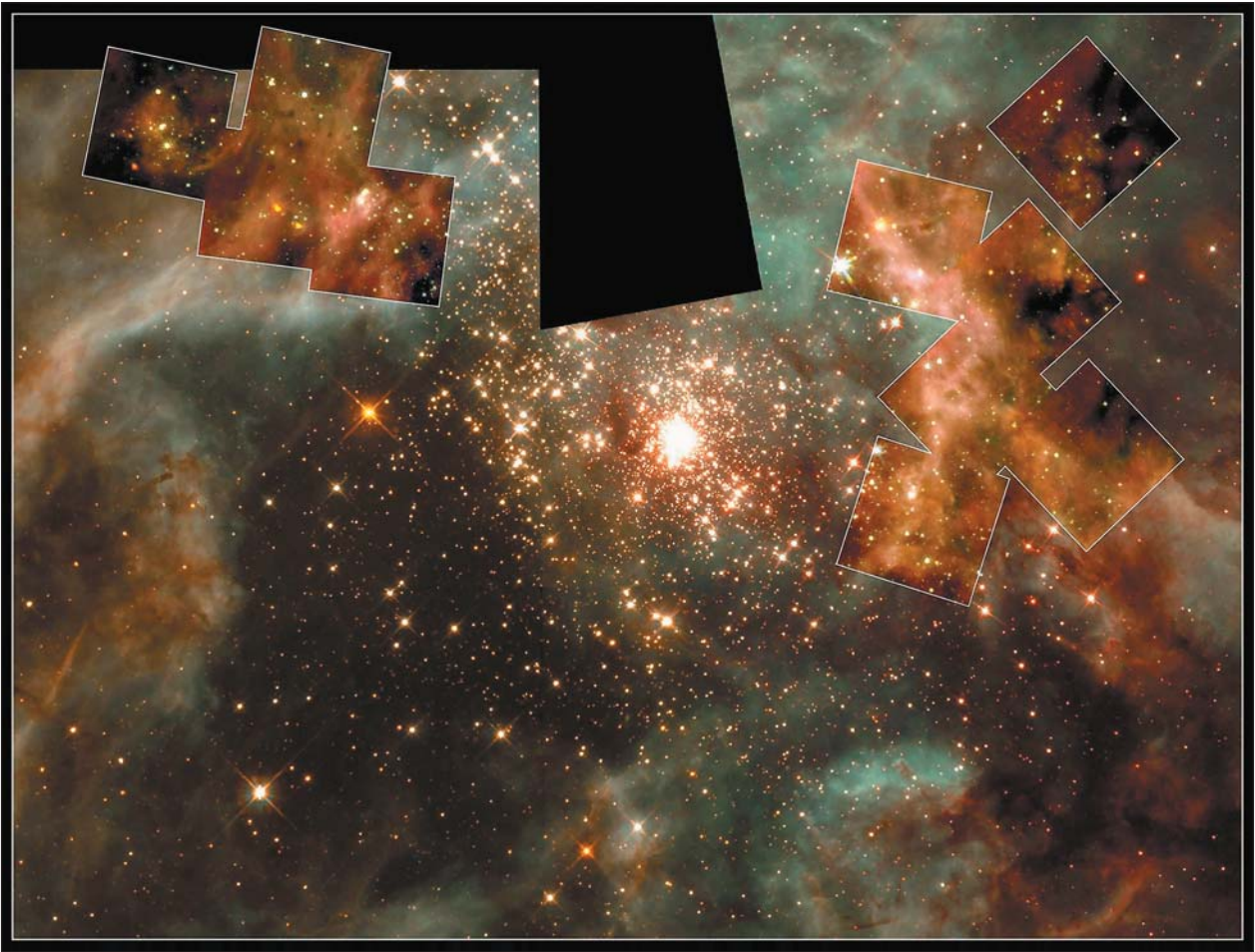


Рис.2. Область звездообразования 30 Dor — рекордсмен галактики по количеству массивных звезд.

ботанную в реакциях нуклеосинтеза и обогащенную тяжелыми элементами. Почти все массивные звезды отождествляются с источниками инфракрасного излучения, которое обусловлено наличием у этих звезд расширяющихся околозвездных оболочек, состоящих из газа и пыли (рис.1 и 2). Этот факт говорит о том, что все массивные звезды теряют вещество — их внешние слои истекают. Процесс потери вещества зависит от исходной массы звезды, от присутствия компаньона, от скорости вращения и содержания металлов. В результате звезда окружается несимметричной мантией из газа и пыли. Несмотря на то что современные теории предсказывают потерю вещества звездами, многие механизмы этого про-

цесса до сих пор не ясны. Пока не совсем понятна фундаментальная причина как самого процесса, так и его эволюционных изменений. Поэтому так важны поиск взаимосвязей между наблюдаемыми параметрами центральных звезд объектов (вращением, типом пульсаций, турбулентностью атмосфер) и исследование процесса потери вещества с использованием спектроскопии и спектрополяриметрии высокого разрешения, с привлечением данных многоцветной фотометрии.

При анализе химической и динамической эволюции галактик мы прежде всего учитываем вклад звезд с большими массами, так как излучение горячих массивных звезд оказывает определяющее влияние на энерге-

тику и динамику межзвездной среды. В ходе своей жизни массивные звезды излучают столь чудовищное количество энергии, что доминируют в спектрах галактик на больших красных смещениях. На самых ранних этапах формирования наблюдаемой Вселенной именно массивные звезды, вероятно, были источниками энергии, которая вызвала процесс реионизации. В современной нам Вселенной такие звезды, будучи самыми яркими, обеспечивают интегральную светимость молодых галактик и служат надежными реперами для определения расстояния на внегалактической шкале. Последние 10 лет они на слуху и в связи с проблемой происхождения гамма-барстеров (об этом ниже).

Короткая, но яркая жизнь

Самые ранние фазы зарождения массивных звезд в теплых массивных облаках остаются во многом непонятными. К примеру, неясен основной механизм формирования звезд с массами более $40 M_{\odot}$, у которых давление излучения должно было бы прекратить аккрецию и дальнейший рост массы. Молодые массивные звезды излучают за счет горения водорода в ядре. Когда оно начинается, звезды средних масс ($3-8 M_{\odot}$) вступают на исходную главную последовательность диаграммы Герцшпрунга—Рессела, называемую также линией нулевого возраста. Самые же массивные звезды в момент выхода на исходную главную последовательность, т.е. в момент возгорания ядерных реакций, остаются невидимыми, поскольку скрыты в молекулярном облаке, из которого сформировались. Это обусловлено темпом их эволюции, настолько высоким, что звезда еще не успевает освободиться от пылевого кокона. Столь быстрым переходом к эволюции на основе ядерных реакций в ядре и объясняется недостаток звезд с массами более $60-85 M_{\odot}$: они существуют, но невидимы. Вообще, эта часть их жизни непродолжительна (по звездным меркам), всего несколько миллионов лет, что и определяет низкую встречаемость самых массивных звезд в целом.

Дальнейшая их судьба в основном зависит от исходной массы (на самом-то деле на эволюцию звезд помимо их исходной массы оказывают влияние несколько взаимосвязанных факторов — темп потери массы, скорость осевого вращения, металличность, на которых мы не будем останавливаться); энергетика звезды обеспечивается за счет последовательной смены ядерных реакций.

Следующий этап жизни, уже доступный для наблюдателя в оптическом диапазоне длин волн, массивные звезды начинают как звезды спектральных

классов O—B, интенсивно теряющие свое вещество за счет быстрого ветра (его скорость достигает нескольких тысяч километров в секунду) при сравнительно невысоком темпе истечения ($10^{-8}-10^{-6} M_{\odot}$ в год). Однако наше Солнце при таком «скромном» темпе потери массы могло бы просуществовать всего-то несколько миллионов лет, а это означает, в частности, что Солнечная система не успела бы сформироваться.

По мере выгорания водорода в ядре массивная звезда уходит с главной последовательности и переходит в состояние сверх- или гипергиганта. Ниже мы расскажем о свойствах этих крайне редких объектов на примере белого гипергиганта V1302Aql, являющегося оптическим компонентом ИК-источника IRC+10420. На стадии гипергиганта звездный ветер становится медленным ($10-20$ км/с), но очень мощным, темп потери вещества возрастает в $100-1000$ раз. На ход эволюции конкретной звезды большое влияние оказывает ее скорость осевого вращения; в частности, высокая скорость вращения существенно увеличивает темп потери массы.

Звезды с массой ниже $35 M_{\odot}$ в ходе эволюции достигают состояния красного сверхгиганта и в конце жизни взрываются как сверхновые типа II. Если исходная масса оказывается в интервале $35-50 M_{\odot}$, светило в ходе эволюции теряет свою внешнюю оболочку и после фазы красного сверхгиганта формирует звезду типа Вольфа—Райе, химический состав которой будет представлять результат нуклеосинтеза в ходе предшествующей эволюции.

Звезды с массой более $40 M_{\odot}$ на короткий отрезок эволюционного пути становятся нестабильными, сбрасывая в ходе гигантских вспышек свои верхние слои и становясь LBV-звездами. Рассмотрим подробнее эту фазу эволюции массивных звезд на примере удивительной

LBV-звезды η Car, которая находится, к сожалению для нас, на южном небе.

Самая удивительная и замечательная

LBVs — это звезды предельно высокой светимости, демонстрирующие мощные выбросы вещества. Термин LBV был введен в 1984 г. П.Конти, который в 70-е годы предложил также и основные сценарии эволюции массивных звезд. Эти последовательности, называемые теперь сценариями Конти, до сих пор популярны у исследователей. LBV-звезды имеют *переменный и неоднородный* ветер, что проявляется в переменности сильных эмиссионных линий в их спектрах. Следовательно, долговременный спектральный мониторинг оказывается основным средством при изучении условий и динамики этих истечений. Можно утверждать, что самая массивная и самая загадочная LBV-звезда в Галактике — звезда η Car в созвездии Киль. Эта звездная королева окружена блестящей свитой из 65 очень массивных горячих звезд.

Снимок звезды η Car и окружающей ее газовой-пылевой туманности, которую называют Гомункулусом, в виде двух лепестков, разделенных экваториальным диском, представлен на рис.3. Этот снимок получен камерой с большим полем космического телескопа «Hubble». Звезда η Car как таковая скрыта за стеной Гомункулуса, но взаимодействие ее излучения с околозвездной средой приводит к грандиозным по мощности явлениям, прежде всего это относится к генерации мощного рентгеновского излучения. Изучение оптических спектров привело к выводу о расширении туманности со скоростью свыше 700 км/с, причем в расширении явно видна асимметрия. Наблюдаемая вокруг η Car туманность — результат сброса звездой внешних слоев, который

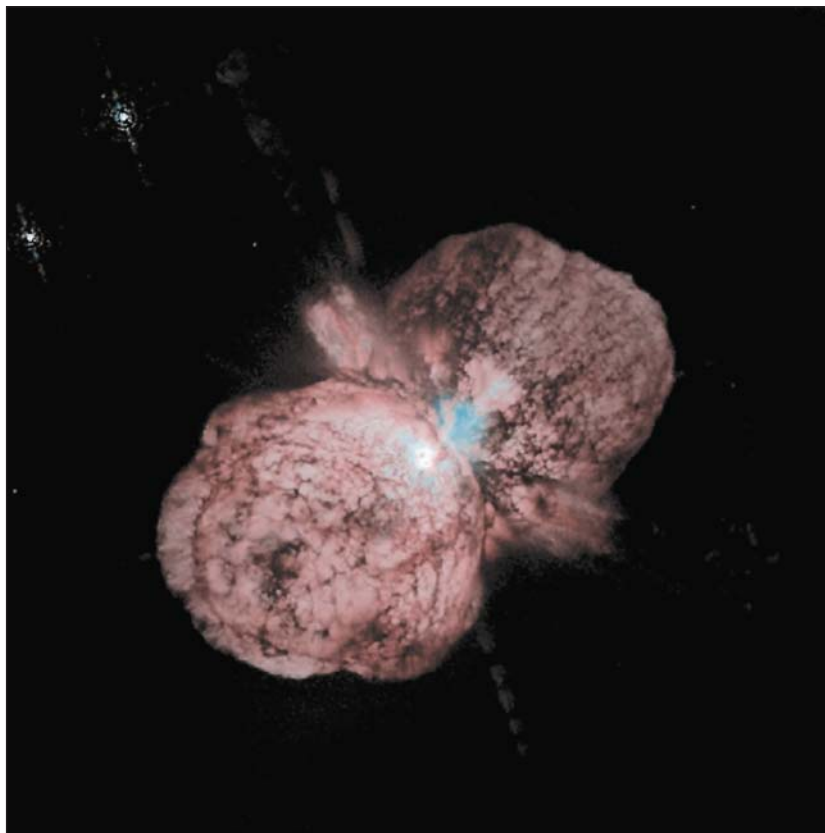


Рис.3. Взрывающаяся звезда η Car.

произошел в результате так называемого великого извержения в XIX в. Доказательство того, что вещество было потеряно звездой именно в это время, получено из измерений собственного движения вещества туманности. Масса сброшенного вещества превышает $10 M_{\odot}$, что приводит к беспрецедентно высокому темпу потери вещества звездой — около $0.1 M_{\odot}$ в год. И по этому показателю η Car не имеет себе равных. Последнее время делаются оценки первоначальной массы η Car, достигающие $150 M_{\odot}$. Тут полезно для сравнения привести значения аналогичных параметров типичной протопланетарной туманности: масса центральной звезды около $0.6 M_{\odot}$, $T_{\text{эф}} \approx 5000\text{—}10000$ К, темп потери вещества $10^{-6} M_{\odot}$ в год.

Долгое время считалось, что η Car — одиночная звезда. И лишь недавно, в результате наблюдений, выполненных в том

числе и с помощью космических телескопов в рентгеновском, оптическом, радио- и ИК-диапазонах длин волн, стало ясно, что η Car с большой вероятностью представляет собой двойную звезду; масса компонентов составляет примерно 90 и $30 M_{\odot}$. Каждая из этих звезд теряет вещество с большим темпом (до 10^{-3} и $10^{-5} M_{\odot}$ в год у компонентов А и В соответственно), истекающее с высокой скоростью ($V_A = 1000$ и $V_B = 3000$ км/с). Итоговое подтверждение наличия пары получено в результате регистрации в 2003 г. излучения в далеком УФ-диапазоне с помощью аппаратуры миссии FUSE (Far Ultraviolet Spectroscopic Explorer). Обнаружение УФ-излучения горячего (менее массивного) компаньона позволяет многое прояснить в природе загадочной звезды; в частности, за счет столкновения ветров от обоих компонентов объясняется

рентгеновское излучение звезды и его временное поведение.

Массивные быстро эволюционирующие объекты, такие как LBV-звезды или звезды Вольфа—Райе, в группировках встречаются совсем уж редко. В этом отношении вне конкуренции звездная ассоциация CygOB2, возраст которой несколько миллионов лет. Ассоциация CygOB2 — богатейшая область формирования горячих звезд в Галактике, только O-В звезд в ее составе свыше 2000! Полное же число членов ассоциации настолько велико, что порой ее рассматривают как предельно молодое шаровое скопление. Для нас эта ассоциация особо интересна, так как содержит целую популяцию, около 100, массивных O-звезд, в том числе и целую компанию горячих звезд в составе кратных систем. Эти замечательные свойства ассоциации CygOB2 делают ее лабораторией для изучения формирования и эволюции звезд с использованием самых различных современных методов наблюдений: от многоцветной фотометрии до спектроскопии как в оптическом, так и в ИК-, радио- и рентгеновском диапазонах спектра.

Высококачественные спектры в видимом диапазоне звезды №12 в составе ассоциации CygOB2 впервые получены автором на 6-метровом телескопе Специальной астрофизической обсерватории. Звезда №12 экстремально высокой светимости имеет статус кандидата в LBV-звезды и отождествлена с ИК-источником IRAS20308+4104. Абсолютная светимость звезды №12, оцененная на основе ее принадлежности к ассоциации, позволяет отнести эту звезду к четверке ярчайших звезд Галактики, порой ее считают даже самой яркой. Однако видимое излучение светила существенно занижено из-за удаленности ассоциации и сильного поглощения. Звезда №12, помимо ее выделенности по светимости, оканчивается к тому же рекордсменом по покраснению: поглоще-

ние видимого излучения превышает 10 звездных величин (оно ослабляется примерно в 10 тыс. раз)! Анализ картины лучевых скоростей указывает на наличие градиента лучевой скорости в атмосфере, обусловленного падением вещества на звезду [2]. Форма профиля $H\alpha$ переменна во времени, но, как видно из рис.4, основные черты сохраняются. Это мощная эмиссия с депрессией на коротковолновом склоне, со срезанной вершиной и протяженными крыльями, шириной до ± 1000 км/с. Предельная скорость ветра составляет около 150 км/с. Инверсии интенсивности в верхней части профиля $H\alpha$ свидетельствуют о том, что ветер CygOB2-№12 неоднороден: кроме быстрой фракции в нем содержится вещество, почти неподвижное относительно звезды или даже падающее на нее. Такого рода сочетание, отмечавшееся у некоторых LBV в фазе максимального блеска, указывает на асимметрию ветра.

И дождь, и ветер...

В нашей Галактике известно всего несколько звезд, называемых белыми гипергигантами. Белые гипергиганты — это звезды спектрального класса A со светимостью около $10^6 L_{\odot}$, с большой исходной массой (свыше $20 M_{\odot}$), и очень высоким темпом потери вещества (до $10^{-3} M_{\odot}$ в год). Рассмотрим свойства одного из интереснейших объектов этого класса — гипергиганта V1302Aql, ассоциируемого с источником ИК-излучения IRC+10420, самым ярким объектом на ИК-небе. Светимость и удаленность этого гипергиганта велики (взаимосвязанные оценки того и другого еще нуждаются в уточнении), и он лидирует по количеству теряемого в год вещества в сообществе звезд на северном небе, хотя уступает общее первенство η Car. Сходство V1302Aql с выдающейся LBV-звездой η Car было замечено еще 30 лет назад. У них одинаковое распределение

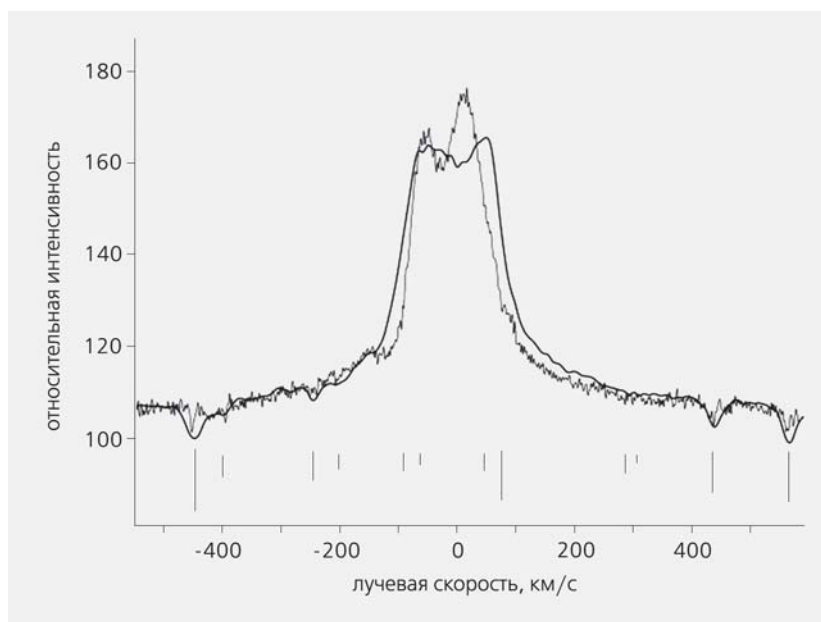


Рис.4. Переменный профиль линии $H\alpha$ в спектре кандидата в LBV — звезды №12 в ассоциации CygOB2 (уровень излучения в континууме принят за 100). Наблюдения выполнены на 6-метровом телескопе [2].

энергии в далекой инфракрасной области спектра с максимумом на длине волны 10—20 мкм. Спектральный класс F8 у V1302Aql близок к тому, который η Car имела в конце XIX в., перед тем как приобрела привычный сегодня эмиссионный спектр. Представление о V1302Aql как о массивном гипергиганте подкрепляется все новыми фактами, хотя еще недавно ряд ученых относил ее к маломассивным звездам в стадии протопланетарной туманности. В ходе исследования последнего десятилетия выяснилось, что исходная масса объекта была около $40 M_{\odot}$. Это предельная масса, при которой звезда еще могла в своей эволюции пройти фазу красного сверхгиганта. Нынешняя ее масса составляет $15 M_{\odot}$, а темп потери вещества около $5 \cdot 10^{-4} M_{\odot}$. Наблюдениям доступен только медленный, плотный и почти сферически-симметричный ветер. В основании ветер непрозрачен в континууме и образует псевдофотосферу, выше — тонкая зона сосуществования расширяющегося ветра и падающего вниз, подобно каплям дождя, вещества,

которое было сброшено звездой в стадии красного гиганта, но не потеряно окончательно. Значительная доля излучения звезды доходит до нас отраженной околозвездной пылью — на прямых снимках хорошо видна оболочка диаметром около $2''$. Она достаточно ярка, чтобы с помощью спектрографа телескопа «Hubble» можно было получить спектры от отдельных ее участков размером $1''$ и таким образом «осмотреть» звезду с разных сторон. При этом оказалось, что различные сочетания радиального разлета пылинок от звезды и составляющей их движения по лучу зрения вызывают лишь сдвиги двухвершинных профилей линии $H\alpha$, но не изменение их формы — это и заставило отказаться от осесимметричных моделей ветра. Другая уникальная особенность V1302Aql — очень быстрое увеличение эффективной температуры (по нашим оценкам, около 120 K в год). За последнюю четверть XX в. температура звезды увеличилась примерно на 3000 K.

Примечательно, что V1302Aql служит источником мазерного

излучения в линиях гидроксила OH частотой 1612 МГц. Обычно такие мазеры отождествляются с холодными звездами с температурой около 3000 К. Мощными гидроксильными мазерами являются, например, холодные гипергиганты, такие как VYCMa или NMLCyg, околозвездные оболочки которых имеют столь большие размеры, что их изображения получают даже на наземных телескопах. Наличие мазерного излучения, связанного с гипергигантом V1302Aql, позволяет утверждать, что этот объект уже побывал в фазе холодного M-гипергиганта, когда и образовалась его мощная оболочка, и теперь звезда эволюционирует на диаграмме Герцшпрунга—Рессела влево. Наблюдаемый быстрый рост его температуры может быть проявлением эволюции центральной звезды. Но темп изменения настолько велик, что такое объяснение кажется маловероятным. Возможно, мы видим лишь потепление и просветление псевдофотосферы. Согласно радиообзору Млечного Пути, с источником IRC+10420 отождествлено молекулярное облако, наблюдаемое в линиях излучения молекулы CO. Это позволило определить системную скорость IRC+10420 и оценить расстояние до этого объекта, около 5–6 кпк, что приводит к величине светимости, близкой к эддингтоновскому пределу.

В целом полученные для массивных звезд данные говорят о том, что с ростом светимости звезды нарастает темп потери вещества за счет увеличения плотности ветра, при этом скорость ветра снижается. Для иллюстрации сопоставим предельную скорость истечения и темп потери массы у двух уже упомянутых в тексте массивных звезд SngOB2-12 — 150 км/с и $4 \cdot 10^{-5} M_{\odot}$ в год, V1302Aql — 50 км/с и $5 \cdot 10^{-4} M_{\odot}$ в год.

Интересно вспомнить, что Солнце теряет свое вещество с темпом, очень низким (примерно $2 \cdot 10^{-14} M_{\odot}$ в год) по сравнению с ветром сверхгигантов,

но скорость частиц солнечного ветра очень велика — она переменна во времени и может достигать 1000 км/с!

Потомки чемпионов

На протяжении всей своей эволюции массивные звезды демонстрируют наблюдателям разнообразные и незаурядные свойства, обусловленные в основном звездным ветром, пульсациями и присутствием близкого компаньона, если звезда входит в тесную пару. Не менее интересны завершающие стадии эволюции звездных чемпионов. После истощения ядерного топлива массивное звездное ядро коллапсирует и взрывается. В ходе взрыва вещество оболочки, обогащенное продуктами разнообразных ядерных реакций, выбрасывается наружу. В итоге взорвавшиеся сверхновые обеспечивают поставку ядер тяжелых химических элементов, химическую эволюцию Космоса и в конце концов — жизнь на Земле. После взрыва остается компактный объект — пульсар, а также диффузный остаток сверхновой.

Очень редко реализуемый путь завершения эволюции массивной звезды связан с гамма-барстерами (GRB). С основными гипотезами о происхождении GRB и методах их наблюдений читатель уже мог ознакомиться в статьях [3, 4]. Наблюдаемые свойства GRB значительно различаются: длительность вспышки колеблется от 0.1 до 1000 с, максимум спектра мощности — от 1 кэВ до 1 МэВ. В настоящее время зарегистрированные GRB подразделяют на следующие разновидности: со сверхновыми, без сверхновых (отметим, что наблюдаются энергичные сверхновые и без GRB). GRB с большой длительностью вспышки были отождествлены с внегалактическими сверхновыми. Причем, по-видимому, все сверхновые, ассоциированные с GRB, относятся к типу Ic, в спектрах которых отсутствуют линии гелия и водоро-

да. Наиболее энергичную разновидность сверхновых типа Ic принято называть гиперновыми. По-видимому, феномен гиперновых связан с завершением эволюции самых массивных звезд и формированием очень массивных черных дыр. Детально о проблемах формирования черных дыр и сопутствующих физических явлениях можно прочитать в статье [5]. Согласно современным моделям, низкая частота регистрируемых событий обусловлена малым углом раствора сколламированного потока сверхбыстрых частиц — релятивистского джета. Моделирование эволюции очень массивных и быстро вращающихся звезд (с массой свыше $60 M_{\odot}$) показывает, что GRB могут возникнуть только в случае анизотропного звездного ветра. Таким образом, он оказывается значимым фактором и в случае этих сверхорбитальных событий.

Как «взвешивают» звезды?

В заключение задержимся ненадолго на «экспериментальной кухне». По ходу статьи мы много говорили о массах звезд. Естественно, у читателя может возникнуть вопрос: а как же взвешивают звезды, откуда известны величины их масс? Самый надежный метод оценки масс звезд основан на определении параметров компонентов двойных систем (о происхождении двойных систем рекомендуем почитать в статье [6]). К счастью, среди массивных звезд феномен двойственности весьма распространен: не менее трети, а может быть, и половины массивных звезд наблюдаются в парах. Известны двойные звезды, у которых оба компонента — массивные. Например, специалистам хорошо известна звезда Пласкетта, каждый из компонентов этой пары «весит» более $50 M_{\odot}$.

А самый распространенный способ оценки массы связан со

спектроскопическим определением эффективной температуры T_{eff} и ускорения силы тяжести g — найденные этим способом массы носят название «спектроскопические». Для одиночных звезд из сравнения положения звезды на диаграмме Герцшпрунга—Рессела с теоретическими эволюционными треками получают так называемые эволюционные массы. Этот способ менее трудоемкий, чем определение параметров орбиты двойной звезды, но получаемые им эволюционные массы отягощены большими погрешностями — они систематически и существенно выше спектроскопических (так называемый парадокс масс). Очевидно, что парадокс масс обусловлен систематическими ошибками в теоретическом моделировании эволюционных треков и атмосфер звезд, а также в установлении фундаментальных звездных параметров. В последние годы различие в двух последних способах определения масс звезд снижено благодаря развитию и теоретических подходов, и наблюдательных методов.

В рамках одной статьи мы не можем даже кратко представить современное оборудование, используемое астрофизиками в наблюдениях звезд. Для определения фундаментальных параметров звезд, их химического состава, структуры и кинематики околозвездной среды приходится задействовать весь арсенал наблюдательных средств: от многоцветной фотометрии до спектроскопии и спектрополяримет-

рии высокого разрешения во всем спектральном диапазоне от рентгеновского до ИК- и радиоизлучения. Основная проблема в наблюдениях массивных звезд связана с тем, что они удалены от Солнца и, следовательно, слабы; кроме того, их излучение поглощается веществом в околозвездных оболочках. Таким образом, требуются высококачественные наблюдения на самых крупных телескопах. Спектроскопия обеспечивает независимое определение фундаментальных параметров объектов, металличности, химического состава атмосфер и динамики околозвездных оболочек. Спектрополяриметрические данные дают возможность изучать анизотропию излучения и структуру магнитного поля. Сочетание результатов спектроскопических и спектрополяриметрических исследований позволяет разделять спектральные детали, формирующиеся в различных областях астрономических объектов (в фотосфере, хромосфере, околозвездной среде), и, следовательно, анализировать сложную структуру околозвездных оболочек. Для LBV-звезд с их асимметричными околозвездными оболочками естественно ожидать высокую степень поляризации излучения. Так, в случае η Car степень линейной поляризации достигает примерно 6%, еще выше (около 7%) она у LBV-звезды HD160529. Параметры поляризации у нескольких LBV-звезд оказались переменными во времени, что может быть вызвано неоднородностью оболочки или

двойственностью системы. Для решения такого рода задач необходим поляриметрический мониторинг, который весьма трудоемок из-за высоких требований к стабильности погодных условий. Да и вообще спектрополяриметрический эксперимент — занятие сложное и обходится дорого.

Хорошим примером современной спектральной аппаратуры может служить эшелный спектрограф НЭС в фокусе Нэсмита 6-метрового телескопа [7]. Оптика эшелных спектрографов помимо основного элемента, раскладывающего излучение в спектр, содержит дополнительный, так называемый кросс-дисперсер, назначение которого — обеспечить компактное расположение спектра на ограниченной площадке ПЗС-приемника. Помимо высокого спектрального разрешения важная особенность НЭС — возможность выполнять спектроскопию во всем видимом диапазоне длин волн, включая ультрафиолетовую область до 300 нм, т.е. до границы наземного УФ. Эта уникальная для наземной аппаратуры способность обеспечена как местом установки телескопа (выше 2 км над ур.м.), так и кварцевой оптикой камеры спектрографа.

Но, конечно, для исследования горячих звезд, и прежде всего в задаче изучения истечения веществ, вне конкуренции орбитальные наблюдения. И здесь мы ждем новых интересных данных от международных космических миссий. ■

Исследование звезд высокой светимости на 6-метровом телескопе выполнено при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проекты 02-02-16085, 08-02-00072).

Литература

1. Клочкова В.Г., Панчук В.Е. От звезды к планетарной туманности // Природа. 2002. №3. С.28—37.
2. Клочкова В.Г., Ченцов Е.Л. // Астрон. журнал. 2004. Т.81. С.1104—1118.
3. Липунов В.М. Гамма-всплески, русская деревня и первый робот-телескоп в России // Природа. 2006. №10. С.26—32.
4. Бисноватый-Коган Г.С. // Земля и Вселенная. 2007. №6. С.36—50.
5. Черепашук А.М. Демография черных дыр // Природа. 2006. №10. С.16—25.
6. Сурдин В.Г. Происхождение двойных звезд // Природа. 2004. №3. С.12—18.
7. Панчук В.Е., Клочкова В.Г., Юшкин М.В., Найденов И.Д. // Оптический журн. 2009. Т.76. №2. С.42—55.

К чему ведет сокращение пахотных земель

И.Н.Курганова, В.О.Лопес де Гереню

Вплоть до конца XX в. во многих странах продолжалось освоение новых земель под пашню, лишь в последние годы темпы этого процесса существенно замедлились. В России новые площади активно вовлекались в сельскохозяйственный оборот в 50-х годах прошлого столетия (период освоения целины). Согласно расчетам, выполненным в Институте географии РАН, с 1961 по 1994 г. в среднем в мире площади сельскохозяйственных угодий увеличивались на 14.4 млн га/год, а в 1995—2003 г. — всего на 1.4 млн га/год, т.е. в 10 раз меньше [1]. Происходящее замедление специалисты связывают с интенсификацией сельского хозяйства, в результате которого почти в 80 странах мира во второй половине XX в. площади обрабатываемых земель устойчиво сокращались и за 40 лет (1961—2003) из хозяйственного оборота ушло 223 млн га. Самые значительные по площади потери приходятся на долю России (58.3 млн га), Австралии и США (40.8 и 35.6 млн га соответственно).

В Российской Федерации площади пахотных земель наиболее резко сократились в 90-х годах прошлого столетия в результате системного и экономического кризиса, охватившего страну (рис.1). Общая площадь заброшенных земель в 1990—2005 гг. сильно варьирует по оценкам разных специа-

© Курганова И.Н.,
Лопес де Гереню В.О., 2009



Ирина Николаевна Курганова, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории почвенных циклов азота и углерода Института физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН (Пушино). Область научных интересов — оценка углеродного баланса и его компонентов в отдельных экосистемах и на территории России в целом.



Валентин Овидиевич Лопес де Гереню, кандидат технических наук, старший научный сотрудник той же лаборатории. Занимается изучением влияния различных факторов окружающей среды на потоки парниковых газов из почв.

листов: от 10.7 млн га [2] до 27.9—32.0 млн га [3, 4]. Сегодня на основной части этих площадей восстанавливаются природные экосистемы, что делает залежные земли важным биосферным ресурсом страны [1].

Хорошо известно, что любые изменения в системе землепользования влияют на многие почвенные свойства, и более всего на содержание органического углерода ($C_{орг}$). Так, перевод целинных земель в пахотные вызывает его значительные потери за счет усиления минерализации органического вещества и еже-

годного изъятия растительного материала (в виде урожая), ранее пополнявшего запас органического углерода в почвах. В зависимости от климатических условий, степени и характера изменений в землепользовании в почвах через некоторое время после распашки устанавливается новый стационарный уровень $C_{орг}$ [5]. Его потери за время переходного режима могут составлять от 10 до 40% от начального запаса. Так, с 1930 по 1990 г. в Западной Сибири из пахотных почв ушло 1.12 Гт органического углерода, или 29% исходного за-

паса. В мире скорость потери углерода при освоении целинных земель колеблется в пределах 53–493 г/м²·год, а для почв Сибири она в среднем составляет 96 г/м²·год [6].

После выведения почв из сельскохозяйственного оборота, напротив, содержание углерода в них постепенно восстанавливается за счет прекращения отчуждения растительного материала, восстановления многолетней растительности и, как следствие этого, возрастания поступающего в почву органического материала. При этом благодаря увеличению подземной фитомассы и активной деятельности почвенной фауны более глубокие слои почвы обогащаются органическим материалом. Согласно данным, приведенным в работе Л.Гуо и Р.Гиффорда, при переводе лесных и пастбищных земель в пахотные угодья запасы углерода в почвах снижались на 42 и 59% соответственно [7]. Обратный процесс, происходящий при конверсии пахотных земель в пастбища или вторичные леса, существенно увеличивал запасы $S_{орг}$ — на 19 и 53% соответственно. Исследования американских ученых показали, что скорость аккумуляции углерода в почвах при переходе пахотных почв в луговые экосистемы и пастбища колебалась от 3.1 до 113.5 г/м²·год (в зависимости от биоклиматической зоны и мощности почвенного слоя) [8]. В среднем она составляла 33.2 г/м²·год, а максимальная скорость накопления углерода (до 100 г/м²·год) наблюдалась на ранних стадиях восстановления почв. В тропиках при зарастании сельскохозяйственных угодий лесом в течение первых 20 лет скорость аккумуляции углерода в среднем составляла 130 г/м²·год, а в последующие 80 лет — 41 г/м²·год [9]. Т.Вест и У.Пост обнаружили, что при отсутствии пахоты лучше всего углерод накапливался в период между пятью и 10 годами, а через 15–20 лет наступало новое

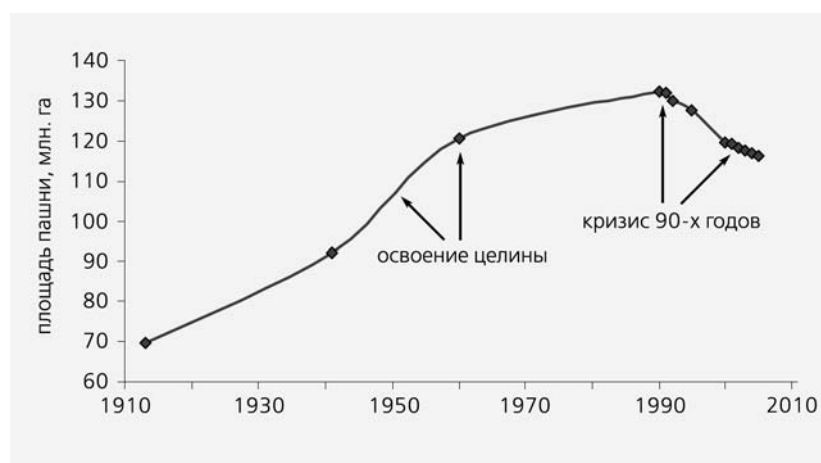


Рис.1. Динамика площади пашни в России в 1913—2005 гг. [2].

равновесное состояние [10]. Средняя скорость аккумуляции $S_{орг}$, рассчитанная ими (они сравнивали 276 пар участков с разными системами обработки), составила 57±14 г/м²·год.

На основе созданной базы данных по скоростям накопления $S_{орг}$ при восстановлении заброшенных почв и наших собственных исследований, проведенных на залежах различного возраста в разных биоклиматических зонах европейской части России, было найдено, что средняя скорость аккумуляции углерода в бывшем пахотном слое (0–20 см) колебалась от 4.2 до 484 г/м²·год (в среднем 99±14 г/м²·год) и зависела от типа почв и возраста залежи (рис.2). Как правило, она была

выше в первые 15 лет восстановления и заметно снижалась, когда почвы не обрабатывались в течение нескольких десятков лет. Так, за первые полтора десятка лет залежного режима средние скорости накопления углерода в слое 0–20 см для дерново-подзолистых, серых лесных, каштановых почв и черноземов составляли 131, 134, 66 и 175 г/м²·год соответственно. В последующие 15 лет темпы аккумуляции $S_{орг}$ снизились в два раза и более (см. рис.2). Анализ полученных данных позволяет предположить, что темпы накопления углерода в бывшем пахотном горизонте почв, как правило, увеличиваются с ростом гумусированности, достигая максимальных величин

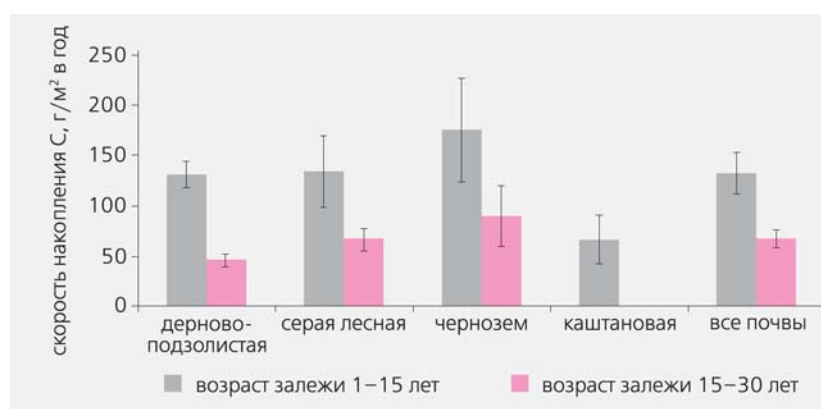


Рис.2. Скорости накопления углерода в почвах различных типов в зависимости от возраста залежи (среднее значение ± стандартная ошибка).

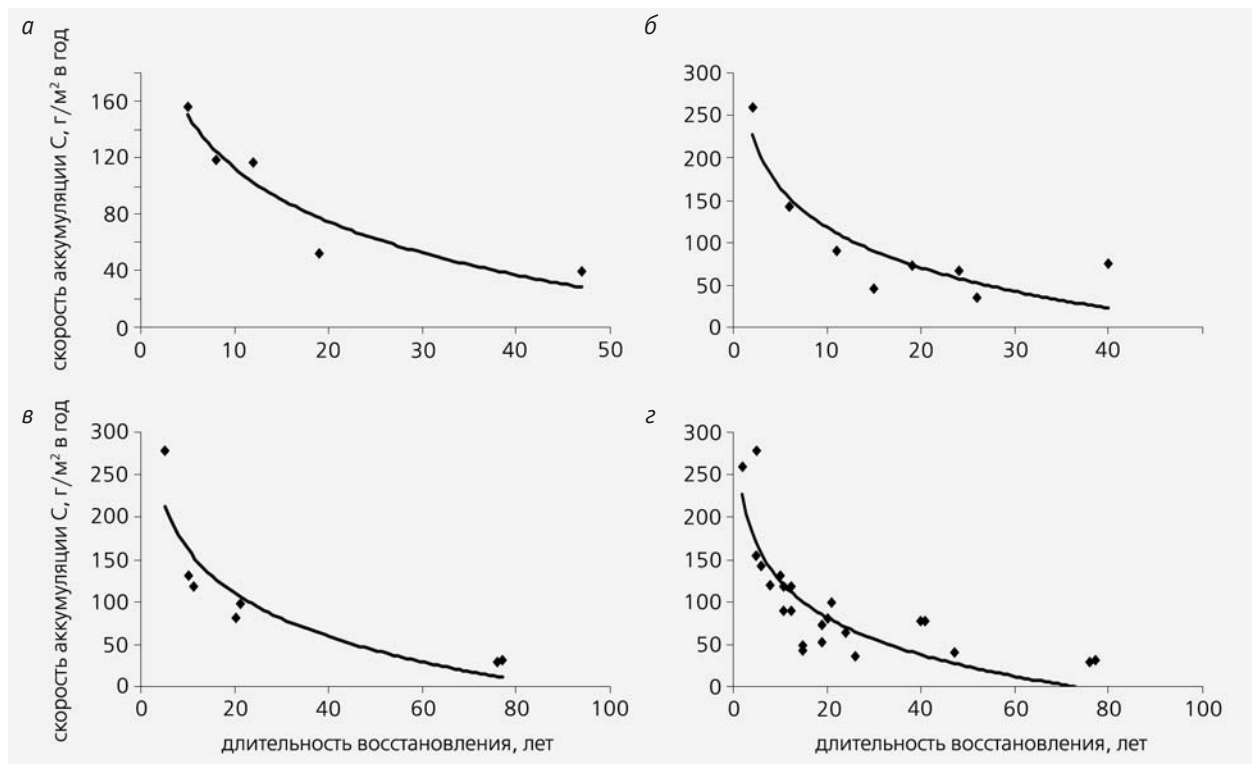


Рис.3. Зависимость скорости аккумуляции углерода (слой 0—20 см) от возраста залежи (длительности периода восстановления) на дерново-подзолистых почвах (а), серых лесных почвах (б), в черноземах (в) и для всего ряда изученных почв (з).

в черноземах, где образование и накопление гумуса наиболее интенсивны.

Наши расчеты показали также, что связь скорости накопления углерода и длительность периода восстановления почв описываются отрицательной логарифмической функцией (рис.3). Полученные модели позволяют достаточно достоверно прогнозировать накопление углерода в почвах как на ближайшее, так на отдаленное будущее.

Органический углерод почвы

Почвенное органическое вещество включает в себя множество различных компонентов (пулов), отличающихся по устойчивости (или доступности) к разложению [5]. По мнению некоторых специалистов, наиболее важным показателем устойчивого функционирования

экосистемы служит не количество (запас) $C_{орг}$ в почве, а время его пребывания (или оборачиваемости), в течение которого он находится в составе органического вещества почвы [11]. Так, в модели Century весь $C_{орг}$ в почве разделен на три компонента: активный, медленный и пассивный, со средними временами пребывания углерода 1.5, 25 и 1000 лет. При определенном сочетании биотических и абиотических условий время оборачиваемости различных составляющих почвенного органического вещества будет зависеть от их качества, биохимической устойчивости и доступности разложению; от структуры, механического и минералогического состава почв [5]. Показано, что в микроагрегатах время оборачиваемости углерода больше, чем в макроагрегатах, а монтмориллонитовые глины благодаря особенностям строения обычно в большей

степени способствуют закреплению $C_{орг}$, нежели каолинитовые и иллитовые. Время оборачиваемости различных пулов углерода в почвах зависит также от системы землепользования и типа возделываемой культуры: на пастбище или при минимальной обработке почв оно значительно выше, чем при обычной системе земледелия [11].

Черноземы, типичные почвы лесостепной и степной зон, обладающие самым высоким природным плодородием, в прошлом веке практически полностью были распаханы. В 1990 г. они занимали $\approx 66\%$ от общей площади обрабатываемых земель. Кроме того, черноземы играют значительную роль в глобальном цикле углерода, поскольку среди минеральных почв в них самые высокие запасы $C_{орг}$.

На примере черноземов Ростовской обл. мы изучали, как изменения в землепользовании

сказываются на соотношении различных пулов углерода в органическом веществе и времени их пребывания в почве. Под пашней и залежами возраста 5, 11, 21 и 77 лет определяли содержание общего, микробного, лабильного (или легкоминерализуемого) и стабильного (трудноминерализуемого) углерода. Образцы почв отбирали из бывшего пахотного слоя (0–20 см) как наиболее меняющегося при смене системы землепользования. Содержание общего углерода оценивали методом бихроматного окисления, микробного — методом субстрат-индуцированного дыхания, лабильного и стабильного — биокинетическим методом.

Оказалось, что содержание $C_{орг}$ в исследуемых почвах увеличивалось пропорционально возрасту залежи (рис.4). На первых этапах восстановления почв (5–11 лет) средние скорости накопления углерода составляли 117–279 г/м²·год, а за 77-летний период — 30 г/м²·год. Выведение черноземов из использования заметно увеличило количество микробного углерода (на 77%) и его долю в составе общего углерода (см. рис.4). Содержание трудноминерализуемой фракции почвенного органического вещества возросло от 20.6 мг/г почвы на пашне до 28.6 мг/г почвы в 77-летней залежи, а время ее нахождения в составе органического вещества увеличилось в 1.9–2.2 раза. Таким образом, при восстановлении пахотных черноземов содержание общего углерода в бывшем пахотном горизонте увеличивалось главным образом за счет накопления наиболее стабильных фракций органического вещества.

Каковы запасы углерода в почвах России?

В почвенном покрове нашей планеты, по оценкам разных специалистов, мировые запасы органического углерода состав-

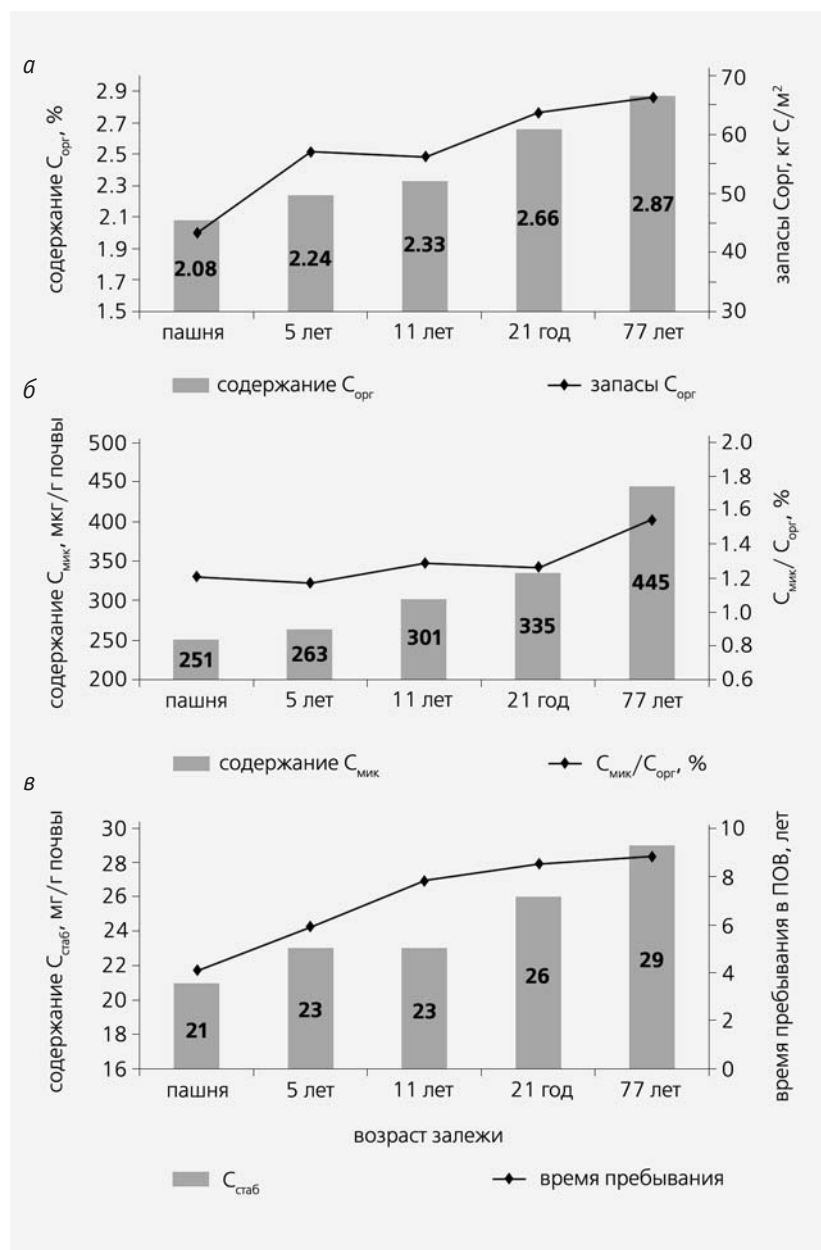


Рис.4. Изменение содержания и запасов $C_{орг}$ (а), микробного углерода ($C_{мик}$) и его доли в общем пуле (б), содержания стабильной фракции ($C_{стаб}$) времени ее пребывания в составе $C_{орг}$ (в) в слое 0–20 см черноземов обыкновенных (Ростовская обл.) в результате изменения землепользования.

ляют 1477–1700 Гт, что почти в три раза превосходит его количество в растительном покрове и в два раза — в атмосфере [12]. В почвах и торфах России сосредоточена почти пятая часть мировых запасов почвенного органического углерода: по оценкам Д.С.Орлова и О.Н.Бирюковой, в слое 0–100 см его

содержится 296 Гт [13]. Основная часть $C_{орг}$ (85%) сосредоточена в почвах естественных ценозов, на долю пахотных почв приходится 27.3 Гт, или 9.2% от общей величины запасов $C_{орг}$.

Изменение запасов углерода в почвах России в результате сокращения пахотных угодий после 1990 г. отмечали многие ав-

Таблица

Изменение запасов углерода в бывших пахотных почвах России в результате выведения почв из сельскохозяйственного использования

Период	Территория	Площадь залежей, млн га	Способ расчета	Накопление С, млн т	Источник
15 лет (1990–2004)	Россия	34.0	аппроксимация	660	[14]
13 лет (1990–2002)	Россия	27.9	модель RothC	248	[4]
15 лет (1990–2004)	Россия	14.8	почвенно-геоинформационный	252	[16]
8 лет (1983–2000)	бывший СССР	21.5	модель Orhidee	116–131	[15]
10 лет (2001–2010)	бывший СССР	22.8	модель Orhidee	214	[15]

торы (табл.). Согласно расчетам, проведенным с помощью модели Orhidee, аккумуляция углерода в почвах бывшего СССР с 1993 по 2000 г. на площади 21.5 млн га оценивается в 116–131 Мт, а за последующие 10 лет (на 22.8 млн га) — в 214 Мт [15]. Использование откалиброванной для залежных земель модели RothC показало, что с 1990 по 2005 г. залежные земли России (27.9 млн га) накопили 248 млн т углерода [4]. Высокий разброс приведенных величин обусловлен как недостаточностью экспериментальных данных по оценке скоростей накопления углерода в почвах, так и неопределенностью площадей пахотных угодий, выведенных из использования.

Для расчета накопления органического углерода в 1990–2005 гг. на заброшенных пахотных почвах России мы применили несколько подходов (аппроксимацию, почвенно-геоинформационный анализ и моделирование) и использовали данные учета пахотных земель, представленные в отчетах Росстата [2]. Согласно им, общая площадь пашни, выведенной из сельскохозяйственного использования в 1990–2005 гг., составила 14.8 млн га.

Аппроксимация — это самый грубый способ оценки, представляющий собой простое умножение площади освобожденной пашни на среднюю скорость накопления углерода за первые 15 лет восстановления почв. Имеющиеся у нас данные позволили провести аппрокси-

мацию дифференцированно, т.е. учитывая скорость накопления $S_{орг}$ в зависимости от типа почв и долевого участие основных типов почв в сельскохозяйственном производстве различных регионов Российской Федерации.

Почвенно-геоинформационный подход позволил с помощью наложения политической и административной карты СССР, почвенной карты РСФСР и карты категорий земель СССР рассчитать площади пахотных угодий в каждом регионе РФ в соответствии с их типовой принадлежностью. Все разновидности почв объединили в пять больших групп: дерново-подзолистые, серые лесные, черноземы, каштановые и прочие. На основе имеющихся данных площади бывших пахотных почв в этих группах оценивали в каждом из административных округов двумя путями: в *равных пропорциях* (предполагая, что исключение почв из сельскохозяйственного оборота шло независимо от их типовой принадлежности и плодородия) и *дифференцированно* (исходя из того, что в первую очередь забрасывались почвы менее плодородные).

Модельный подход подразумевал использование разработанных нами логарифмических моделей (см. рис.3) для оценки скоростей накопления $S_{орг}$ в почвах в зависимости от времени, в течение которого почвы не обрабатывались. В этом случае площади пашни, выведенной из оборота, учиты-

вались дифференцированно для каждого года в общем интервале с 1990 по 2005 г.

Расчеты показали, что в зависимости от применяемого метода общая величина накопления $S_{орг}$ в почвах России за 1990–2005 гг. оценивается от 196 до 319 Мт, а неопределенность оценок из-за разных способов подсчета 8% [16]. Если допустить, что по своей обоснованности используемые методы расчета равнозначны, то в среднем на площади 14.8 млн га накопление углерода в залежных почвах России — 252 ± 32 Мт. Эта величина очень близка к оценке А.А.Романовской (248 Мт), полученной за тот же период для площади 27.9 млн га, т.е. почти в два раза большей [4].

По нашим подсчетам, запасы органического вещества в бывшем пахотном слое залежных земель (на площади 14.8 млн га) увеличились на 1.7–2.8% по сравнению с началом 90-х годов прошлого столетия.

Баланс биогенного углерода в залежных экосистемах

Когда пахотные почвы перестают обрабатывать, на них, как правило, формируются зональные типы экосистем по классическим сукцессионным схемам (рис.5). Сначала они проходят рудеральную стадию (3–5 лет). Дальнейшее восстановление растительного покрова и его скорость зависят от природно-климатических условий. Так, ис-

следования, проведенные в Институте географии РАН [1], показали, что в зоне средней и южной тайги на месте залежей еловые леса формируются через 170—180 лет, в зоне широколиственных лесов дубравы восстанавливаются примерно через 80—100 лет, а в лесостепной и степной зонах для образования разнотравной степи с дерновинными злаками нужно всего 50—60 лет.

Смена растительности на бывших пахотных почвах неизбежно отразится на величине и направленности потоков углерода в системе атмосфера—растения—почва—атмосфера и ее



Рис.5. Посевы озимой пшеницы (вверху) и их постепенное зарастание в процессе стихийного забрасывания: залежи — 1 год, 5 лет, 11 и 26 лет.

углеродном балансе. В наземных экосистемах баланс углерода (или чистую экосистемную продукцию, NEP) часто оценивают по упрощенной формуле, как разность между чистой первичной продуктивностью (Net Primary Production, NPP) и микробным дыханием почв (microbial respiration, MR). Положительные значения NEP свидетельствуют о накоплении углерода в экосистеме, отрицательные — о потере.

Мы попытались рассчитать баланс углерода в экосистемах залежей разного возраста. В 2004 и 2007 гг. на территории Опытного-полевой станции Института физико-химических и биологических проблем почво-

ведения РАН (Пушино, Московская обл., 54°50'с.ш., 37°37'в.д.), на бывших пахотных почвах, выведенных из использования в разное время (1, 4, 5, 8, 10, 13*, 25 и 28 лет назад) определяли основные составляющие углеродного баланса. Приходную статью баланса углерода представляла чистая первичная продуктивность. В 2004 г. ее определяли как сумму надземной и подземной продукции в период максимального развития травостоя, а в 2007 г. рассчитывали, используя балансовые уравнения, на основе динами-

* Залежи 13-летнего возраста были представлены двумя участками: косымым и некосым, периодически испытываемым весенние пожары.

ческих наблюдений за продуктивностью залежных экосистем в течение всего летнего сезона. Расходную статью баланса углерода в экосистемах составляло микробное дыхание почв. Для его оценки определяли общее дыхание почв, т.е. сумму корневого и микробного потоков CO₂. На пашне и зрелых залежах (25 и 28 лет) дыхание почв измеряли закрытым камерным методом еженедельно в течение всего года, а на более молодых залежах — только летом (июнь—август). При оценке микробного дыхания почв в залежных экосистемах учитывали долю корневого дыхания в общем потоке CO₂, которая в луговых ценозах, по предварительным расчетам, летом составляла 36%, а за его пределами — 24% [17].

Наши исследования показали, что в залежных экосистемах Московской обл. ассимиляция диоксида углерода растительностью превышала его потери из почв в атмосферу. Величина этого стока определялась возрастом залежи, типом растительности и погодными условиями. В 2004 г. они были близки к среднемуголетним, и средняя величина стока углерода в залежных экосистемах составила -302 ± 164 г/м²год. В очень засушливом 2007 г. все исследуемые залежные экосистемы также выступали стоком углекислого газа: величина их углеродного баланса в зависимости от возраста залежи изменялась от -116 до -392 г/м²год (рис.6), в среднем составляя -233 ± 48 г/м²год.

Предварительные расчеты, сделанные нами на основе собственных полевых работ и многочисленных литературных данных, показали, что средняя величина стока углерода в залежных экосистемах в первые 15 лет восстановления составляла 245 ± 73 г/м²год. В пересчете на всю территорию Российской Федерации дополнительное связывание углерода атмосферы в залежных экосистемах

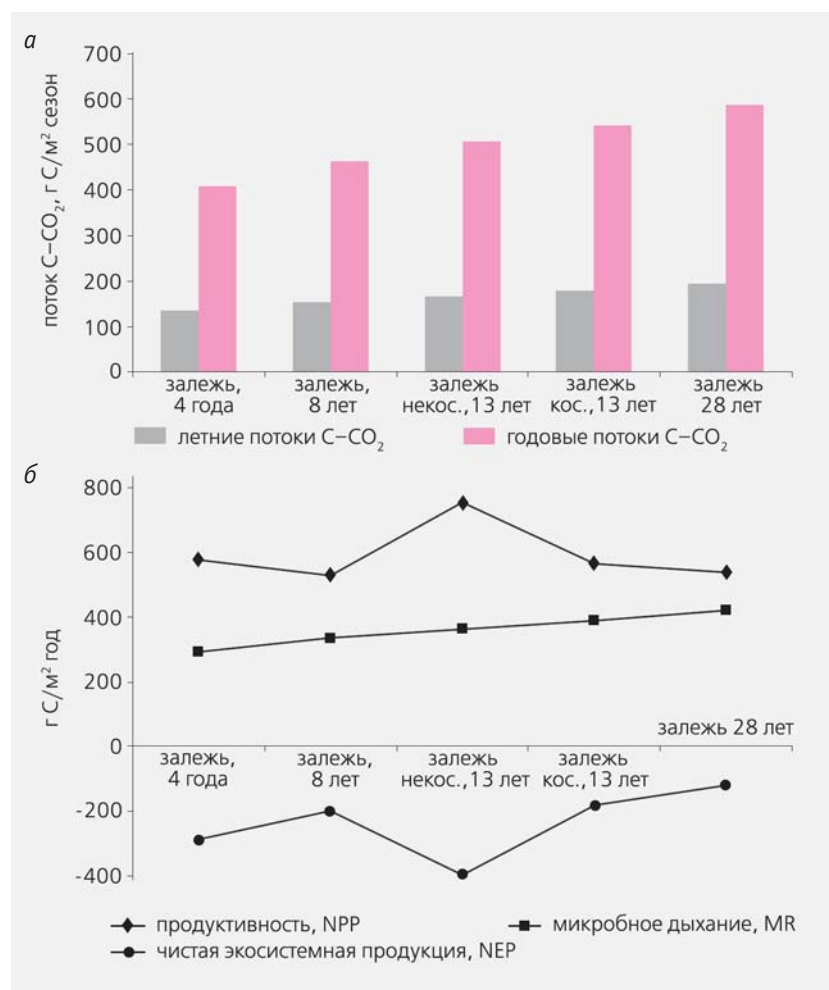


Рис.6. Летние и годовые потоки C-CO₂ из серых лесных почв (а), углеродный баланс и его основные компоненты в залежных экосистемах различного возраста (б).

в 1990—2005 гг. оценивается в 544 ± 26 Мт (для площади 14.8 млн га), или 36.3 ± 10.8 Мт/год. В целом ежегодная величина секвестра* углерода за счет заброшенных земель составляет в среднем примерно 20 млн т. Эту весьма ощутимую величину целесообразно учитывать в национальных сообщениях России Секретариату Рамочной конвенции ООН по климатическим изменениям.

* Под секвестрированием углерода понимается процесс его накопления и удержания в экосистеме (почве и/или растительности).

Известно, что на территории России важнейшим стоком углекислоты служит лес [12], а лесоразведение и лесовосстановление принято считать традиционными мероприятиями, способствующими секвестрированию углерода в почвах и растительности. Для сравнения: в лесных экосистемах Европы возрастом от 7 до 30 лет, по данным Европейского лесного проекта, сток углерода составляет $100—670$ г/м²·год, что довольно близко к полученным нами величинам углеродного стока в экосистемах залежей.

Следует подчеркнуть, что полученные нами оценки весьма приблизительны. Для их уточнения необходимы многолетние исследования по изучению потоков и баланса CO₂ в залежных землях различных климатических зон. Тем не менее уже сегодня можно заключить, что для дополнительного связывания углерода залужение малоплодородных пахотных почв может быть хорошей альтернативой лесоразведению и поможет решить задачи, стоящие перед Россией в свете выполнения требований Киотского протокола. ■

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проекты 07-04-01333, 08-04-01619), Немецкого фонда академических обменов (ДААД) и Программы Президиума РАН №16.

Литература

1. Люри Д.И., Горячкин С.В., Караваяева Н.А. и др. // Материалы Всероссийской научной конференции «Агроэкологическое состояние и перспективы использования земель России, выбывших из активного сельскохозяйственного оборота». М., 2008. С.45—71.
2. Регионы России: социально-экономические показатели. М., 2006.
3. Иванов А.Л. // Труды Всемирной конференции по изменению климата. М., 2004. С.339—346.
4. Романовская А.А. Основы мониторинга антропогенных эмиссий и стоков парниковых газов (CO₂, N₂O, CH₄) в животноводстве, при сельскохозяйственном землепользовании и изменении землепользования в России: Автореф. дис. ... докт. биол. наук. М., 2008.
5. Six J., Conant R.T., Paul E.A., Paustian K. // Plant and Soil. 2002. V.241. P.155—176.
6. Титлянова А.А., Булавко Г.И., Кудряшова С.Я. // Почвоведение. 1998. №1. С.51—59.
7. Guo L.B., Gifford R.M. // Global Change Biology. 2002. V.8. P.345—360.
8. Post W.M., Kwon K.C. // Global Change Biology. 2000. V.6. P.317—327.
9. Silver W.L., Osterlag R., Lugo A.E. // Restor. Ecology. 2000. V.8. P.394—407.
10. West T.O., Post W.M. // Soil Sci. Soc. Am. J. 2002. V.66. P.1930—1946.
11. Six J., Jastrow J.D. Encyclopedia of soil science. Marcel, 2002. P.936—942.
12. Заварзин Г.А., Кудяров В.Н. // Вестник РАН. 2006. Т.76. №1. С.14—29.
13. Орлов Д.С., Бирюкова О.Н. // Почвоведение. 1995. №1. С.21—32.
14. Larionova A.A., Rozonova L.N., Yevdokimov I.V. et al. // Tellus B. 2003. V.55. P.331—337.
15. Vuichard N., Belleli Marchesini L., Phillipe C., Valentini R. // Abstracts of Open Science Conference on The GHG Cycle in Northern Hemisphere. November 14—18, 2006. Sissi-Lassithi, 2006. P.228.
16. Курганова И.Н., Лопес де Гереню В.О. // ДАН. 2009. Т.426. №1. С.132—134.
17. Ларионова А.А., Евдокимов И.В., Курганова И.Н. // Почвоведение. 2003. №2. С.183—194.

Жизнь стрекоз глазами орнитолога

Е.Н.Панов, Е.Ю.Павлова

Уже третий год в окрестностях нашей деревни Черноморье летом почти нет птиц. Хотя июль, как известно, «мертвый» месяц для орнитологов, но чтобы с конца июня не увидеть ни синицы, ни зяблика, не услышать ни звука!.. Тем не менее в лесу стояла тишина, прерываемая лишь картавым криком кедровки. Эта птица благополучно живет во владимирских лесах без кедровых орехов, питаясь словыми семенами и насекомыми. Как было бы соблазнительно объяснить отсутствие мелких воробьиных птиц недостатком корма, но уж чего-чего, а насекомых вокруг хватало. Поневоле они-то и привлекли наше внимание...

Прежде чем скрыться в лесу, разбитая дорога черными колеями ныряла в низину. Здесь же брал начало овраг, уходящий в глубь леса и заполненный стоячей водой. На разъезженной грязи сидели сонмы бабочек, а среди высокой травы у берега неспешно, словно в замедленной съемке, проскальзывали там и тут миниатюрные стрекозы — голубые стрелки (*Enallagma cyathigerum*). В прогретой солнцем придорожной бочажине торчали меланхоличные морды лягушек. Изредка уж, посверкивая оранжевым затылком, черной лентой прорезал мутно-зеленую воду. Подальше, под пологом темного ольшаника, над руслом оврага барражировали крупные стре-



Евгений Николаевич Панов, доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории сравнительной этологии и биокоммуникации Института проблем экологии и эволюции им.А.Н.Северцова РАН, член Международной орнитологической комиссии, лауреат Государственной премии РФ (1993). Специалист в области эволюции поведения животных.



Екатерина Юрьевна Павлова, зоолог, руководитель кружка юных биологов Московского зоопарка (КЮБЗ). Область научных интересов — сравнительная этология.

козы-коромысла. Опущку леса обрамлял цветущий луг. Какая красота!

Вглядевшись чуть пристальнее, мы обнаружили, что стрелки избрали придорожный участок водоема для откладки яиц. Летали они парами — самцы держали самок за голову «щипчиками», которыми вооружен конец брюшка, и так же, вместе, садились на воду. Самки погружали задние концы палочковидных тел в воду и откладывали яйца, а самцы возвышались над ними, сложив прозрачные крылья и вытянувшись в струн-

ку. Если же покой чем-то нарушался, партнеры взлетали, не расцепляясь, и вскоре опускались в другом месте. Их полет напоминал номер воздушных гимнастов. Стоило одной парочке приводниться, как рядом подсаживались другие. Так на наших глазах формировались группы из пяти-шести пар стрекоз. Столь впечатляющий пример социального поведения не мог оставить этолога равнодушным. Мы приступили к систематическим наблюдениям в надежде получить объяснение увиденному.

Вдвоем или в компании?

Мы заметили, что самец не покидал самку даже после завершения яйцекладки. Так и напрашивалась мысль, что он охраняет свою избранницу. Так называемая охрана генетического отцовства — важное понятие социобиологии, одного из направлений науки о поведении животных. Считается, что естественный отбор якобы выработал у каждой особи стремление всеми силами способствовать максимальному распространению в популяции своих собственных генов. У многих животных, и у некоторых видов стрекоз в частности, самка может спариваться в сезон размножения по несколько раз, зачастую с разными самцами. Самец, как полагают социобиологи, будет всячески препятствовать самке, спарившейся с ним, вступить в связь с другим самцом. Если все же произошла «измена», включается другой процесс, именуемый конкуренцией спермы, который, в свою очередь, может способствовать генетическому успеху одного из половых партнеров данной самки.

Казалось бы, поведение стрекоз вполне укладывается в эту систему взглядов. Действительно, к чему затрачивать усилия и отгонять после спаривания других претендентов, если можно попросту исключить контакт с ними, физически удерживая самку? Правда, в таком случае возникает другая проблема: тандем из двух особей хорошо заметен и не так маневрен и скор, как одиночная стрекоза. Так что и вероятность быть съеденной каким-либо водным хищником (например, лягушкой) у пары, наверное, выше, чем у свободно летающей самки. А уж скопление нескольких пар — и вовсе «ресторан» для охотников за насекомыми. Эдак не только собственные гены, но и собственную шкуру не сбережешь...

Специальное исследование, проведенное группой канадских энтомологов, подтвердило,



Скопление тандемов голубой стрелки.

Здесь и далее фото Е.Н.Панова

что тандемы другого вида мелких стрекоз — стрелок-девушек (*Coenagrion puella*) чаще становятся жертвами хищного водяного клопа гладыша (*Notocerca glauca*), чем одиночные самки. Статья так и называется: «Охрана самок самцами у стрекоз-стрелок увеличивает риск самок

в тандемах пасть жертвой хищника» [1]. Надо сказать, что это исследование было экспериментальным, т.е. проводилось в условиях искусственного замкнутого водоема. Что же касается наших наблюдений, то за все время (а мы провели у бочага не один день) ни одной ля-



Разнокрылая стрекоза коромысло синее (*Achna cyanea*).



Тандем голубой стрелки, приземлившись на спину опасного хищника — лягушки прудовой.

гушке не удалось полакомиться стрелками. Мы специально за этим следили, мечтая отснять такой сюжет на пленку.

Немецкий ученый Г.Рефелдт описал подобную ситуацию на примере стрелок, относящихся к другому их виду — *Sympetrum vulgatum*, который обитает в Западной Европе [2]. Рефелдт вел свои наблюдения в естественных условиях — на водоеме, где, как и в нашем бочаге, в изобилии жили зеленые лягушки (*Rana esculenta*). Оказалось, что тандем, присоединяясь к группе сородичей, не принимает во внимание присутствие хищников. Жертвами лягушек чаще становились те пары, которые «шли на посадку» поодаль от других тандемов. Возможно, внимание хищника рассеивается, если в его поле зрения присутствует несколько потенциальных объектов нападения, а на единственной паре стрекоз «сосредоточиться» легче. Но когда самки уже приступали к откладке яиц, вероятность быть съеденными оказывалась одинаковой и для одиночных пар, и для тех, что

нерестились группами. Однако самки, сидящие на поверхности воды, погибали от хищников несколько чаще, чем возвышающиеся над ними самцы.

Вернемся к нашим наблюдениям. Охота за интересными фотографиями привела нас на берег мелкой родниковой речки. Прямо перед нами порхали изумительные ярко-синие стрекозы красотки-девушки (*Calopteryx virgo*). Как хотелось получить эффектные групповые снимки и этих стрекоз!

Однако даже отдельные тандемы красоток нам не попадались. В чем же дело? Сразу стало ясно, что их поведение резко отличается от нравов крупных стрекоз-коромысел, о которых мы уже кое-что знали из прежних знакомств с ними и из специальной литературы. Для коромысел характерно ярко выраженное территориальное поведение. Иными словами, каждый самец ревностно охраняет небольшой водоем или же участок акватории площадью в несколько десятков квадратных метров. Он активно преследует любого

рискующего залететь на его территорию соперника, и тот немедленно ретируется. Иногда дело доходит до настоящей драки. С самками все иначе: им позволено посещать территории самцов, где в случае успешного хода событий происходит спаривание, после чего они свободно располагают собой и откладывают яйца там, где заблагорассудится. Таково социальное поведение этих так называемых разнокрылых стрекоз, отличающихся стремительным полетом [3]. Можно сказать, что они используют пространство подобно синицам, зарянкам, соловьям и другим нашим певчим птицам, самцы которых охраняют индивидуальные участки от вторжения конкурентов мужского пола. Такая самоизоляция самцов позволяет им принять на своей территории одну самку (иногда нескольких) и без помех устроить свою дальнейшую семейную жизнь.

Стрекозы относятся к подотряду равнокрылых стрекоз, у которых полет по сравнению с разнокрылыми слаб и неустойчив, а истинное территориальное поведение, как мы уже видели, полностью отсутствует. К равнокрылым стрекозам относятся и красотки. Первое, что бросилось нам в глаза при встрече с ними, — красочные стайки самцов, порхающие над водой.

Мы обнаружили, что около двух десятков этих стрекоз все время держались довольно плотным скоплением на ограниченном участке реки. Ни вправо, ни влево от этого места в таком количестве их не было.

Да ведь это же ток!

На следующий день, взяв с собой видеокамеру, мы принялись знакомиться с ситуацией более основательно. Оказалось, что каждый великолепный синий самец большую часть времени проводит на собственной присаде — выступающем из воды стебле водного растения ли-

бо длинном листе свисающей с берега осоки. Эти индивидуальные присады расположены вблизи друг от друга — иной раз примерно в метре (максимально до 4–5 м), что и обуславливает все дальнейшие события.

Самец не остается подолгу неподвижным, он периодически (с интервалами в несколько минут) взлетает, привлекая внимание соседа, который также поднимается в воздух. Теперь оба летают друг подле друга, не делая, однако, попыток сблизиться вплотную и тем более напасть на компаньона. Если соседние присады расположены уж очень близко, два самца вылетают на сопредельный участок и поднимают в воздух третьего, тот — четвертого и т.д. Таким образом возникают рои из семи-восьми особей. Проходит несколько минут, и все участники «авиашоу» возвращаются на свои постоянные места и рассаживаются по привычным насестам.

О стрекозах вообще и о красотках в частности энтомологами написано очень много. Существует даже целая отрасль зоологии, именуемая одонатологией (от латинского названия отряда стрекоз — *Odonata*). Мы же как орнитологи-этологи сразу уловили поразительное сходство происходящего с тем, что известно для целого ряда видов птиц, у которых контакты самцов и самок происходят на токах. Принцип организации таких группировок самцов таков, что именно это самое их компактное объединение обеспечивает возможность для самок найти половых партнеров с минимальной затратой времени и усилий. В этом смысле тока у позвоночных животных (они есть помимо птиц также у млекопитающих — копытных и рукокрылых) получили название «горячих точек».

Разумеется, профессиональные энтомологи не обязаны представлять себе образ жизни таких птиц, как, скажем, манакины, поэтому и не ведают о сходстве социальной организации



Самец красотки великолепной (*C. splendens*) на своей постоянной присаде.

этих южноамериканских пернатых и стрекоз-красоток. Самцы-резиденты черно-белого манакина (*Manacus manacus*), обитающего на о. Тринидад, постоянно удерживают и охраняют на току территории диаметром от 60 до 90 см, отделенные друг от друга дистанциями того же размера [4]. Персональный состав самцов на току весьма устойчив, что объясняется строгой привязанностью каждого резидента к своей территории и высокой продолжительностью их жизни. Некоторые самцы удерживали свои участки в течение пяти лет. Наиболее предпочитаемы и по-

стоянны территории в центре тока. Малая привлекательность краевых территорий отчасти обуславливает, по-видимому, существование нетерриториальных самцов-претендентов, которые с возрастом могут занимать освободившиеся участки ближе к центру. За пределами тока самцы кормятся на перекрывающихся участках, где нечасто контактируют друг с другом, а при встречах редко вступают в конфликты. Ближайшие тока отделены друг от друга расстояниями порядка 250–300 м.

Самки, живущие на перекрывающихся участках обитания



Совместные полеты самцов красоток.

в окрестностях тока, посещают его поодиночке или группами до пяти особей. Даже за одну «прогулку» самка может нанести визит нескольким самцам. В течение же года она гнездится по крайней мере 2–4 раза и время от времени, по-видимому, может спариваться с разными самцами. Самцы, надо сказать, столь же ветрены: некоторые из них, имеющие наибольший успех у самок, за сезон могут иметь до 15 партнеров. Большинство самок, спаривающихся на одном току, и гнездятся поблизости. Небольшие участки вокруг гнезда они защищают друг от друга. Насиживает и кормит птенцов тоже только самка. При успешном гнездовании примерно через месяц после вылета птенцов из гнезда связь матери с выводком утрачивается, и самка приступает к новому циклу размножения.

У птиц дополнительным средством привлечения особей слабого пола служит пение самцов. Например, на току все те же черно-белых манакинов каждый самец под пологом тропического леса расчищает от опада и растительной ветоши клочок земли диаметром около метра, посредине которого возвышается тонкий древесный по-

бег. Его самец освобождает от листьев, создавая таким образом шест для своих акробатических упражнений. Собравшись вместе и держась на расстоянии метра-другого, самцы быстро крутятся вокруг своих шестов, одновременно издавая особые трелевые и трескучие звуки.

Наши красотки, в отличие не только от птиц, но даже от таких «поющих» насекомых, как кузнечики и цикады, лишены голоса. Поэтому самцы располагают единственным эффективным средством для привлечения самок к месту скопления — повадкой периодически порхать над водой в компании себе подобных.

Проблема выбора

До сих пор о самках стрекоз-красоток речи не было. Мы рассуждали лишь о поведении самцов. Как-то мы заговорили о них в присутствии профессионального переводчика, весьма далекого от жизни насекомых. Когда он услышал наше зоологическое «самец красотки-девушки», то очень развеселился.

И все же, каким образом самки входят в очерченную карти-

ну? Оказалось, что так же, как это происходит у манакинов (или глухарей, тетеревов, дупелей и т.д.), где самки время от времени посещают ток ради встречи с партнерами. Не поместив самок индивидуально (что мы собираемся сделать на будущий год), уяснить детальную картину происходящего невозможно. На каждом из двух токов, где мы вели наблюдения, удавалось увидеть, как правило, только одну самку, в немногих случаях двух одновременно. Самки появлялись на месте действия эпизодически, так что выяснить, разные ли самки были здесь в разное время или же одни и те же посещали ток повторно, не представлялось никакой возможности. Но немало интересного нам все-таки удалось узнать.

Как только на току появилась самка, кто-либо из самцов срывался в погоню за ней, увлекая за собой других кавалеров с соседних индивидуальных участков. В погоне участвовали иногда до пяти-шести самцов. Вся эта кавалькада носилась туда и обратно вдоль по реке, каждый из претендентов пытался настигнуть самку первым. Как выяснилось впоследствии, результат если и зависел от этих соревнований, то в самой ничтожной степени.

У стрекоз спариванию предшествует захват самки самцом «за шею». Как мы уже упоминали, он удерживает ее за «стебелек», соединяющий голову и грудь особыми «щипчиками» (церками) на конце брюшка. На лету это сделать практически невозможно. Осуществить такой захват самцу удастся лишь в том случае, если самка сядет на его участке, то есть пассивно будет содействовать успеху спаривания.

В ритуал «помолвки» входило особое поведение самца. В тот момент, когда самка оказывалась на его участке, он летал вокруг нее своеобразным трепещущим полетом, как у бабочек-бражников. Крылья рабо-



Два самца красотки великолепной, устремляющиеся к севшей на воду самке (слева), и самец, взлетающий после падения в воду около самки.

тали с такой частотой, что их взмахи становились почти неразличимы глазом. Именно по специфическому поведению самца нам иной раз и удавалось определить, где именно готова приземлиться (или, точнее, приводниться) самка. Когда она садилась, что указывало на ее готовность к спариванию, самец подлетал к ней трепещущим полетом, падал в воду буквально «у ее ног», а затем уже выбирался на стебель водного растения в непосредственной близости от самки. Может быть, конструкция его летального аппарата не столь совершенна, чтобы обеспечить плавную посадку при таких скоростях работы крыльев.

Теперь наступил момент спаривания, которое у стрекоз выглядит довольно необычно. Еще до того как «невеста» появляется на его участке, самец загибает конец брюшка под грудь и помещает порцию спермы в пузырек на своем совокупительном органе — эдеагусе. Этот довольно сложно устроенный инструмент выглядит как выпячивание на третьем (считая от головы) членике брюшка. После того как в процессе спаривания самец ухватит самку за шею, она загибает брюшко так, что его конец с рас-

положенными там половыми органами входит в соприкосновение с эдеагусом самца. При этом спермии попадают в ее половые отверстия. Теперь нам стало понятно, почему у красоток мы не видим тандемов, столь характерных для стрекоз: контакт партнеров длится не более двух минут, после чего самец отпускает самку. Она еще минуты две-три сидит неподвижно, а затем, изогнув брюшко дугой, приступает к откладке оплодотворенных яиц в воду тут же, на его участке.

Что касается самца, то он утраивается рядом с ней на ближайшей присаде. Чаще всего это стебель растения, лежащего в воде и едва выступающего из нее. О том, что возбуждение самца еще не иссякло, говорят движения его крыльев: они медленно и ритмично раскрываются и снова складываются домиком. Если самка не улетает (иногда ее вынуждают к этому посторонние самцы), то ее партнер на протяжении всего процесса яйцекладки остается рядом. Он



Самец готовится к спариванию с самкой, севшей на его участке.



Сближение партнеров (слева) и момент захвата самцом головы самки.

либо сидит, поводя крыльями, либо вспархивает ненадолго, увлекаемый другими самцами, но неизменно возвращается.

По крайней мере в двух случаях из пяти, когда нам удалось проследить процесс от начала до конца, все завершилось край-

не неожиданно. Самки внезапно утонули. Да-да, они ушли под воду прямо у нас на глазах, погрузились, точно водолазы! Одну из них мы больше так и не видели. «Неужели конец?! — подумали мы, — неужели все заканчивается суицидом?!». В обоих случаях

самец не покидал места событий, словно ожидая возвращения возлюбленной. Но однажды нам удалось увидеть «возвращение ихтиандра» и даже засечь время, проведенное самкой под водой, — она пробыла там около десяти минут!



Спаривание стрекоз красоток.



Самка начинает откладывать яйца, самец возбужденно поводит крыльями.



Погружение самки в воду.

Впрочем, случалось и так, что самка сама начинала перелетать в поисках места для яйцекладки и в конце концов оставалась в гордом одиночестве. Но и при таком ходе событий одна из самок ушла под воду. Мы тщательно вглядывались в зеркало воды на протяжении «положенных» десяти минут, но так ничего и не увидели. Вероятно, в большинстве случаев самки выныривают совсем не там, где ушли под воду. И это не удивительно, ведь стрекоза скорее подводный житель, чем наземный: два года насекомое проводит под водой в стадии личинки, а жизнь взрослой особи длится несколько теплых весенне-летних месяцев.

Мы долго рассуждали о странном поведении этих малознакомых нам существ. И опять возникло несколько объяснений. Женское восприя-

тие подсказывало, что, погружаясь в воду, самка спасается от притязаний назойливых кавалеров. Ведь они преследуют ее, мешая целиком отдать делу продолжения рода. Но может быть, она попросту спускается вниз по стеблю растения, откладывая яйца все ниже и ниже, не испытывая никаких трудностей под водой, а мы думаем, что это какая-то поведенческая адаптация. В дальнейшем оказалось, что дело именно так и обстоит.

Противоречия полового отбора

Вернувшись в Москву, мы сразу же углубились в чтение литературы. Оказалось, что красотки рода *Calopteryx*, к которому относятся интересующие нас стрекозы, обитают не только в Евразии,

но и на других континентах. Их социальное поведение находится в центре пристального внимания европейских и американских ученых. Более того, эти стрекозы — один из основных объектов особого направления социобиологических исследований, именуемого послебрачным половым отбором.

Рассказ о стрекозах мы начали с бытующего представления, что самец охраняет самку, с которой он спарился, от посягательств других самцов ради охраны своего генетического отцовства [5]. В системе господствующих сегодня в западной научной литературе воззрений на мотивы поведения животных задача самца состоит в том, чтобы максимально распространить в популяции собственные гены. Что же касается задач самки, то они состоят в том, чтобы вы-



Самцы стрекоз красоток — *C. virgo* (слева) и *C. splendens*.

брать в качестве полового партнера того из самцов, который обладает «хорошими» или «лучшими» генами. Эта идея созвучна представлениям Дарвина, внесшего в науку понятие «половой отбор».

Однако несложные наблюдения показывают, что охрана самцом самки не гарантирует его полностью от ее «измены». Например, даже у моногамных видов птиц широко распространены так называемые внебрачные спаривания [6]. Что касается стрекоз, то у большинства их видов, и у красоток в частности, самка может спариваться как минимум дважды за день и в основном с разными самцами.

Такое положение вещей привело социобиологов к поискам каких-то дополнительных механизмов, «страшающих» благоприятную судьбу генов данного конкретного самца. Именно так появилась идея «послебрачного

полового отбора», основанного на явлении «конкуренции спермы». И красотки оказались здесь, среди нескольких прочих видов насекомых, именно теми животными, на примере которых это явление выглядит наиболее выукло.

Множество тщательнейших исследований показали, что у этих насекомых самец в момент спаривания первым делом с помощью своего совокупительного органа удаляет из половых путей самки сперму предыдущего ее партнера (см. например, [7]). Известный отечественный генетик М.В.Голубовский прокомментировал это следующим образом: «Повадки стрекоз напомнили мне действия Одиссея, вернувшегося после долгих странствий к Пенелопе. Прежде чем сблизиться с ней, он произвел “зачистку” и разогнал других самцов, пристававших к его супруге».

В итоге получается, что устремления самок и самцов входят в противоречие. Действительно, с точки зрения социобиологов особи женского пола стремятся спариться с «лучшими» самцами. Второй претендент может оказаться «не столь хорошим» в генетическом отношении, но его сперма имеет все шансы заместить сперму первого избранника самки. Эта ситуация получила в социобиологии наименование «конфликта самцов и самок» [8].

Конфликт возникает и между двумя группами исследователей, изучающих поведение красоток. Одни утверждают, что решающая роль во всем этом процессе принадлежит самцам: они, дескать, осуществляют тотальный контроль над результатами репродукции за счет охраны партнерши и замещения спермы. Им возражают другие, указывая при этом на два обстоятельства. Во-

первых, спаривание у красоток возможно лишь при пассивном содействии со стороны самки. Самец, как уже упоминалось, не в состоянии овладеть ею силой. Во-вторых, устройство половой системы самки таково, что она может регулировать поступление спермиев к яйцам в момент их оплодотворения. Сперма, полученная самкой при спаривании, запасается впрок в разных резервуарах — в так называемой бурсе и в двух сперматеках. Оказалось, что если самка откладывает яйца сразу же после последнего спаривания, то они оплодотворяются спермой из бурсы (а мы помним, что она принадлежит в основном самцу, заместившему прежнее содержимое бурсы своими гаметам). Однако если откладка яиц происходит через некоторое время, то для их оплодотворения самка использует сперму из парных сперматек [9].

Один из важнейших методологических принципов науки — «брита Оккама». Суть его состоит в следующем: «не умножай сущностей сверх необходимого». Или, попросту говоря, не следует прибегать к сложным объяснениям там, где вполне годятся простые. В данном случае для каждого, кто знаком с биологией стрекоз, очевидно следующее. Инстинкт заставля-

ет самку правильно выбрать место для откладки яиц, чтобы выжило максимальное число личинок. С этой точки зрения повадка самок красоток откладывать яйца под водой может рассматриваться не как противодействие назойливости самцов, а как механизм предохранения яиц от опасности высыхания при значительном понижении уровня воды в особенно жаркое лето [10, 11].

Другое насущное требование состоит в том, чтобы количество спермы, полученной самкой при спаривании, оказалось достаточным для оплодотворения нескольких сот яиц, продуцируемых в ее организме. Здесь, разумеется, многое зависит от характеристик самца, но плодовитого самца от неплодовитого по внешним признакам самка отличить не в состоянии [12]. Поэтому вполне разумным выглядит предположение, что самка выбирает не самца, а участок водной глади, где он обосновался в сезон размножения. Выбор участка самцом так же отвечает потребностям выживания личинок, как и тот, что осуществляется самкой. Все это приводит к выводу, что половой контакт партнеров, заканчивающийся откладкой яиц, есть событие случайное, мало зависящее от их «намерений» [13].

В отношении птиц, размножающихся на токах, многократно показано, что самка выбирает в качестве полового партнера не конкретного самца, а некий участок в центре тока [6]. Так ли дело обстоит у красоток, мы собираемся проверить в будущем году.

А сейчас мы привезли с собой в Москву фотоматериалы — все увиденное засняли с помощью фото- и видеокамер (см. www.panov-ethology.ru), а кроме того, кое-что наговорили на диктофон. Просматривая фотографии на большом экране компьютера, мы сделали еще одно открытие. Оказалось, что мы имели дело с двумя разными видами стрекоз: на одном из двух токов, где мы вели наблюдения, это были красотки великолепные (*C.splendens*), на другом — преимущественно красотки-девушки (*Calopteryx virgo*), среди которых, впрочем, встречались и одиночные особи красотки великолепной! Пристальное изучение изображений не оставило сомнений в том, что здесь присутствуют и гибридные самцы. Таким образом, закономерности, которые первый автор этой статьи всю свою жизнь изучал на птицах, теперь предстоит проверить на беспозвоночных. Вдруг сработают! ■

Литература

1. Zeiss Ch., Martens A., Rolff J. // Can. J. Zool. 1999. V.77. №6. P.1013—1016.
2. Rehfeldt G.E. // Behavioral Ecology Sociobiology. 1992. №30. P.317—322.
3. Campanella P.J. // Behaviour. 1975. №54. P.278—310.
4. Панов Е.Н. Поведение животных и этологическая структура популяций. М., 1983. (2-е изд.: 2010 г.)
5. Waage J.K. // Behavioral Ecology Sociobiology. 1979. №6. P.147—154.
6. Панов Е.Н. Бегство от одиночества. Индивидуальное и коллективное в природе и в человеческом обществе. М., 2001.
7. Ubía E., Rivera A.C. // Animal Behaviour. 2005. №69. P.797—804.
8. Fincke O. // Biological Journal of the Linnean Society. 1997. №60. P.201—220.
9. Siva-Jothy Michael T., Hooper R E. // Behavioral Ecology Sociobiology 1986. №39. P.389—393.
10. Buskirk R.E., Sherman K.J. // Florida Entomologist. 1985. V.68. №1. P.39—51.
11. Fuske O.M. // Behavioral Ecology Sociobiology. 1986. №18. P.405—412.
12. Shorter J.R. Coloration as an Indicator of Male Quality in the Dark-Winged Damselfly *Calopteryx maculata*. 2007 (http://deepblue.lib.umich.edu/bitstream/2027.42/57583/1/Shorter_John_2007.pdf).
13. Kempnaers D. // Advances in Study of Behavior. 2007. V.37. P.189—278.

Хаитская катастрофа

Взгляд через 60 лет

А.А.НИКОНОВ

«В пределах Гиссарского хребта... не исключена возможность возникновения землетрясений силой более 9 баллов... Подобные катастрофические землетрясения в пределах Гиссарского хребта еще не были зарегистрированы, и они, вероятно, происходят в виде исключения, в непосредственной близости от линий разрывов» [1. С.47]. Эта цитата взята из книги, сданной в печать перед Хаитским землетрясением 10 июля 1949 г. в Таджикистане. Оно произошло в зоне, которая на опубликованной в том же году карте сейсмического районирования СССР относилась к области 8-балльных сотрясений, тогда как на первой такого рода карте 1937 г. она показывалась 9-балльной. Землетрясение по силе превзошло все допускавшиеся пределы. И по последствиям — тем более. Теперь его относят к 10-балльным [2, 3], магнитуду определяют в 7.5, число жертв...

Хаитская катастрофа последовала всего девять месяцев спустя после ужасающей Ашхабадской [4]. И о ней, как и об Ашхабадской, население страны почти ничего не узнало. Некоторые журналисты постсоветского времени даже называли Хаитское землетрясение секретным. Действительно, сведения о нем не распространялись широко, но для специалистов-сейсмологов ни в 1949 г., ни позднее секрета оно не представляло. Материалы публиковались в профильных изданиях.



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

В определенном смысле каждое сильное землетрясение, точнее, группа землетрясений, имеют свое лицо. Внимательно всматриваясь в лицо событий прошлых, мы имеем возможность предсказывать черты будущих, естественно, в сходных условиях, поэтому уместно и необходимо взглянуть в особенности Хаитской сейсмической катастрофы. А 60-летие — удобный срок и повод.

В 70—80-х годах прошлого века мне несколько лет довелось разбираться в следах, формах, причинах землетрясения на месте, в ближних и дальних окрестностях. Отсюда и потребность не просто рассказать об очередном сейсмическом пароксизме, но попытаться выделить в нем черты специфические и типичные. А того и другого за десятилетия в Хаите обнаружилось предостаточно.

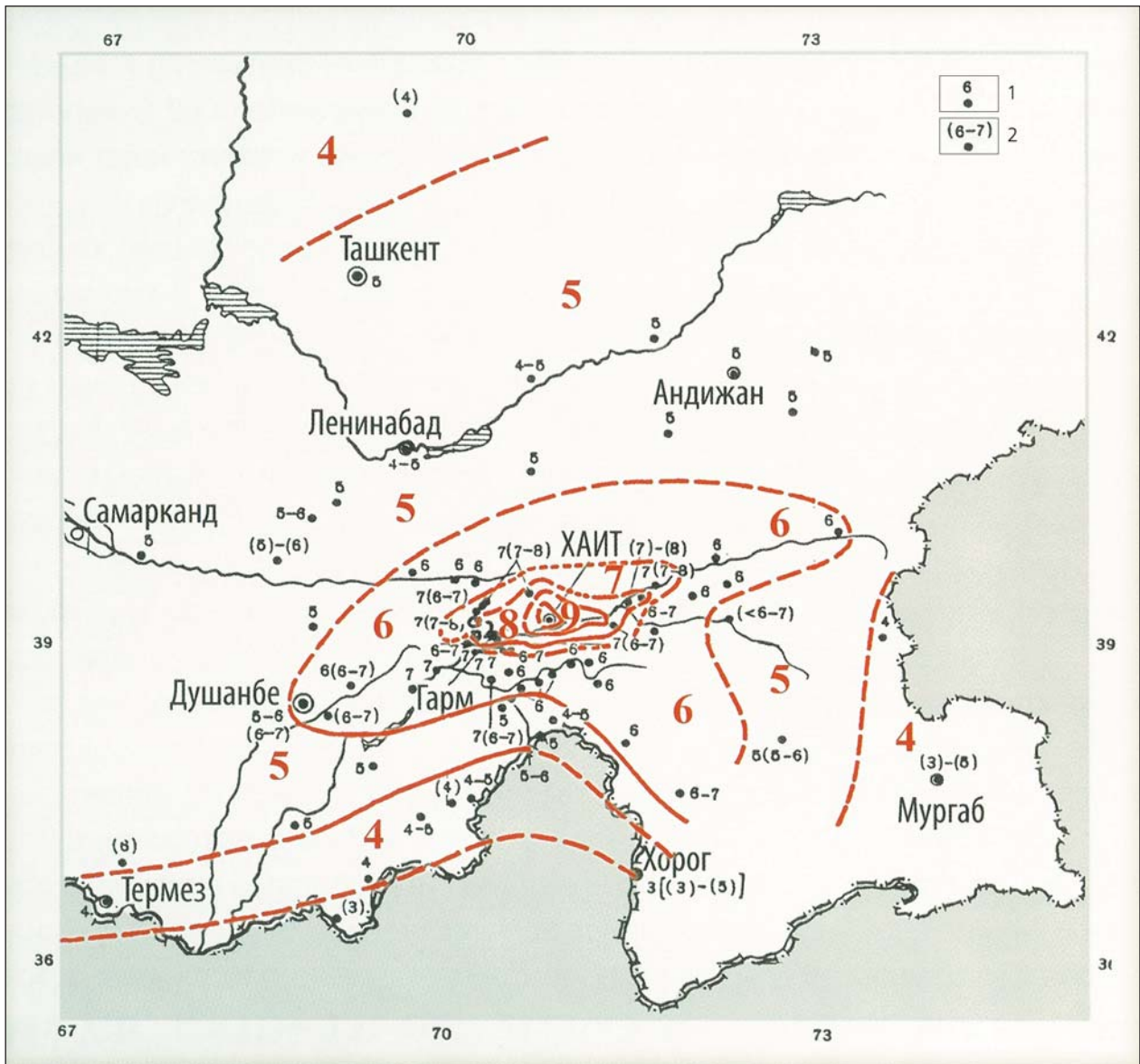
В чем специфика именно Хаитского землетрясения?

Оно произошло через семь лет после аналогичного

разрушительного Гармского и точно на продолжении его эпицентральной зоны (очага), что не часто бывает при событиях высокой магнитуды. Очаг располагался в области развития кристаллических и метаморфических пород раннего палеозоя, т.е. в фундаменте древней платформы. Если считать с форшоками и сильнейшими афтершоками первых дней, то по совокупно выделенной энергии оно намного превосходило остальные известные в зоне сочленения Памира и Тянь-Шаня сейсмические события. Сотрясения интенсивностью более 5 баллов охватили огромную площадь юга Средней Азии [1—3]. Землетрясение породило необычайные по числу и суммарному объему сейсмогравитационные нарушения в обширной области, в том числе уникальный скальный обвал объемом 0.4 млн м³, прокатившийся на 5 км по долине р.Дарай-хаус и выплеснувшийся поперек другой, более крупной, долины

Кто сумеет разобраться в прошлом, тот научится предсказывать будущее.

Правило древних оракулов



Изосейсты умеренных сотрясений главного толчка Хаитского землетрясения 10 июля 1949 г. Цветом показаны изосейсты и баллы интенсивности в прилегающих зонах. 1 — пункты с надежным, 2 — с недостаточно надежным определением сейсмической интенсивности, цифры рядом — значение интенсивности в баллах макросейсмической шкалы [10].

р.Сурхоб. Именно эти нарушения и стали основной причиной большого числа человеческих жертв.

Академическая комиссия обследует

Академия наук СССР сразу же направила в район бедствия комиссию, главным образом из сотрудников Геофизического института (ныне Института физи-

ки Земли РАН), которая, как и полагается, представила отчет, с тех пор так и лежащий в архиве [5]. Пора, наконец, в него заглянуть не только избранным (точнее, его избравшим, поскольку в библиотечной карточке значатся две-три фамилии, хотя никакого грифа отчет никогда не имел).

Возглавлял комиссию В.Ф.Бончковский, заместителем стал гравиметрист Ю.Д.Буланже. В состав комиссии входили гео-

логи В.М.Синицын и И.Е.Губин, а также инженер-строитель С.В.Медведев. Трое членов комиссии с районом были знакомы, поскольку участвовали в работах Гармской экспедиции института, проводившей исследования в регионе еще в 1945 г.

Уже 12 июля комиссия приступила к работе. Дороги в пострадавшей горной местности оказались настолько поврежденными оползнями и камнепадами, что стали практически не-



На развалинах пос.Хаит. Июль 1949 г.

Фото И.Е.Губина

проезжими. Сотрудникам приходилось совершать облеты всего района с посадками в Хаите, Гарме, Джиргитале, Калай-Лябиобе (Таджикабаде).

Отчет, несмотря на предварительный характер, содержал немало важных сведений. На ближних сейсмических станциях колебания оказались столь значительными, что записи вышли за границы лент и не смогли дать необходимой информации. Записи других сейсмографов еще как следует не обработали. Но уже стало известно, что за первые 10 дней в Сталинабаде (впоследствии Душанбе) зарегистрировали 250 толчков, и они все продолжались.

По опросам жителей и осмотру поврежденных строений определили, что главный толчок на юге и востоке был вертикальным. На север члены комиссии проникнуть не смогли, так что получить сведения оттуда им не удалось. Тем не менее они убедились, что сильнейшие разрушения произошли в зоне длиной 60 и шириной 6—9 км; 15 кишлаков оказались погребенными вместе с жителями под земляными лавинами. Совсем исчезли 50 поселений, в том числе Хаит, тогда районный центр с 10 тыс. жителей. Всего пострадало свыше 150 населенных пунктов. По предвари-

тельным оценкам (когда еще сведения продолжали собирать), погибло не менее 10 тыс. человек. Окончательное число жертв осталось неизвестным, да и названная цифра до сих пор не публиковалась. Заглянув в сводку важнейших землетрясений мира [6], мы не найдем упоминания о Хаитском землетрясении, хотя в разных странах мира за те же годы указан ряд близких по магнитуде событий с числом жертв около тысячи и даже по 150 и 30 человек.

Можно не сомневаться, глазам членов комиссии предстала жуткая картина (увы, воспоминаний и подробных описаний они не оставили). Отчет же кратко констатирует огромные срывы грунтовых масс и оползни в южной части Гиссарского хребта, особенно в долинах рек Сурхоб и Ясман (Ягман). В последней они срывались с северных склонов с высоты до 1000 м. Лавина снесла толщи лессов мощностью до 10—15 м, которые внизу отложились языками шириной более 1000 м. Обводненные массы земли двинулись поперек долины р.Ясман, перемещаясь на противоположный борт. Дно на протяжении 20 км заполнилось грязевой массой толщиной более 5—10 м. Всего в этой долине было погребено

33 кишлака. Южнее, на правобережье р.Сурхоб, кроме срывов земляных и каменных масс образовались крупные оползни. Два кишлака вместе со строениями и полями сползли вниз на 300—500 м.

Силу землетрясения в эпицентральной зоне комиссия определила в 9 баллов, выделила и окружающие зоны 8—9-балльных сотрясений. Массовое разрушение сельских построек объяснялось очень низким качеством традиционного местного строительства при полном отсутствии антисейсмических мер. В тектоническом характере землетрясения никакого сомнения не возникало (но любопытно, что в то время это приходилось еще специально отмечать).

Как это выглядело на месте, или Что, где, когда

Как это выглядело на земле в несчастном Хаите и прилежащих долинах, рассказать было тогда, а теперь и по давню, никому. Из нескольких тысяч населения остались едва ли сотни горных таджиков... Со слов местного жителя, записанных 11 лет спустя: «Горы сошлись. Был город Хаит, были кишлаки. Сейчас все люди далеко под землей. Мои папа, мама, братья, сестры, дедушка, бабушка, все родные там под землей. Я один. Никого у меня нет.

— А ты как жив остался?

— Я в армии был. Год прошел, дали домой сходить...» [7. С.13].

Восстановить события и процесс в самую активную фазу трудно. При землетрясениях такого масштаба бывает немало очевидцев, по рассказам которых удается с той или иной (не)полнотой восстановить ход событий. Здесь не так. Большинство жителей в эпицентральной зоне погибло. Оставшиеся толком объяснить мало что могли, настолько были шокированы, и по-русски практически не говорили. Да их и не расспрашива-

ли. Системы сбора макросейсмической информации тогда еще не существовало ни в устной форме, ни в виде рассылки опросных листов. Сведения от коренного населения, кроме пресловутого «горы сошлись», далеко не пошли. В основном можно опираться на два источника. Во-первых, это опросы русскоязычных сотрудников на местах, которые проводил заведующий сейсмической станцией «Сталинабад» П.Г.Семенов [8]. Во-вторых, воспоминания ботаника К.В.Станюковича [9], работавшего в то время вблизи эпицентра в долине р.Оби-Кабуд (Ярхыч).

В верховьях долины Оби-Кабуд, в 26 км от Хаита, происходила «какофония» толчков, т.е. они шли с разных направлений, сваливая друг на друга вскакивавших на ноги людей. Вот описание Станюковичем первого сильного афтершока: «...пока мы стояли там (на зеленом скате горного хребта, на правом берегу реки. — А.Н.), опять издали накатился тяжелый гул и грохот, он рос, приближался, и когда он достиг максимальной силы, земля дрогнула, затряслась...» [9, С.222]. Совершенно ясно, что наблюдатель (и его группа) находились не в эпицентре, а поодаль от него. По описанию схода оползней на склонах и фиксации их в дальнейшем на местности [10] мы установили, что и при главном толчке, и далее сейсмические колебания здесь шли в основном с юга, от низовьев р.Ясман.

Иначе события развивались в Хаите. Там «вдруг произошел внезапный вертикальный толчок в сопровождении гула, напоминающего стрельбу нескольких сот дальноточных орудий. Люди, стоявшие на земле, попадали, сидевшие на стульях были сброшены и опрокинуты» [8, С.96]. Судя по этому свидетельству и сведениям в отчете комиссии, гул, шедший не издали, и первый вертикальный толчок — признаки близости к эпицентру и взбросовой подвижки рядом с ним.

«После этого толчка начались горизонтальные колебания большой силы. Люди, стоявшие на ногах и упавшие при этих колебаниях, сравнивают подобные движения с выдергиванием ковра из-под ног то в одном, то в другом направлении. Все длилось буквально секунды, гул не смолкал» [8, С.96]. Ясно, что речь идет о следующих импульсах первой, главной, фазы процесса (до второго сильного толчка в долине р.Оби-Кабуд). В Хаите люди уцелели только на самом южном краю поселка. Из страха оставаться в сильно поврежденных домах они жили под временными навесами и потому спаслись. Центральная и северная части поселка были полностью перекрыты грязекаменным потоком.

В самом поселке описаны следующие случаи. Самолет У-2 на площадке у Хаита «подбрасывало и катало». Дорожного служащего первым толчком сбросило с лошади и отбросило на 20 (!) м.

Судя по геологической структуре в окрестностях Хаита, маловероятно, чтобы горизонтальные, резкие движения могли развиваться в субмеридиональном направлении, а вот вдоль Южно-Гиссарского разлома (т.е. субширотного) — как раз были вполне возможны. Иными словами, они носили сдвиговый характер.

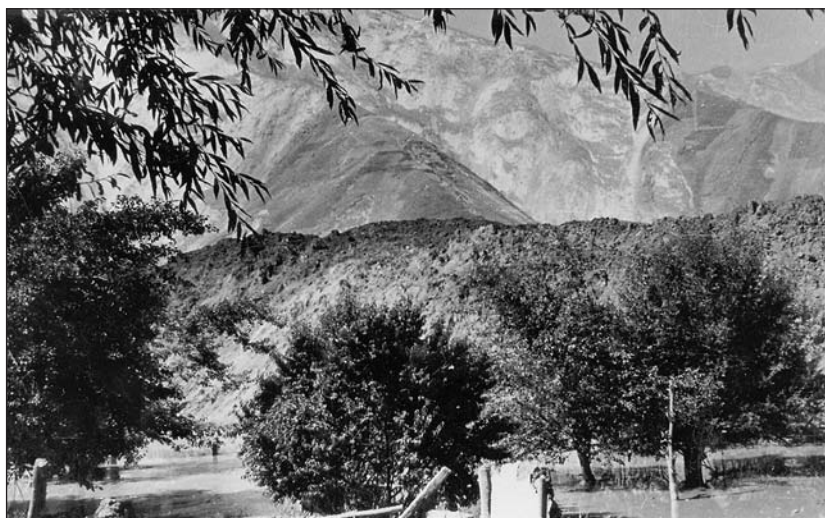
Несколько южнее Хаита в 9-балльной зоне грузовую автомашину на ходу подбросило, а людей выбросило из кузова в сторону, скорее всего, в субширотном направлении. Вдоль правобережья р.Сурхоб землетрясение началось гулом, «затем последовал почти вертикальный удар, и земля, по определению очевидцев, колебалась как “соломотряска”... земля “ходила ходуном”, бросая из стороны в сторону даже упавших на землю» [8, С.99—101]. По этим сведениям можно заключить, что на всем южном фланге приэпицентральной зоны на протяжении 40—50 км характер и после-

довательность собственно сейсмических событий были одинаковы: гул, сильный (с ускорением больше 1 g) (близ)вертикальный толчок, серия резких горизонтальных движений.

Восстановить последующие события возможно и по сообщением из пунктов с более слабыми сотрясениями [8]. На северо-западе (Ленинабад, Ура-Тюбе) в 5-балльной зоне отмечено три последовательных толчка. На юге и юго-западе в 4-балльной зоне (Даштиджум, Муминабад, Нульванд) отметили два-три толчка. В Нульванде три толчка произошли за 30 с. Их можно соотнести с горизонтальными толчками в Хаите. В пос.Ванч после первого, 6-балльного, толчка через 2 мин последовал более сильный. По-видимому, его можно соотнести со вторым сильным толчком на северном фланге в долине р.Оби-Кабуд. Примерно в 75 км к югу от Хаита за весь день 10 июля насчитали 23 афтершока. Эти сведения дополняют и подтверждают факты из эпицентральной области, в то время как по инструментальным данным их получить не удалось (каталог сильных афтершоков начинается спустя три с лишним часа после главного).

Геолого-геоморфологические последствия

Профессионально этим вопросом геологи стали заниматься только спустя десяток лет. В 1958 г. в Хаите проводил исследования Н.Н.Леонов, впервые сосредоточивший внимание на геолого-геоморфологических последствиях землетрясения (сейчас мы бы сказали — нарушениях рельефа) и составивший соответствующую карту [11, 12]. На ней показаны места массовых срывов грунта, лавин, отдельных обвалов, камнепадов и, само собой разумеется, главный огромный скальный обвал из верховьев долины р.Дарай-



Фронтальная часть каменно-земляной лавины высотой до 70 м, под которой погребена большая часть пос.Хаит. 1949 г.

Фото И.Е.Губина

хаус, который и погубил большую часть жителей районного центра. Все обнаруженные нарушения исследователь отнес к последствиям катастрофы 1949 г. Он заключил: «Хаитское землетрясение является наиболее сильным для краевой части Южного Тянь-Шаня, о чем свидетельствует отсутствие следов более древних землетрясений в виде крупных геоморфологически выраженных нарушений земной поверхности и исторических данных о сильных подземных толчках в этой области» [12. С.137]. Насчет исторических данных совершенно верно. Какие сведения можно найти в области, которая до начала XX в. оставалась глухой горной окраиной в стороне от основных торговых путей и военных интересов? А вот насчет нарушений земной поверхности...

Десятью годами позже с ознакомительной поездкой там побывал основатель сибирской школы палеосейсмологии, крупнейший в СССР специалист по склоновым сейсмодетформациям В.П.Солоненко. Ему с коллегами удалось полетать над эпицентральной областью на вертолете, поработать на Хаитском каменном обвале и на грязевом потоке в долине р.Ясман. Опытным гла-

зом он распознал в округе следы древних склоновых нарушений, порожденных более ранними, несомненно очень сильными, землетрясениями [13]. Только вот изучить их ему не довелось.

Кроме того, он увидел отчетливый ровный уступ вдоль правого борта долины Дарай-хаус, довольно высоко над ее заваленным днищем. На его плане показан «сейсмогенный взброс» вдоль подножья северного борта [13. С.20]. Подразумевалось, что уступ-срыв «обязан» был образоваться при столь сильном землетрясении. Но вот по поводу «сейсмогенного взброса» по линии уступа никаких обоснований не появилось. Но, как представлялось Виктору Прокопьевичу по сибирскому опыту, в 10-балльной зоне не могло не возникнуть сейсмогенного разрыва. А времени для подробного изучения у него не было.

Прошло еще почти 10 лет...

С новыми методами при малых возможностях

Впервые приехав в Хаит в 1975 г., мы — небольшой палеосейсмологический отряд из Института физики Земли АН СССР — разбили лагерь на краю

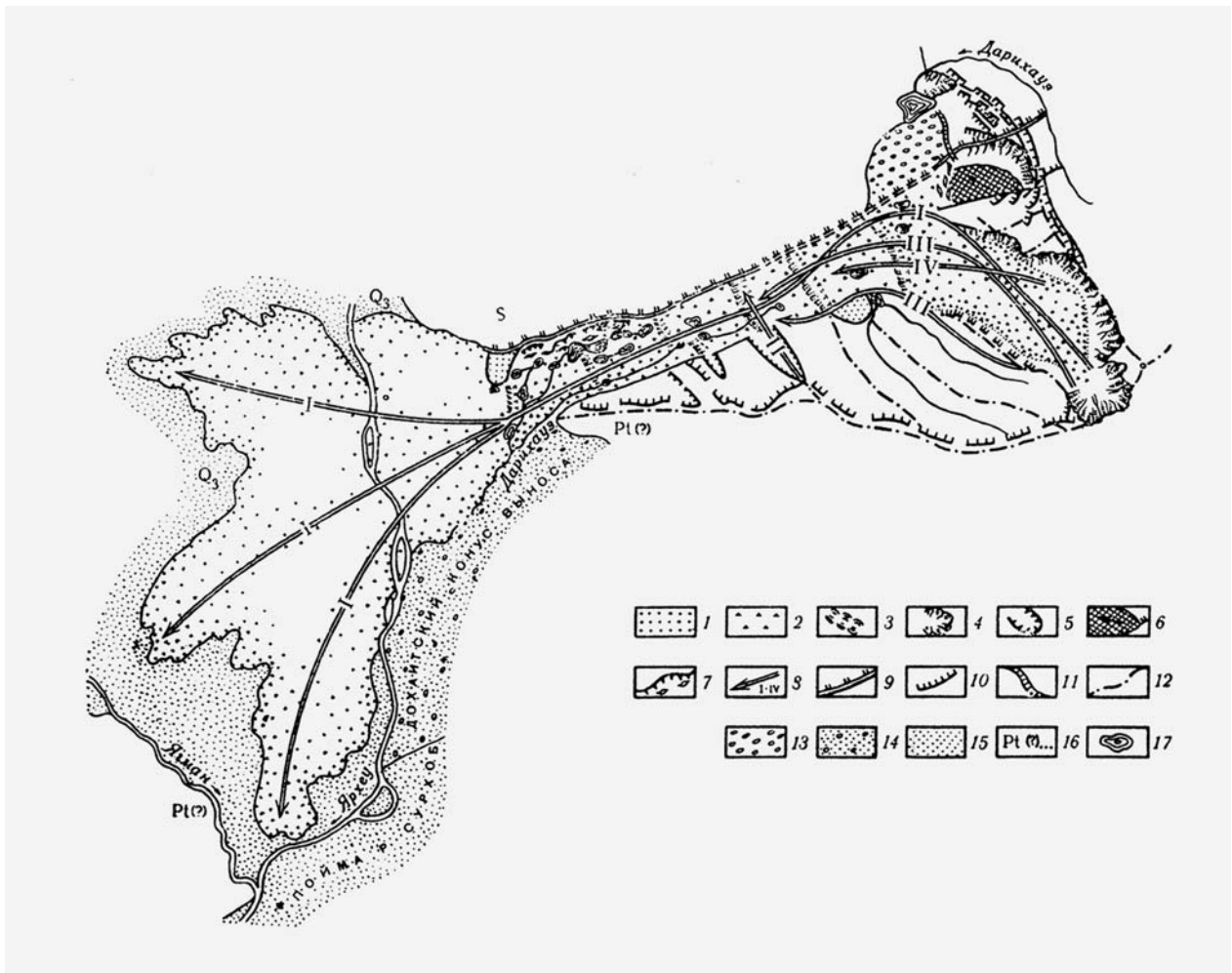
знаменитого обвала, на маленькой зеленой лужайке с видами печальными, но завораживающими. Вокруг нагромождения глыб, бугры каменно-земляной массы, уже начавшие покрываться дерном. А под нами, на глубине до 70 м, лежит труха от бывшего поселка вместе с его бывшими жителями. Но другого уголка для лагеря вокруг просто не существовало.

Начали с изучения уступа вдоль бывшего искусственного канала (арыка), расцененного Солоненко как тектоническое новообразование. Расчистили, обследовали: уступ в лессах есть, разрыва нет. Но перед основным событием 10 июля 1949 г. несколько дней шли дожди. Видимо, вода переполнила арык и обильно пропитала подстилающую толщу лесса. При первом же вертикальном толчке она сорвалась вниз, как по линейке, срезав склон. Пройдя вдоль этой линии, мы вскоре вышли на сохранившееся русло арыка, которое плавное заворачивало к полям. Оросительные каналы в горах нередко огибают выступы рельефа, но чтобы их огибали разломы? Пришлось поправить мэтра.

Приступили к исследованию обвала — порождению и виновнику катастрофы. Но тут не обойтись без отступлений.

Каменный дракон — так называл свою книгу о каменных обвалах и лавинах Володя Хромовских, мой далекий иркутский коллега и приятель. Этого дракона «в лицо» он так и не увидел. Даже мертвого. А те, кто видел его живого, меньше чем через минуту уже не могли рассказать, «как сошлись горы».

Сохранились лишь скупые отрывки и пересказы с недоговоренностями. «На фоне продолжающегося колебания почвы и беспрерывного гула появился дополнительный гул, как скрежет камней друг о друга, и, по образному выражению одного из очевидцев, этот звук напоминал гигантскую камнедробилку. Шум этот шел издалека



Глазомерный план Хаитского сейсмогенного обвала 10 июля 1949 г. (составил В.Солоненко при участии Д.Дельяновича, М.Исмаилова, Х.Мирзобаева, О.Павлова, О.Романова, С.Хилько и Х.Хайдарова). 1 — валы древних обвалов; 2 — Хаитский обвал; 3 — уступы («волны») обвальной массы; 4 — скальные обвальные амфитеатры; 5 — обвальные амфитеатры в лессах; 6 — сейсмогенный скальный оползень-обвал и направление его движения; 7 — оползни и бугры выпирания; 8 — направление движения обвалов; 9 — сейсмогенный взброс; 10 — сейсмогравитационные обвально-оползневые трещины; 11 — селевая промоина; 12 — водоразделы; 13 — морена; 14 — пролювий; 15 — аллювий (Q₃); 16 — протерозойская (Pt) и силурийская (S) метаморфические толщи и граниты; 17 — озера; I, II, III, IV — последовательные фазы обвалов [13].

и быстро нарастал. Вдруг через пыль перед глазами людей появилась какая-то громада высотой 100—150 м, движущаяся на Хаит со стороны р.Оби-даркхаус... Движение было настолько стремительным, что люди, находившиеся на окраине Хаита, в паническом страхе устремились от нее, но эта громада с грохотом их настигла» [7. С.96]. Высота фронта мчавшегося по долине обвала явно преувеличена, вряд ли она была намного больше его мощности.

А вот что увидел пришедший в Хаит шесть дней спустя Станюкович: «Мы уперлись в груды земли и камней! Груды эти поднимались над дорогой огромным валом в десятки метров высоты... Мы долго карабкались по буграм этого завала... Сам завал состоял из мешанины скал и щебня, мелкозема, кусков дерна. Из него иногда торчали ободранные, перемолотые стволы деревьев, обломки балок домов, кирпичи. Куски льда, очевидно со снеговых вершин, вдруг ос-

колки посуды. Больше часа мы карабкались по завалу, то поднимались, то опускались через эту кашу, изрытую ямами и канавами, с гребнями и бесформенными холмами, через этот отвратительный нелепый хаос» [9. С.231].

Здесь кроме представления о самом обвале, точнее — грязекаменном потоке, важно упомянуть о кусках льда («со снеговых вершин»). Но в этом районе снеговых вершин нет. Обвал сошел с самой высокой горы Чохрак (более 3 тыс. м), где



Развалины в северной части пос.Хаит. 1949 г. На переднем плане тыловая часть фронта каменно-земляного обвала. На заднем плане сохранившаяся часть трассы канала по правому борту долины р.Дарай-хаус.

Фото И.Е.Губина

и в июле не бывает снега, а тем более льда. В июле лед мог сохраниться только в узких щелях-рвах на обращенном к северу, затененном, склоне горы. Это значит, что при первом вертикальном толчке подобные субширотные рвы и провалы также были увлечены вниз обвалом. Затем долина в верховьях была блокирована поперечными валами, как это выяснил (не зная сведений Станюковича) Солоненко [13].

А вот что узнали работавшие там ботаники (точнее, что им удалось опубликовать): «Жители Хаита (южного края. — А.Н.) рассказывали страшные вещи. Население, увидевшее несущийся на них обвал, пыталось спастись бегством. Бежали все, кто только мог, женщины рвали на себе юбки, мешавшие бежать» [9]. Рассказы о том, что произошло дальше, скорее всего, остались в мусорных корзинах или печках цензуры.

Впереди грохочущей массы обвала возник ветер ураганной силы. Деревья наклонялись к земле кронами, ломались, большая их часть была вырвана с корнями и отброшена на километры.

Позднее ученые подсчитали: каменный обвал двигался со скоростью 100—110 км/ч (25—30 м/с), прошел не менее 7 км, а земляные языки протянулись еще на 4—5 км в долину Ярхыча, где завалили уже разрушенные остатки кишлаков. Общий объем грязекаменной массы (с лесовыми оплывинами с боковых склонов) оценивается в 400—500 тыс. м³.

Вот на каменно-глыбовой голове этого дракона и стояла наша палатка.

Перед началом исследований необходимо было ознакомиться с общей ситуацией. Лезть «в пекло», т.е. продираться сквозь глыбовые навалы, лабиринт холмов и каменных гряд

без тропы, представлялось неразумным. Мы решили подняться по сравнительно пологому водоразделу над левым, южным, бортом долины. С него, под соответствующим освещением с юга, можно увидеть все основные части обвального тела, место отрыва от горы. А там, на самом верху горы почти трехкилометровой высоты, Леонов, работавший на участке лет за двадцать до нас, обнаружил рвы в скальных породах, образование которых связал с Хаитским землетрясением. Оставить их без внимания было бы непростительно.

Первый наш маршрут — короткий, всего в несколько километров, но с превышением около 1500 м. (Вам случайно не приходилось подниматься пешком на 500 этажей?) Вышли в начале седьмого по утренней прохладе. Уже в 0.5 км от южной части поселка на гряде обнаружили несколько свежих рвов

широтного направления. Странно, что раньше их никто не заметил. По облику они явно относились к событию совсем недавнему (что потом и подтвердилось специальными измерениями). Выше вдоль гряды на обращенном к северу склоне хорошо читались следы срывов рыхлого покрова. Это были места схода земляных лавин, пыль от которых видели в Хаите.

Местная жительница, чудесным образом спасшаяся при обвале, поведала нам удивительную историю. Девочкой ее послали пасти отару овец. В тот день она пасла в хорошем месте — на пологом гребне над склоном долины в нескольких километрах от деревни. На высоте 2—2.5 тыс. м в начале июля, да еще после дождей (!), овцам было раздолье. Только для них все плохо кончилось. А вот девочка выжила. Когда «в жутком припадке забились земля» (мы-то знаем, это было практически в эпицентре), отара с девочкой вместе с самым склоном сорвалась вниз (спустя 30 лет следы отрывов видны отчетливо — словно гигантский дракон огромными когтистыми лапами скоблил стены). Овец завалило, девочка каким-то образом оказалась у поверхности и смогла выкарабкаться, освободившись от разодранной и измазанной одежды.

Вверху, когда мы шли по краю обрыва над северной частью горы Чохрак, далеко под нами на блестевшем днище цирка, отчетливо темной молнией прослеживался какой-то свежий уступ — сейсмогенный разрыв, возникший при землетрясении? Сверху не разобрать, а спуститься туда было невозможно.

Пройдя далее над восточным ограничением огромного цирка, мы увидели «леоновские» рвы и щели. И в них застряли надолго. Разобраться, замерить, соотнести с окружающей местностью, понять происхождение... А главное — для начала хотя бы ориентировочно убедиться в их принадлежности собы-

тию 1949 г. Поблизости обнаружили еще несколько требующих объяснения объектов. Результаты, как выяснилось впоследствии, оказались совсем не «леоновскими».

Второй маршрут мы предприняли уже несколько лет спустя — в логово дракона, сначала вверх по долине, а потом крутой подъем в цирк к той самой непонятной полосе (разрыву). К нам присоединились чешские коллеги Ян Калвода и Благослав Коштяк, приехавшие в Гармскую обсерваторию по научному обмену. Не показать им Хаит я не мог. Мы разбили лагерь в облюбованном месте с видами печальными и завораживающими. Наше восхождение, хотя и на меньшую высоту, приближалось к альпинистскому, к тому же «международного класса». С нами отправились и две отважные сотрудницы моего полевого отряда. Надо было подробнее ознакомиться с тем, что на 7-километровом пути оставил за собой разъяренный дракон. Конечная цель — трещина-щель, что прорезала блестящее ложе цирка. Надо же было разобраться с этой загадкой, имевшей прямое отношение к решению проблемы очага.

Описать завал не берусь. На поверхности бывшей грязекаменной лавины мы чувствовали себя, как лилипуты на спине чудовища. Каждый роговой выступ — гряда, каждый край панцирной пластины — ров, каждый пупырышек — нагромождение остроруберных глыб. За 30 с лишним лет спина омертвевшего дракона успела покрыться травой и дерном. Кое-где вдоль ручьев появились кустики и даже деревца. Но ощущение беды и опасности не покидало. Шли вместе, единой группой, обсуждая приметные детали. Вот долина сузилась, начался растроб вверх, в крутой амфитеатр под еще невидимым цирком-отрывом. Никакой тропы, естественно, не было. Подниматься надо по грядам — и обломочного материала меньше, и видимость

лучше. Крутизна — 30—40°, заросли борщевика и других крупностеблевых и широколистных растений. Дно долины, по которому мы поднимались, — необычно неровное. Благославу (инженеру, от геологии и геоморфологии далекому) казалось, что мы идем по застывшим волнам. Да так оно и было, только волны эти не водные, а грязекаменные — смесь лессовой пыли с боковых склонов и обломочно-глыбового материала из верховьев долины. В верхней части обвального тела попадались целые гранитные блоки объемом по 100—150 м³. Попытались реконструировать увиденное: как и почему тело чудовища образовалось и в таком виде сохранилось.

Идем медленно, размеренно, главное — соблюдать ровное дыхание. Ян — самый молодой (всего 40 лет), альпинист (Гималаи за плечами), человек необычайной воли и дисциплины (поднял себя после сковывающей болезни в детстве), — ушел вперед. Благослав, нетренированный, слегка погрузневший, отстает. Женщины вообще далеко внизу, похоже, они и не очень стремятся вверх.

Часа через два-три я добираюсь до Яна, который уже осматривает днище цирка. Мы ходим по блестящей скальной поверхности, наклоненной под углом более 20°. Но где контакт силурийских сланцев с палеозойскими же гранитами? Где «тектонический шов», по которому происходило смещение масс? Видны только плоскости скольжения в толще сланцев. Соскальзывание горных пород по слюдистым сланцам в сторону их наклона — явление вполне естественное, тем более при сильном землетрясении. Если бы обвал соскользнул по контакту гранитов и перекрывающих их сланцев (как это предполагалось) [14], то как крупные глыбы гранитов (100—150 м³) оказались в осевой части обвального тела? Гранитная верхушка горы Чохрак, несомненно, сорвалась,



Стенка отрыва и тыловая часть Хаитского обвала 1949 г. на заднем плане, на переднем — часть старого обвала, возникшего при более раннем землетрясении.

Фото А.А.Никонова.

но свидетельств соскальзывания масс по наклонной плоскости к северо-западу тектонического разлома мы не нашли.

Получалось, что граниты занимали господствующее высотное положение, а не подстилали слюдястые сланцы. Отсюда следовало разумное предположение о (крутом) наклоне зоны

контакта к юго-востоку, а не к северо-западу. В таком случае геологические, макросейсмические и геодинамические данные укладывались в непротиворечивую картину.

А где же описанный предшественниками и виденный нами сверху «разрыв»? Какая эта «сбросовая трещина с очень

гладкой поверхностью типа «зеркала скольжения» с наклоном к северо-западу» [14. С.633]? Ходим по небольшому, хотя и протяженному уступу в кристаллических сланцах, опускаемся на колени, пристально обследуем. Нет щели, нет разрыва. Это не тектонический разрыв, а всего лишь частная стенка отрыва в сланцах в основании сорвавшегося блока. Классифицировать уступ как порожденную землетрясением сейсмодислокацию нет оснований. Очаг глубокий, и разрыв здесь к поверхности не вышел. Вообще закралось сомнение: а был ли ранее кто-то из геологов в этом «логове»?

Макросейсмическое (и не только) поле

За несколько сезонов работы в районе Хаита, естественно, удалось собрать немало материалов общего значения. Прежде всего они относятся к распределению сотрясений (в виде изосейст) на земной поверхности, к так называемому макросейсмическому полю.

«О поле, поле! Кто тебя усеял мертвыми костями?»

По нормальным людским законам в 80-х годах прошлого века в Хаите соорудили величественный и скорбный памятник многим тысячам жертв 1949 г. Примерно на месте эпицентра катастрофы. На фоне зеленых гор и дальних коричневых скал строго возвышалась фигура из белого мрамора таджикской женщины в траурном покрывале. Памятник работы скульптора К.Жумагазина весьма выразительно и трагически хранил память о погибших, заставляя всех (без различий в национальности и вероисповедании, политической ориентации) склонять в безмолвии голову.

Уже многие годы памятник стоит обезглавленный... Кому и чему поклоняются ныне таджики? Память не должна быть обезглавлена. Трагическая память тем более.

Наиболее подробная карта изосейст базируется на сведениях из 144 пунктов и дает наглядное представление о макросейсмическом поле главного толчка [10, 15]. Эпицентральная зона с силой сотрясений 10 баллов по макросейсмической шкале находилась вокруг места слияния рек Ясман, Ярхыч и Дарай-хаус на северной стороне гребня, отделяющего долину р.Сурхоб от параллельных долин Ясмана и Дарай-хауса. Изосейста 9 баллов вытянулась субширотно, захватив площадь 60×10 км вдоль двух последних долин. Важно то, что на южной стороне изосейсты расположены в несколько раз ближе друг к другу, чем на северной, так что по затуханию волн прослеживается граница раздела, и как раз над глубинным разломом. Землетрясение соотносится с одной из ветвей Южно-Гиссарского (Гиссаро-Кокшаальского) разлома. Распределение по площади и направленность массовых склоновых нарушений в ближайшей к эпицентру зоне позволяет связать землетрясение со взбросовой (к северу) подвижкой по этому разлому с явно выраженной сдвиговой левосторонней компонентой (оттого-то в эпицентральной зоне людей сбивало с ног). Основная масса склоновых нарушений возникла в 9-балльной зоне (хотя склонов крутизной 30–60° и в зонах с более слабой интенсивностью было не меньше).

Раньше основное внимание обращали или на смещения рыхлого материала по склонам, или на главный Хаитский обвал-поток с горы Чохрак. Между тем обнаружилось, что крупных скальных обвалов было несколько, и по начальному направлению смещения связываются с поверхностными сейсмогравитационными нарушениями. Наконец, оказалось, что разрывы в кристаллических породах при землетрясении 1949 г. в приэпицентральных зонах, действительно, происходили на возвышенных элемен-



Древний сейсмогенный ров в эпицентральной зоне Хаитского 10-балльного землетрясения.

Фото А.А.Никонова

тах рельефа, только простирались они не в северо-западном, а в субширотном направлении. Ориентированные же к северо-западу разрывы были значительно древнее [16]. Отсюда следовало, что и эти, наиболее явные с геодинамической и сейсмотектонической точки зрения, новообразования подтверждаются макросейсмическими и геологическими данными. Как выяснилось, разными способами полученные сведения и характеристики согласуются между собой. Так что механизм очага стало возможным представить независимо от инструментальных измерений.

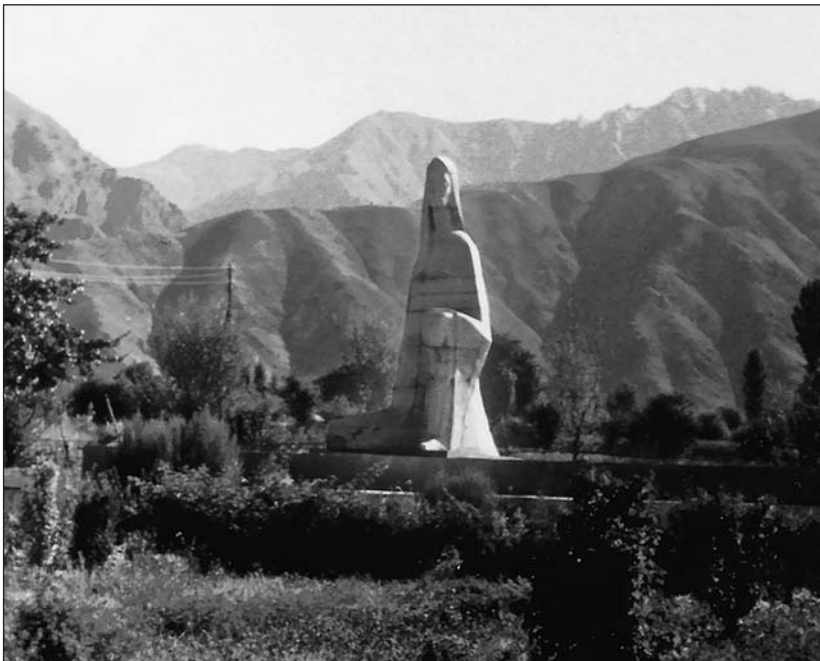
Все указывало на активность южного блока при относительной пассивности северного. Граница между ними представляла собой узкую полосу у подножия южных склонов долин рек Ясман и Дарай-хаус. Именно здесь следовало искать крутой разлом, ответственный за землетрясение и его главные последствия, тогда как надвиг (к югу) на северном борту долины р.Ясман оставался при землетрясении пассивным. Около

него поверхностные трещины возникли только в лессах оросительного канала, а афтершоков здесь вообще не возникло.

Теперь, когда мы гораздо лучше знаем общие геодинамические закономерности взаимодействия массивов Памира и Тянь-Шаня, когда известно господствующее в регионе поле горизонтальных напряжений, взбросовый характер подвижки по субширотному разлому при Хаитском землетрясении 1949 г. не представляется ни удивительным, ни сомнительным. Он вполне укладывается в общую систему знаний о продолжающемся сближении горных систем Памира и Тянь-Шаня в результате давления к северу Индийской плиты.

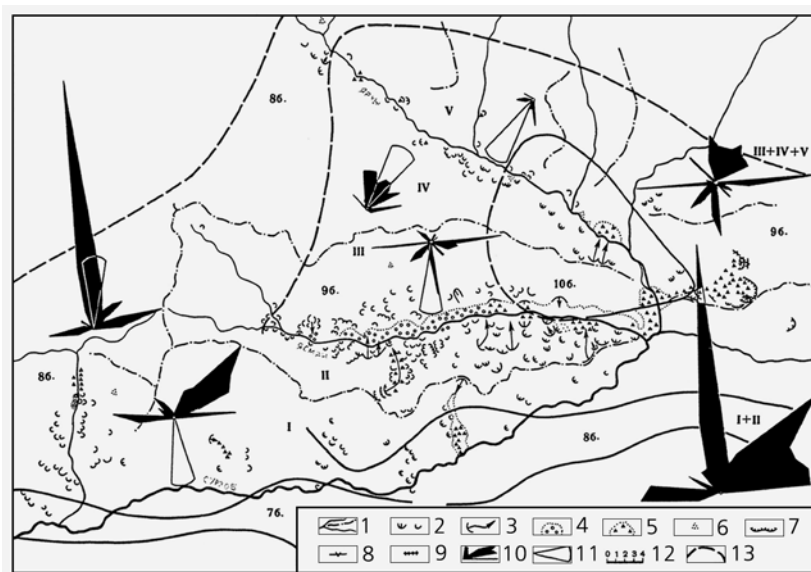
Так в какофонии оглушающих звуков и хаоса толчков, дерганий, сотрясений, их шокирующих последствий начинают проступать элементы упорядоченности, ритма и даже до конца все еще не различимой (нет, не мелодии) сквозной темы, величественной и трагической.

Все это может повториться. Когда?



Памятник жертвам Хаитской катастрофы был установлен в долине р.Сурхоб вблизи пос.Хаит. Скульптор К.Жумагазин.

Фото Т.П.Белоусова



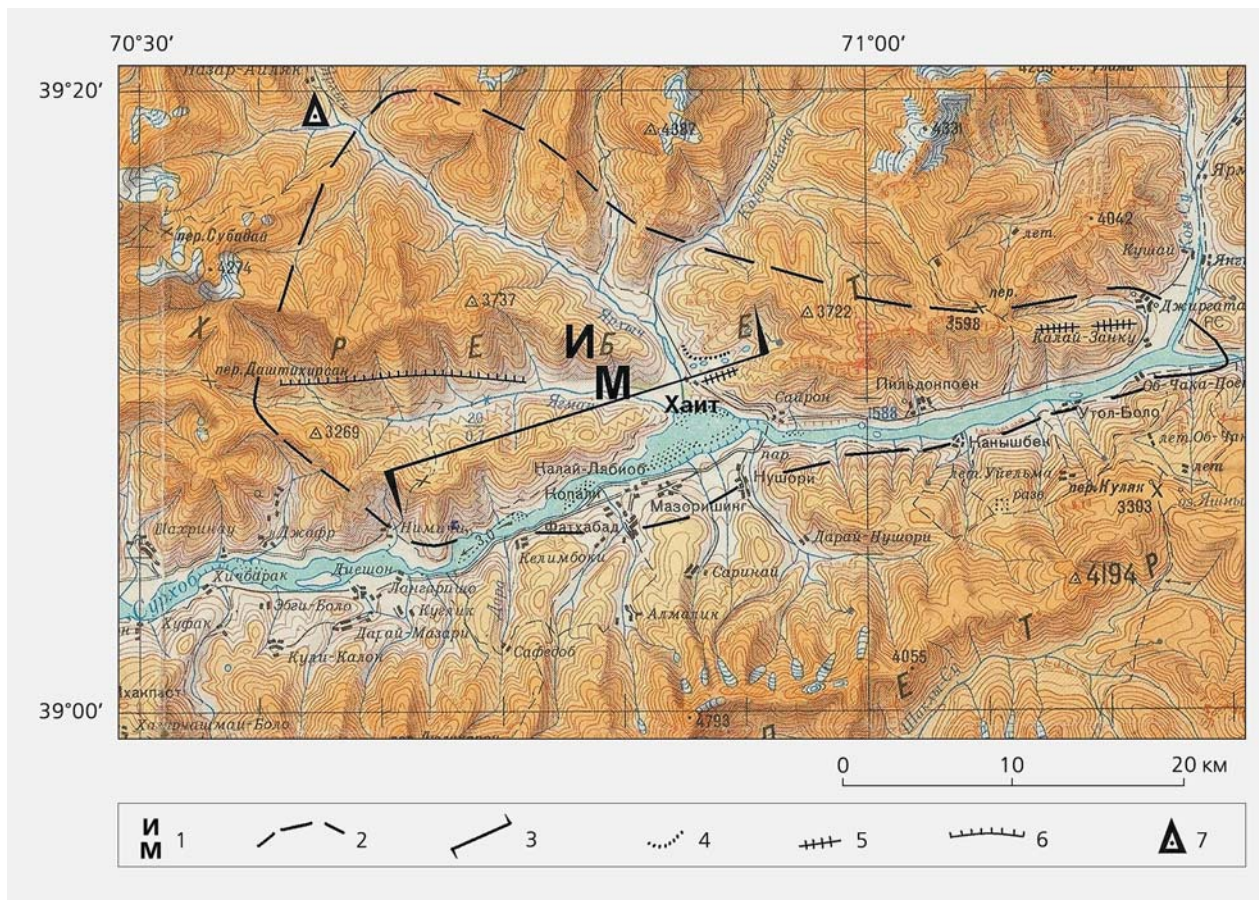
Карта поверхностных нарушений при Хаитском землетрясении 1949 г. [10].
 1 — реки и водоразделы; 2—7 — сейсмогравитационные остаточные деформации: 2 — оползни и срывы лесса; 3 — крупные земляные лавины; 4 — обвально-оползневые, преимущественно лессовые (4) и каменно-обломочные (5) тела; 6 — крупные камнепады; 7 — стенки отвыва обвалов; 8, 9 — гравитационно-сейсмодетектонические образования в кристаллических породах: рвы (8) и трещины (9); 10 — розы-диаграммы ориентировки гравитационных смещений по отдельным участкам и суммарные; 11 — общая экспозиция мегасклонов по участкам (I, II и т.д.); 12 — масштаб для роз-диаграмм, одно деление соответствует единичной гравитационной форме; 13 — изосейста.

Именно этот вопрос возник с самого начала работ на Хаите. Необходима была ретроспектива. На ее прояснение ушло несколько сезонов. Но обошлось это государству исключительно дешево.

Лихенометрический полигон

В то время мы с геоботаником, выпускницей МГУ Т.Шебалиной разрабатывали новый метод определения возраста древних скальных поверхностей — лихенометрический. Суть его в двух словах такова. На любых скальных выступах через какое-то время обычно поселяются лишайники — лишены. Среди них есть особая группа накипных и виды, способные разрастаться радиально — подобно растущему в поперечнике дереву. Чем старше лишайник, тем больше его диаметр. Это в теории. На практике, чтобы получить результат, т.е. узнать время экспозиции скальной поверхности, надо установить скорость прироста именно в конкретных географических условиях (широта, абсолютная высота, влажность, экспозиция и др.). Естественно, не в одной точке и не по единичному замеру. Хаитский обвал для такого рода эксперимента представлял полигон с возможностями исключительными. Высоты и экспозиции разные, а время экспозиции известно совершенно точно. И вот мы год за годом ставили палатку на зеленой лужайке у края обвала и начинали измерения на маркированных площадках. А для этого приходилось пробираться в хаос глыб и лазить по склонам с превышением до 700 м. В азиатскую жару! Но и результат оправдал наши усилия.

Он был опубликован 30 лет назад [16, 17], но, похоже, остался незамеченным. Во всяком случае, в России и в Таджикистане. Между тем тогда удалось ус-



Карта эпицентральной зоны Хаитского землетрясения 10 июля 1949 г. 1 — эпицентр главного толчка по инструментальным (И) и макросейсмическим (М) данным; 2 — изосейста сотрясений 9 баллов [10]; 3 — проекция очагового разрыва на поверхность и концевые отрывы; 4 — трасса канала на правом берегу р. Дарай-хаус, по которому возник срыв лессового покрова [13]; 5 — обнаруженные рвы и трещины в коренных породах, возникшие при землетрясении 1949 г.; 6 — Даштихирсунский надвиг [3], не активизировавшийся в 1949 г.; 7 — лагерь ботаников [9]. Составил А.А.Никонов, 2009 г.

тановить, что на 170–220 лет раньше в Хаите произошло сопоставимое по масштабу событие. С учетом всего известного теперь о повторяемости подобных землетрясений нет оснований ожидать здесь крупной сейсмической катастрофы в ближайшие 100–200 лет. Но! Во-первых, важно установление самого факта, что именно в Хаите имело место подобное событие. А во-вторых, имеются другие материалы, на которые — увы! — сослаться невозможно. Мы использовали кроме лихенометрического еще и традиционный радиоуглеродный метод датирования палеосейсмических формаций и получили опреде-

ленные результаты за несколько тысяч лет. Крупные сейсмогенные нарушения в окрестностях Хаита происходили неоднократно. Значит, повторение неизбежно. Но использовать те сведения вряд ли удастся. В хаосе начала 90-х годов полностью подготовленная рукопись была послана в Сибирь для публикации в скомпонованном в Москве журнале. Вместе с фотографиями, колонками, разрезами и датами она пропала без вести, наверное, в глухих и немых дебрях сибирской тайги. Ни слуху ни духу скоро 20 лет. Ну да, до следующей Хаитской катастрофы еще ой как далеко. А о других можно и не думать.

Прошло шестьдесят лет...

Обобщающего исследования с изложением фактов, их анализом и синтезом, обсуждением опыта и просчетов (тогда неизбежных) так и не появилось. Нет ни научной монографии, ни популярной брошюры, ни сборника воспоминаний.

Летом 2009 г. в столице республики Душанбе состоялась региональная конференция по снижению сейсмического риска, посвященная 60-летию землетрясения. Значит, катастрофа не забыта!? На конференции прозвучало немало докладов по разным вопросам международного сотрудничества, сейсмо-

логии, сейсмостойкого строительства. А вот о самом Хаитском событии — практически ничего. Непосредственных исследователей катастрофы, ее причин и последствий в живых осталось раз-два... Они приглашения не удостоились. По программе совещания не видно, чтобы вспомнили хоть кого-то из первых, наиболее активных исследователей — что именно после катастрофы Институт физики Земли АН СССР организовал Гармский стационар для разработки вопросов прогноза землетрясений, переросший в Комплексную сейсмологичес-

кую экспедицию, а затем и в обсерваторию международной значимости. Или это всего лишь давняя малозначимая история? А теперь востребованы зарубежные эксперты и представители разнообразных иностранных фирм, независимо от их осведомленности в сейсмических важнейших и трагических реалиях?

Но прозвучала, наконец, оценка числа погибших в катастрофе. Двадцать восемь — двадцать девять тысяч человек!

Предполагали поехать к самому месту катастрофы. Не получилось.

И величественный трагичный памятник не восстановили. Сверженная голова таджикской матери-вдовы почил в прахе...

Сколько еще пройдет лет, пока голова снова окажется на плечах. По крайней мере, у памятника и памяти.

И как тут не обратить внимание на сходство почти по всем позициям, от чисто научных до мемориальных, с еще более масштабной и значимой для страны Ашхабадской катастрофой, случившейся на год раньше [4].

Кто не сумет разобраться в прошлом, тот не научится предсказывать будущее. ■

Литература

1. Губин И.Е. Землетрясения в Гармской области (опыт сеймотектонического районирования) // Тр. Геофизич. ин-та АН СССР. №8 (135). М.; Л., 1949. С.3—58.
2. Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1974 г. / Отв. ред. Н.В.Кондорская, Н.В.Шебалин. М., 1977.
3. Губин И.Е. Закономерности сейсмических проявлений на территории Таджикистана (геология и сейсмичность). М., 1960.
4. Никонов А.А. Ашхабадская катастрофа: известная и неизвестная // Природа. 1998. №10. С.11—20.
5. Отчет Комиссии АН СССР по обследованию Хаитского землетрясения 10 июля 1949 года. М., 1949.
6. Гир Дж., Шах Х. Зыбкая твердь. М., 1988.
7. Чумаков В. Секретное землетрясение. М., 2002.
8. Семенов П.Г., Семенова В.А. Каталог землетрясений, ощущавшихся на территории Таджикистана за периоды 1865—1940 и 1941—1952 гг. Вып.3. Сталинабад, 1958.
9. Станюкович К.В. В горах Памира и Тянь-Шаня. М., 1977. С.227—229.
10. Никонов А.А., Попова Е.В. Макросейсмическая характеристика Хаитского землетрясения 1949 г. в Таджикистане // Сильные землетрясения и сейсмические воздействия. Вопр. инж. сейсмологии. М., 1987. С.4—30.
11. Леонов Н.Н. // Изв. АН СССР. 1960. №3. С.409—424.
12. Леонов Н.Н. Тектоника и сейсмичность Памиро-Алайской зоны. М., 1961.
13. Солоненко В.П. Шрамы на лике Земли // Природа. 1970. №9. С.17—28.
14. Панасенко Г.Д. // Докл. АН СССР. 1952. Т.LXXXV. №3. С.633—636.
15. Хромовских В.С., Никонов А.А. По следам сильных землетрясений. М., 1984.
16. Никонов А.А., Шебалина Т.Ю. // Докл. АН СССР. 1978. Т.242. №4. С.808—811.
17. Nikonov A.A., Shebalina T.Yu. // Nature. 1979. V.280. №5724. P.675—677.

Древнейшие пищевые традиции европейцев

М.В.Добровольская

Термин «культура» в обыденном сознании ассоциируется с любимой книгой, живописным полотном, театральной сценой, концертным залом. С точки же зрения археолога, делающего «вылазки» в глубокое прошлое человечества, это гораздо более широкое понятие. С известной долей точности можно сформулировать, что культура — это сумма традиций, передающихся из поколения в поколение, обеспечивающих выживание и развитие общества. Одна из базовых составляющих культуры, наиболее стабильная и консервативная, — традиция питания. Об этом свидетельствуют исследования в области мифологии, этологии и антропологии [1].

В древнейших обществах, не знакомых с разведением домашних растений и животных, бытовало лишь добывание пищи охотой, ловлей, собирательством. Поэтому освоение той или иной местности было обусловлено в первую очередь доступностью и достаточностью пищевых ресурсов. Очевидно, что только исследование археологических памятников делает возможным воссоздать общие и локальные особенности питания первобытного человека.

Кардинальные природные трансформации, затронувшие Европу на рубеже плейстоцена—голоцена, безусловно, вынуждали популяции древнейше-



Мария Всеволодовна Добровольская, доктор исторических наук, ведущий научный сотрудник Института археологии РАН. Область научных интересов — палеоантропология, реконструкция традиций питания древнего населения.

го населения адаптироваться к климатическим флуктуациям, переживать стремительно менявшиеся периоды потепления и похолодания, увлажнения и аридизации. Этой природной динамике посвящена обширная литература.

Как известно, понятие «охотники-рыболовы-собиратели» вобрало в себя самые разные варианты присваивающего хозяйства с той или иной степенью специализации к охоте на наземных и водных животных, рыбной ловле или собирательству (при сезонности хозяйства или оседлости населения). Освоение новых экологических ниш, динамика климатических изменений первой половины голоцена также формировали многообразие источников питания.

Выяснить особенности питания населения мезолита и даже более ранних эпох стало возможным благодаря новым

методам, применяемым к археологическим материалам. Таковы количественный анализ состава костной ткани древнего человека, определение содержания стабильных изотопов углерода и азота, концентраций биогенных химических элементов (цинка, меди, стронция, бария и др.).

В настоящее время, пожалуй, самый популярный метод, используемый для реконструкции типа питания, — изотопный анализ [2]. В природном окружении стабильные изотопы ^{12}C и ^{13}C , а также ^{14}N и ^{15}N встречаются в соотношении 99:1 и 996:4 соответственно [3]. В живых организмах эти концентрации иные.

Соотношение изотопов углерода в кости исследуемого объекта принято сравнивать с международным стандартом PDB. Этот стандарт — карбонат кальция белемнита (*Belemnitella*



Этот современный среднерусский озерный пейзаж вполне соответствует мезолитическому.

Фото М.Ю.Зубревой

Americana) из геологических слоев с территории Южной Каролины [4]. Соотношение изотопов азота условно стабильно в атмосфере любой части Земли и само по себе является стандартом (AIR).

Углеродный изотопный состав позволяет разделять морскую, пресноводную и наземную фауну, а также наземные растения умеренного и аридного климата. Накопление изотопа азота ^{15}N характеризует такие пищевые источники, как водная и морская флора и фауна различных трофических уровней, охотничья добыча.

«Кулинарная книга» неандертальцев

Чтобы оценить изменения в пищевых пристрастиях европейцев раннего голоцена, заглянем в «кулинарную книгу» палеолита. Что нам известно о питании древнейших насельников Европы — неандертальцев? От-

личалось ли оно от питания представителей ныне здравствующего вида — *Homo sapiens*?

Исследования аккумуляции стабильных изотопов азота и углерода позволяет нам реконструировать типичный пищевой рацион индивидов, останки которых были обнаружены в ряде археологических памятников Западной и Центральной Европы.

Первая реконструкция особенностей питания неандертальцев была выполнена группой французских исследователей во главе с Э.Бошереном из Института эволюционных наук в Монпелье. Их публикация 1991 г. положила начало палеодиетологическим исследованиям древнейших европейцев [5].

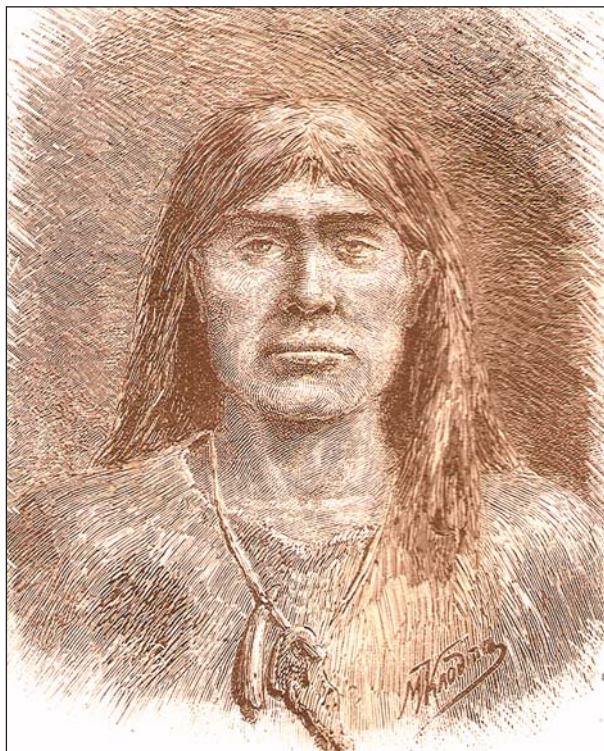
В настоящее время исследованы более 10 образцов костной ткани неандертальцев из различных европейских памятников. Полученные данные показали их высокий трофический уровень в пищевых пирамидах своих экосистем. Видом,

наиболее близким к неандертальцам по показателям накопления изотопов азота и углерода, и, значит, по составу рациона, оказалась гиена. По результатам анализа костной ткани неандертальцев из Виндии (Хорватия) наиболее близкий к ним по рациону вид — волк [4]. Для неандертальцев из Жонзака (Южная Франция, 40—55 тыс. лет.) — пещерный медведь [5]. Для индивидов из широко известного памятника Сен Сезар (Южная Франция) наиболее близкой по уровням накопления изотопов также оказалась гиена [6].

Однако полученные данные не давали ответа на вопрос о том, были ли неандертальцы охотниками или падальщиками. Только специальные расчеты, проведенные группой Э.Бошерена (2005), а затем М.Ричардса, показали, что структура питания неандертальцев отличалась от характерной для гиен. Падальщиками они не были. Этот вывод важен, поскольку поведение



Изображения северных оленей и рыб, обнаруженные в пещере Лорте (Восточные Пиренеи, Франция).



Портрет оленеостровца. Работа П.К.Клодта. 1881 г.

охотников отличает, прежде всего, высокая согласованность действий. Очевидно, что охота на крупных животных могла быть только коллективной.

Основными промысловыми видами для неандертальцев во всех случаях оказывались наиболее крупные травоядные млекопитающие. Там, где в сопутствующей фауне обнаруживались мамонт и шерстистый носорог, лидировали именно эти животные. Там, где их не было, наиболее частой охотничьей добычей становились дикие быки и лошади. Другие травоядные млекопитающие, такие как северные олени, реже становились предметом охоты. Важно отметить, что все эти животные обитают на открытых пространствах.

Полученные к настоящему времени данные об аккумуляции стабильных изотопов углерода и азота костной тканью неандертальцев свидетельствуют о том, что на протяжении десятков тысячелетий их традиция охотиться на крупных травояд-

ных млекопитающих не менялась. Этот выбор вынуждал неандертальцев находиться на близких расстояниях от территорий, где паслись стада этих животных.

Рацион анатомически современного человека

Каков был рацион питания представителей анатомически современного человека? В настоящее время нам известны данные о примерно 10 индивидах из верхнепалеолитических памятников, датированных временем от 32 до 20 тыс. лет назад. В целом археозоологические материалы говорят о том, что разнообразие видов, используемых в пищу этими людьми, было более широким. Судя по данным о накоплении стабильных изотопов азота и углерода, их «выбор» отличался от неандертальского. Прежде всего, это были не только наземные травоядные млекопитающие, но и предста-

вители водной фауны. Считают, что индивид из Костенок I примерно половину животных белков получал из рыбы и водоплавающих птиц. Доля белковой пищи водного происхождения для людей из погребений на территории Чехии (Дольни Вестонице-35 и Брно-Французска-2) составляет около 25%.

Проведенная нами ранее реконструкция питания индивидов из знаменитых верхнепалеолитических погребений Сунгирь (Владимирская обл.) позволила предположить, что пища пресноводного происхождения присутствовала и в их рационе питания. Об этом свидетельствуют микроэлементный состав костной ткани мальчика из южной и индивидов из более северных стоянок.

Во время так называемого межстадиального потепления беллинг-аллеред (12400–10900 лет назад) на территории Западной Европы ледниковый щит продолжал отступать, и археологические памятники поздне-



Зооморфное навершие ритуального жезла. Стоянка Ивановское III, 1981 г. Переяславский р-н Ярославской обл.

палеолитического времени обнаруживаются примерно до 54° с.ш. На северном побережье Уэльса (Великобритания) еще в конце XIX в. были проведены раскопки стоянки Кендрик Кейв. Реконструировать в наши дни особенности питания жителей этого поселения позволило музейное хранение (процесс раскопок был тщательно описан в 1880 г., костные материалы полностью сохранились). И хотя среди многочисленных находок костей животных останки морских позвоночных и беспозвоночных отсутствовали, изотопный анализ показал, что около 30% животных белков были именно морского происхождения. А основу рациона людей, живших в Кендрик Кейв, составляло мясо наземных травоядных и тюленей [6, 7].

О значительном распространении морской пищи свидетельствует и исследование, проведенное итальянскими археологами в конце 80-х годов прошлого века. Микроэлементный анализ образцов костной ткани 10 индивидов из позднепалеолитических погребений Арене Кандид (Италия) продемонстрировал преимуществен-

ное использование морских продуктов жителями Лигурийского побережья. Отметим также, что известные изображения рыб, обнаруженные на позднепалеолитических памятниках Франции (Леспюг, Нио и др.), относятся к этой же эпохе — позднему мадлену (около 13—15 тыс. лет назад).

Получены многочисленные результаты изотопных исследований для костных остатков из памятников Северной Европы и Британских о-вов. Содержания стабильных изотопов азота и углерода в коллагене костной ткани индивидов из позднепалеолитических погребений Гуч Кейв в Великобритании (около 13 тыс. лет назад), позволяет предполагать, что основой их питания была пища наземного происхождения. Невысокие величины показателя накопления изотопа азота свидетельствуют о значительной доле растительной пищи в ежедневном рационе этого населения.

Достаточно хорошо изучены мезолитические памятники южной части Британских о-вов и территории Шотландии. Поселения и погребения, расположенные сегодня на побережье

и мелких островах (в частности, на о.Кэлди, юго-западный Уэльс), 8—9 тыс. лет назад (бореал) находились примерно в 5—10 км от морского побережья, поэтому называться прибрежными по локализации не могут. Тем не менее подавляющее большинство результатов изотопных анализов указывает на преимущественное использование морских, а не наземных пищевых ресурсов [8].

В целом на Британских о-вах (от западной Шотландии до Южного Уэльса) для памятников возрастом 8000—9200 лет обнаружены значительные различия в выборе морских и наземных пищевых источников. Таким образом, население, обитавшее вблизи морского побережья, могло выбирать «морскую» или «наземную» пищевую стратегию. Локализация памятника связана с пищевой стратегией, но не определяет ее.

Высокие показатели содержания стабильных изотопов оказались у индивидов из позднемезолитических погребений Оронсэй (Шотландия): $\delta^{13}\text{C}$ составляет 11‰, $\delta^{15}\text{N}$ — около 18‰ [9]. Таким образом, можно предполагать, что развитые формы охоты на морских млекопитающих существовали в Европе уже в эпоху мезолита.

В наименьшей степени использовали морские пищевые ресурсы группы, жившие на атлантическом побережье современной Португалии. Несколько более низкие значения $\delta^{15}\text{N}$ определены также для индивидов из Хёдика (Дания), что позволяет предполагать ведущую роль морских беспозвоночных, прежде всего моллюсков, в рационе этой группы населения.

Наши знания о питании мезолитического населения центральных районов европейской части России более скромны. Важный памятник в этом отношении — комплекс Минино-2, расположенный на Заболотском торфянике у берегов р.Дубны. Изотопный анализ коллагена из костной ткани двух индивидов



Разрез датских скоплений кухонных остатков. 7-е тысячелетие до н.э. (по Мадсену).

выявил тип питания, аналогичный хищникам, питающимся преимущественно водными организмами различных трофических уровней.

Центральное Поднепровье занимает особое место среди немногочисленных мезолитических некрополей Восточной Европы. Антропологические материалы из широко известных некрополей Деревка, Мариевка, Васильевка I, III были изучены с целью реконструкции типа питания древних людей. Полученные результаты подтверждают, что значительная часть пищевых ресурсов этого населения тоже происходила из пресноводных водоемов.

Позднемезолитические погребения из Боденбаккена (Дания) датируются концом 7-го — началом 6-го тысячелетия от наших дней. Погребения и стоянки расположены на заболоченной равнине Маглемозен. В позднем мезолите эта низина была морским заливом с множеством мелких островов. Содержание изотопа углерода в костной ткани позволяет полагать, что люди употребляли в пищу животные белки преимущественно морского происхождения. Уме-

ренно высокие значения изотопа азота указывают на то, что в основном местные жители питались морскими растениями и животными невысокого трофического уровня. Вероятно, собирательство растений и мелких животных были ведущими способами получения пищи.

На крайнем юге Швеции, на небольшом острове неглубокой лагуны, расположены позднемезолитические некрополи группы Скатехолм. В эпоху мезолита территория острова была значительно меньше современной. Результаты изотопного анализа указывают на то, что индивиды, похороненные в центральной части кладбища, использовали морские и наземные пищевые источники.

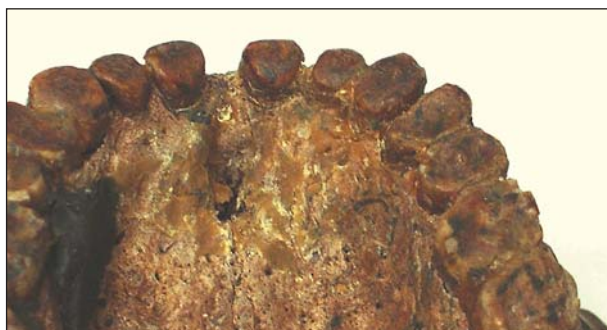
Крупнейший некрополь восточной Прибалтики — комплекс Звейниекс (Латвия), объединивший поселения и погребения мезолитического и неолитического возрастов. Анализ костной ткани восьми индивидов из позднемезолитических погребений показал крайне низкие значения изотопа углерода ^{13}C (-23.3‰) и умеренно высокие — азота ^{15}N (11.9‰) [10]. Это позволяет считать, что люди здесь

использовали в пищу пресноводную флору и фауну различных трофических уровней.

Один из наиболее многочисленных некрополей (около 150 погребенных) эпохи мезолита расположен на одном из островков Онежского озера. Чтобы воссоздать особенности питания этой группы первобытного населения, исследовались скелетные остатки погребенных здесь людей.

Полученные данные об интенсивности накопления стабильных изотопов азота и углерода позволяют предполагать, что характер питания людей из оленеостровских погребений был смешанным: наряду с наземными пищевыми источниками использовались и водные, причем скорее морские, а не пресноводные. Вероятно, основу рациона питания составляли наземные позвоночные различных трофических уровней.

Исследование микроэлементного состава образцов костной ткани также указывает на широкий состав пищевого рациона. Высокие концентрации цинка соответствуют преобладанию белков животного происхождения в рационе «оленеост-



Оленеостровский некрополь: значительная стертость зубов у женщины средних лет (слева сверху), у молодой женщины (справа), линии эмалевой гипоплазии у молодой женщины (слева внизу).

ровцев», а меди могут быть обусловлены местными геохимическими особенностями и употреблением в пищу беспозвоночных.

Индивидуальная изменчивость содержания элементов может свидетельствовать о разнообразии использования пищевых источников различными индивидами. Полученные данные о химическом статусе костной ткани индивидов из погребений могильника Южный Олений Остров указывают на значительную удельную долю белкового компонента (мясо наземных млекопитающих, рыба) в рационе питания древнего населения.

Зубная система

Многое о характере питания может рассказать состояние зубов. Эту возможность дарит нам хорошая сохранность скелетных материалов в погребениях Оленеостровского некрополя. Практически у всех взрослых, начиная с возраста около 30 лет, мы отмечаем значительную стертость коронок передних зу-

бов. Такая особенность, как правило, связана с тем, что зубами не только откусывают и разжевывают пищу, но и пользуются ими для различных технических операций (например, зажимают кусочки кожи или жилы при изготовлении охотничьего снаряжения). У людей из Оленеостровского некрополя в целом были здоровые зубы. Их не мучили кариес и пародонтоз, что свойственно нашим современникам. Такое состояние зубной системы возможно при сбалансированном питании, обеспечивающем достаточное количество белков, минеральных веществ и витаминов. Имея в виду продолжительный холодный сезон, в течение которого люди были лишены свежей растительной пищи, можно с уверенностью предположить, что сырые мясо и рыба были распространенной составляющей их рациона. Конечно, не следует идеализировать жизнь мезолитического человека. Голод, систематические сезонные недоедания были непременными атрибутами годового цикла охотника-

рыболова-собирателя. Об этом также свидетельствует состояние зубной системы. Во время формирования коронок большинства коренных зубов (от года до шести лет) их толщина формируется в зависимости от состояния здоровья организма. В ситуации пищевого стресса образуются дефекты эмали — так называемые линии эмалевой гипоплазии. По их локализации на коронках зубов взрослого человека можно судить о стрессах, перенесенных в детстве. Около 26% обследованных индивидов оказались со следами множественной эмалевой гипоплазии. Так, например, на нижнем клыке одной из молодых женщин насчитали шесть линий эмалевой гипоплазии. Имея в виду, что та зона коронки, на которой эти линии выражены, формируется в возрасте от трех до пяти лет, можно сделать вывод, что девочке приходилось переживать ежегодно два голодных сезона.

Позднемезолитические обитатели восточной части циркумбалтийского региона по-разному адаптировались к пищевым

ресурсам. Люди, оставившие погребения на памятниках, сходных с Звейниекс, относятся к классическим охотникам-рыболовам-собираателям побережий крупных пресных водоемов. Охота наряду с рыбной ловлей составляла основу их системы жизнеобеспечения. Обитатели побережий современных Дании и Швеции развивали собственно приморскую адаптацию. Группы населения, погребавшие своих соплеменников на Оленеостровском некрополе, занимали промежуточное положение между этими двумя вариантами выбора пищевых ресурсов.

* * *

Элементы приморской адаптации или адаптации к пресноводным пищевым ресурсам сформировались у *H.sapiens* позднего палеолита. Вероятно, само расселение групп верхнепалеолитического населения анатомически современного человека могло быть в более значительной мере связанным с освоением биопродуктивных побережий водоемов.

Что касается экологической уязвимости пищевой стратегии неандертальцев, она очевидна. Специализированный уклад легче, чем иной, мог быть нарушен климатическими изменениями. Возможно, однообразие питания стало одной из причин, приведших к исчезновению данной группы древнейшего абorigineчного населения Европы. Это еще одна черта, различающая попу-



Реконструкция возможных способов обработки кож и охотничьего снаряжения зубами (по материалам древнезексимских погребений из Садлемита (по Ш.Мербсу, 1983).

ляции анатомически современных людей и неандертальцев.

Приведенные данные свидетельствуют, что в эпоху мезолита в большинстве регионов Европы, а особенно в Северной Европе, водные пищевые ресурсы использовались более активно, чем наземные. Процесс освоения водных пищевых ресурсов, начавшийся в верхнем палеолите, бурно развивался в начале и середине голоцена. Большую часть продуктов для приготовления пищи человек добывал из морских и пресноводных акваторий. Очевидно, что связь с водными пищевыми ресурсами лежала в основе системы жизнеобеспечения. Это также не могло не быть связанным

и с верованиями, представлениями о воде как о первичном начале и о водных обитателях как предках и божествах. Остались ли реликты этих представлений «досельскохозяйственной эры» в сознании наших современников? Такой вопрос следует, скорее, адресовать культурологам. В традиционной кулинарии всех европейских жителей побережий Средиземного моря и Атлантического океана до сих пор гордостью национальных кухонь остаются блюда, изготовленные из моллюсков, членистоногих и рыбы. И не зря. Европейцы вправе гордиться не только их изысканным вкусом, но и глубочайшей древностью сохранных традиций. ■

Литература

1. Топоров В.Н. Еда // Мифы народов мира. М., 1987. Т.1. С.427—429.
2. Ambrose S. // J. of Archaeological Science. 1990. V.17. P.431—451.
3. Merve N.J.van der // Americal Scientists. 1982. V.70. P.209—215.
4. Boutton T.W. Stable carbon isotopes of natural matherials // Carbon Isotopes Thechniques. San Diego, 1991. P.173—185.
5. Bocherens H., Fizet M., Mariotti A. // J. of Human Evolution. 1991. №20. P.481—492.
6. Richards M., Jacobi R., Cook J. // J. Human Evolution. 2005. V.49. №3. P.390—400.
7. Richards M., Jacobi R., Currant A. // J. of Archaeological Science. 2000. V.27. P.1—3.
8. Schulting R.J., Richards M.P. // Antiquity. 2002. V.76. №294. P.1011—1025.
9. Richards M.P., Sheridan J.A. // Antiquity. 2000. V.74. P.313—315.
10. Eriksson G. Stable Isotope Analysis of Human and Faunal Remains from Zvejnieki // Back to the Origin. New Research in the Mesolithic—Neolithic Zvejnieki Cemetery and Environment, Northern Latvia / Eds L.Larsson, I.Zagorska. 2006. №52. P.183—217.

«Ты была лучшей из всех, кого я видел...»

Письма Н.И.Вавилова

Письма Николая Ивановича Вавилова, одного из крупнейших российских ученых XX в., к своей будущей жене Елене Ивановне Барулиной написаны в Саратов, на кафедру частного земледелия и селекции Саратовского сельскохозяйственного института, где он был профессором и где работала его бывшая студентка-дипломница Е.И.Барулина*. Письма написаны из Воронежа, Москвы и Петрограда в сравнительно короткий период — конец 1920 г. и начало 1921 г. Но именно в них отражены два переломных события в жизни Вавилова. Первое — поездка в Петроград, куда его пригласили возглавить Бюро по прикладной ботанике и селекции после смерти предыдущего заведующего Р.Э.Регеля. Предстояла большая организационная работа: переезд Бюро с Васильевского острова в новое здание на Большой Морской, хлопоты о передаче великокняжеской усадьбы в Царском Селе для организации селекционной станции, подготовка к приему саратовских сотрудников. Второе событие — глубоко личное. Будучи женатым на Е.Н.Сахаровой и испытав разочарование и множество сложностей в этом браке, он с головой уходит в новую любовь — к «милой и прекрасной Леночке». Позднее Вавилов назовет эти письма «безнадежно-безумными».

Елена Ивановна, глубоко влюбленная в своего учителя, тем не менее считала недопустимым разрушать его семью и, видимо, в своих письмах часто писала об этом. Вавилов постоянно доказывал ей свою любовь, чистосердечно рассказывал о своих разочарованиях в отношениях с женой и неоднократно писал, что любовь прибавляет ему силы, особенно в этот непростой для него период переезда из Саратова в Петроград и постоянных размышлений о неудавшемся браке.

В декабре 1920 г. Вавилов после вступления в должность заведующего Отделом по прикладной ботанике и селекции возвращается в Саратов, чтобы продолжить работу над книгой «Полевые культуры Юго-Востока», закончить ряд других работ и подготовить к отъезду в Петроград материалы, семена, библиотеку и сотрудников, выразивших готовность поехать с ним на новое место работы.

Несмотря на то, что Вавилов виделся с Еленой Ивановной на кафедре практически каждый день, их переписка продолжалась. Скрывая свою любовь от окружающих, они имели очень ограниченные возможности для встреч и разговоров о сокровенном. Постоянно находясь среди людей, они редко оставались наедине и поэтому обменивались письмами, даже передавать которые иногда было непросто.

В конце февраля Николай Иванович уезжает из Саратова и пишет письма с дороги — из Москвы, где останавливался проездом, а затем — по приезде — из Петрограда. Елена Ивановна выедет туда через несколько месяцев — со второй партией саратовцев, отправившихся в неведомый им Петроград...

Эти письма отражают (увы, односторонне, поскольку письма Барулиной не сохранились; они были уничтожены НКВД после обыска в квартире и ареста Н.И.Вавилова) становление новых отношений двух незаурядных людей, знавших друг друга уже более трех лет, работавших рука об руку, безмерно преданных общему делу и осознавших наконец, что их связывает нечто большее, чем уважение и дружба.

Все письма, кроме двух, напечатанных не полностью, публикуются впервые. Не менее семи писем этого периода ранее вышли в разных источниках.

Часть писем Николай Иванович писал по-английски (выделено курсивом), предлагая отвечать ему также по-английски (этим он стимулировал Елену Ивановну к изучению языка).

Первые два письма, написаны непосредственно перед приездом в Петроград со съезда по прикладной ботанике, проходившего в Воронеже. Именно в них наряду с сугубо деловой информацией проскальзывают первые слова заботы и нежности, переводящие письма из разряда официально-деловых в категорию личных.

* Подробнее о Е.И.Барулиной см. *Вишнякова М.А.* Святая святых души // Природа. 2007. №11. С.75—82.

24/IX. (Воронеж)*

Милая Елена Ивановна.

Второй день съезда. Съезд довольно интересный, много народу, многих не видел года три и больше. Воронежцы очень гостеприимны. Нас поселили с Ячевским¹, Талиевым², Заленским³.

К гомологическим рядам большой интерес. Выслушиваю и критику, и одобрения. Больше последних, но больше интересуюсь критикой. Признаюсь, побаивался Талиева. Он очень остроумный, и сердитый, и врожденный полемист. Его мнение мне было очень любопытно, но пока не спрашивал. Вчера неожиданно в конце доклада «Теория эволюции и селекции» услышал большое одобрение, которого никак не ждал от Талиева. Еще интересуюсь мнениями Козо-Полянского⁴ и в Питере Комарова⁵.

Ясно одно — надо работать, а путь верный, и я рад, что удалось кое-что действительно подметить общего в науке.

Здесь слишком много внимания, от него хочется сбежать в лабораторию, к книгам.

Делал предв[арительный] доклад о помесях арбуз[ов], дынь и тыкв. Прения ничего не дали. Но после узнал кое-что новое.

Настаивают на прочтении доклада о рядах. Но очень не хочется. Без подготовки, написания не умею так, как хотелось бы изложить. А готовиться некогда. Добрались мы с Орловым⁶ быстро, в один день.

Из Воронежа поеду в Москву и Питер.

Я очень хотел бы, чтобы ты была со мной. Так много надо еще видеть, надо понять друг друга.

Завтра, должно быть, придется излагать ряды. Вдохновения нет, но м.б. оно придет.

Пиши. Надеюсь в Москве иметь от тебя письма. Из Воронежа выеду, вероятно, числа 29-го.

Твой Н.

Следующее письмо напишу по-английски.

* В скобках приведены названия городов, если они отсутствуют в тексте письма.

¹ Ячевский А.А. (1863—1932) — ботаник, миколог и фитопатолог.

² Талиев В.И. (1872—1932) — биолог; с 1918 г. профессор, заведующий кафедрой ботаники Тимирязевской сельскохозяйственной академии.

³ Заленский В.Р. (1875—1923) — ботаник-физиолог; в 1922—1923 гг. ректор Саратовского сельскохозяйственного института.

⁴ Козо-Полянский Б.М. (1890—1957) — геоботаник, систематик; с 1920 г. профессор Воронежского сельскохозяйственного института, затем Воронежского университета.

⁵ Орлов А.А. (1888—?) — агроном, полевод; работал в Саратовском и Воронежском отделениях Всесоюзного института растениеводства (ВИР), с 1925 г. директор Кубанской опытной станции ВИР.

⁶ Комаров В.Л. (1869—1945) — ботаник, географ, путешественник. Президент АН СССР (1936—1945).

26/IX. (Воронеж)

Вчера делал доклад о рядах. Говорили Рождественский¹, Гельмер², Келлер³, Талиев, Козо-Полянский. Талиев много сказал существенного, и для

него — в порядке мягкой форме. Много я приму к сведению. Козо-Полянский был очень суров. Это первая критика по самому существу. Много кратких, но дельных замечаний по фитопалеонтологии. Хотя как автор я должен признать свои упущения, но я готов их признать. Зайдя к вершинам, легко заблудиться, особенно тогда, когда в сутолоке, конечно, не уследишь ни за палеонтологией, ни за морфологией.

Сегодня или завтра будем с ним толковать долго.

Узнал от Гельмера кое-что по викам. Для работы много импульсов. Для них надо было ехать в Воронеж.

Выяснилась необходимость основательно углубиться в общую морфологию, палеонтологические данные. Словом, надо спокойно, много читать, писать и думать, и главное — по общим вопросам.

А как дела в Саратове?

Милая Леночка, как с малярией? Надо всерьез ее преодолеть. Как идет работа?

Между прочим, Гельмер говорит, что он пользуется всегда биноклем для различения рисунка вик.

Как в лаборатории, как дома?

Сведения о смерти отца подтверждаются. Неопределенно место смерти, не то Константинополь, не то Прицевы острова.

Очень жаль, что ты не в Воронеже.

¹ Предположительно Рождественский И.П. — профессор Ярославского университета, анатом, гистолог.

² Гельмер О.Ф. (1876—1946) — агроном, заведующий отделом селекции Харьковской областной сельскохозяйственной опытной станции.

³ Келлер Б.А. (1874—1945) — ботаник-эколог, академик с 1931 г., профессор Воронежского сельскохозяйственного института и Воронежского университета.

5/X. (Петроград)

Милый друг.

Подъезжаем к Петрограду. В нем многое должно решиться. Немного больно за множество дел, которые надо успешно провести. Получил известие от Кон[стантина] Мат[веевича]¹ о саратовской факультетской суматохе.

Не верю, чтобы из нас вышло что-либо путное. Да если бы и вышло, все равно поход на Петроград решен. От московских универс[итетских] ботаников ex officio² получил приглашение на профессиру по генетике в Московском университете. Это то, о чем я раньше только мог мечтать. Но, взвешивая все, решение определенно клонится за Петроград. В Москву лишь можно будет приезжать на короткое время для прочтения курса.

Милая Леночка, тебе так много мне хочется сказать. От радости, счастья, сознания силы так часто переходишь к унынию.

За две ночи прочитал английскую Nature за 20-й год. Мы не отстали от Англии — это верно. В Nature так много интересного. По обрывкам восстановил всю жизнь. Mr. Bateson³ жив, но мно-

гие уже не в живых. Doncaster, Gregory⁴. Жизнь трудна и там. Но Merton⁵ (Bateson'ый институт) живет и работает нормально.

От здешних наркомземов, наркомеров у меня начинает болеть голова. И стараюсь избегать их. Помогает Орлов. Жизнь трудная, сложная. Живем правда, лучше, чем зимой, как-то стали все бодрей.

В общем пока наша поездка идет продуктивно и не отстал от расписания. Недели полторы пробудем в Петрограде. Дней 5 в Москве и следовательно числу к 20 будем в Саратове.

Как поживаешь ты, идет ли работа? Мне так хочется, чтобы все шло хорошо, интенсивно.

Продолжаешь ли учить английский? Будем говорить с тобой только по-английски. Напиши, пожалуйста, в Москву. Я часто думаю о тебе. С каждым днем ты становишься дороже для меня.

Твой НВ

¹ Чинго-Чингас К.М. (1884—1939) — агроном; с 1913 г. — сотрудник Бюро по прикладной ботанике, с 1923-го — заведующий мукомольно-хлебопекарной лабораторий.

² Ex officio (лат.) — независимо от одной из сторон.

³ Бэтсон Уильям (1861—1926) — английский биолог, один из основателей генетики, в лаборатории которого Н.И.Вавилов стажировался в 1913 г.

⁴ Донкастер Л., Грегори Р.Ф. — английские генетики, работавшие с Бэтсоном.

⁵ Мертон — пригород Лондона, где располагался Садоводческий институт Джона Иннеса, директором которого был Бэтсон.

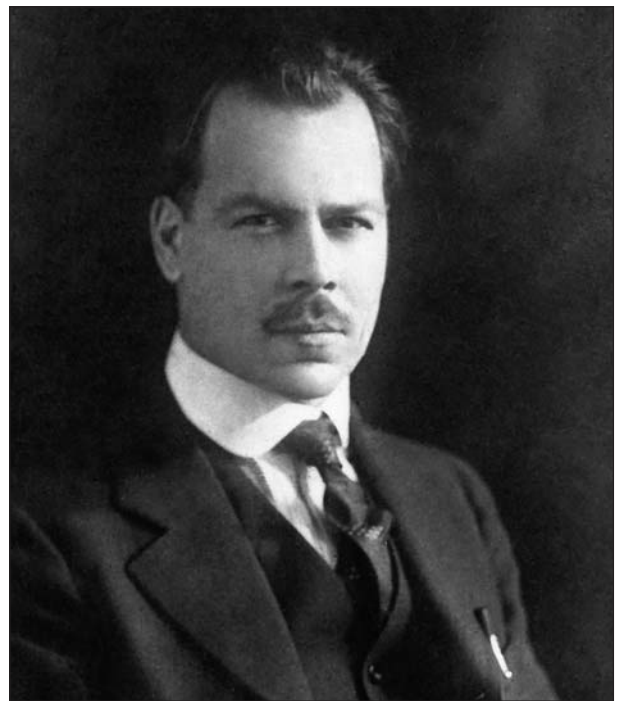
5/X. (Петроград)*

Сию в кабинете за столом покойного Роберта Эдуардовича Регеля, и грустные мысли несутся одна за другой. Жизнь здесь трудна, люди голодают, нужно вложить заново в дело душу живую, ибо жизни здесь почти нет, если не труп, то сильно больной, в параличе. Надо заново строить все. Бессмертными остались лишь книги да хорошие традиции.

В комнате холодно и неуютно. За несколько часов выслушал рапорт о тягостях жизни. Холод, голод, жестокая жизнь и лишения. Здесь до 40 человек штата. Из них много хороших, прекрасных работников. По нужде некоторые собираются уходить.

Они ждут, что с моим переездом все изменится к лучшему. Милый друг, мне страшно, что я не справлюсь со всем. Ведь все это зависит не от меня одного. Пайки, дрова, жалованье, одежда. Я не боюсь ничего, и трудное давно сделалось даже привлекательным. Но боязнь не за самого себя, а за учреждение, за сотрудников. Дело не только в том, чтобы направить продуктивно работу, что я смогу, а в том, чтобы устроить личную жизнь многих.

Все труднее, чем казалось издали. Практически все надо учесть. Я не боюсь за нас с тобой. Ты будешь всегда со мной: вместе многое легче. Раньше, в студенческие годы, мне казалось, что сила только в одиночестве. Годы прошли, и я знаю, что это не так. Творчество требует импульса — без лабо-



Н.И.Вавилов. 1920 г.

ратории, без внимания, без поощрения, мне кажется, я даже не могу совершенно работать.

Мне хочется, чтобы ты знала все, чтобы союз наш был на жизнь и на смерть. Последнее, конечно совершенно не страшно, ибо нет чего проще как очутиться на том свете, мне хочется считать, что впереди не только свет, но и тени.

Мне нужна твоя помощь, твоя любовь и симпатия к тому, что стоит впереди.

Из Отдела я уже наметил переход во дворец: там светло, просторно, а главное — все можно строить заново, как хочется.

Одно, что радует, — полное сочувствие всех, радушие.

Словом, хочется создать жизнь дела, полную жизни, уюта, кот[орой] пользоваться хоть в периоды оседлой жизни.

И все надо выяснить, учесть, не увлечься. Вот проблемы, которые довлеют дневи злобу его¹.

Милая Лена, ты часто как ангел-хранитель рисуешься в голове, и я уже привыкаю все связывать с тобой.

Твой НВ

* Письмо было частично опубликовано ранее.

¹ «Довлеют дневи злобу его» — «довольно для каждого дня его заботы» (из Нагорной проповеди Иисуса). Мф. 6:34.

10/X. (Петроград)

Милый друг.

Я часто вспоминаю о тебе. Как хотелось бы часто, чтобы ты была со мной. На фоне голода (мы,



Е.Н.Барулина. 1926 г.

конечно, еще далеки от него), многого такого, чего не хотелось бы видеть, так много прекрасного, что хотелось бы (надо бы было перечитать тебе*, чтобы и ты переучила). Мы бродим от учреждения к учреждению, от одного ученого к другому, выслушиваем повести грустных физических и моральных мучений, но наряду с этим невольно любуешься сохранившимся садом с дивными оранжереями, гербарием лучшим в мире, книгами, зданиями, да и самими людьми.

Человек как таковой превратился в Versuchskaninchen¹ социалистических экспериментаторов, невольно хочется избежать этого положения, но в то же время здесь так много великого и прекрасного, что трудно решить, где перевес.

Надо быть реалистом, и когда реально анализируешь здешнюю жизнь в перспективе личного устройства, сознаешь всю досадную и нелепую трудность. Милый друг, ты должна быть снисходительна к этим сомнениям. Много еще надо решить вместе в Саратове.

Прочитал прекрасную статью Gassard² о предугадывании новых видов грибов. Она мне страшно нужна. Закон о рядах занимает меня сейчас больше чем что-либо. Надо непременно перевести его на нем[ецкий] язык. На днях сюда приходил кто-то из Австрии с просьбой разрешить его перевести на нем[ецкий] язык. Но его надо переработать, и сильно. И Воронеж, и Петроград мне много дополнили. И первоочередная работа нашей лаборатории в достойном виде подготовить «Ряды» к опубликованию в большом виде с таблицами.

Как-то рисует Мария Петровна? ... неясного. Боюсь, что в Петрограде задержусь.

Вчера провел в Ученом комитете тебя, Ол. Вяч.³ и Орлова старшими ассистентами начиная с 1/IX. Это нужно будет и для Петербурга, и для Саратова.

* Одно слово неразборчиво, видимо, «Min».

¹ Versuchskaninchen — кролик (нем.).

² Жаккар П. — швейцарский ученый, разработавший количественный метод сравнения флор и заложивший основы статистического направления в изучении экосистем.

³ Якушкина Ольга Вячеславовна — ассистент кафедры частного земледелия и селекции Саратовского сельскохозяйственного института.

14/X. (Петроград)*

Милый друг.

Вопрос о Петрограде решен определенно. Никаких колебаний относительно переезда у меня нет после всего, что выяснилось теперь, в течение наших дней пребывания здесь. Ни «колония», которую как будто нам дают в Саратове, не остановит нас в нем. Было пережито много сомнений, и ты знаешь, дорогой друг, их. Определенность решению дало Царское Село, откуда мы только что вернулись. Мне трудно вкратце передать тебе все. Но иного решения объективно быть не может. И ты одобришь его.

В Царском Селе нашлось все, о чем только мог мечтать. Чудесный дом для генетического Института, оранжереи, кругом лес, дворцы, самое здоровое место по климату, удобство сообщения с Петроградом, все полно Пушкиным, и — подумай только! — в одном из домиков нашей селекционной станции жил Пушкин. Памятник Пушкину против Лицея — живой Пушкин, от него не оторвешься. И самый Пушкинский музей рассматривался как возможность здания для генетическ[ого] Ин[ститу]-та.

В Ц[арском] Селе так хорошо, что лучшего, кажется, трудно желать. Мы с Орловым как-то сразу ожили, и даже для осторожного А[лександр]А[лексееви]ча ясно, что иного решения быть не может. Конечно, много и без числа трудностей. Если бы ты, Леночка, представила, как трудно перевозить отдел с Вас[ильевского] О[стро]ва во дворец, как трудно преодолеть инерцию покоя. Но я чувствую, что все преодолимо, лишь очень хотеть.

Твой НВ.

* Письмо было частично опубликовано ранее.

17/X. (Петроград)

Милый друг.

Снова ночь, и снова сижу в кабинете перед камином Р.Э.Регеля. Но теперь не холодно и даже, пожалуй, уютно. Слово студент 1-го курса, чувствую себя молодым, полным силы. Вопрос о Питере решен просто и бесповоротно. Будем нала-

живать жизнь. Жизнь должна быть красивой, интересной, полной смысла и содержания. Пути ея ясны. Условия трудные и путь тяжелый. Я это хорошо знаю. Устроить внешнюю обстановку, микроскопический уют, необходимый для работы, труднее, чем решить самую трудную научную проблему. Но попробуем, авось решим и то и другое.

Мне хотелось бы так много узнать от тебя. Но пока у меня только первое твое письмо, хотя я, кажется, посылаю десятое. Твои письма ждут в Москве.

Здесь много хлопот, много и любопытного. Попали на северную выставку по сельскому хозяйству. Смотрим турнепсы, репу, свеклу, капусту, картофель и тыквы. Какие они оригинальные. Полный контраст Востоку. Многие тыквы увидел впервые, многое для рядов. Вообще один помидор — скорее в Царское Село, скорее надо налаживать жизнь и работать над тем, что интересно.

Милая Лена, штудируй языки — это самое главное. Они откроют путь ко многому. Каждую минуту свободную используй на англ[ийский], нем[ецкий], фр[анцузский].

Только одно желание, я хотел бы, чтобы ты была совершенной. Я уверен, ты можешь это сделать. Твой английский уже не очень плох. Читай литературу. Я бы хотел, чтобы ты стала настоящим помощником. Вместе мы сможем сделать гораздо больше, вдвое больше, чем я способен сделать один. Мы будем работать вместе.

Спокойной ночи. Уже очень поздно. Завтра так много дел, беготни.

Твой Н.

Возможно, в Петрограде останусь еще на 8—10 дней и в Саратове буду в первых числах ноября.

Твой Н.

20/X. (Петроград)

Милый дорогой друг, сегодня, собственно, большое событие. Первые 9 подвод перевезли часть Отдела в новое помещение (бывш[ий] дом министра земледелия). Пока только 9 подвод, а всего, по моему подсчету, их надо 120. Но и то много, сдвиг, и я очень рад. Если бы ты вообразила, как это нелегко. Если бы ты видела этих ужасных грузчиков. Как было трудно достать людей, лошадей.

В новом помещении светло, красиво и как-то величественней. Мне оно очень нравится, и ты полюбишь его. Старое помещение низкое, в 5-м, 6-м этаже, обычная островная квартира, из которой хочется бежать. Все мелко. Как-то тоже вся наша мебель оказалась убогой для дворца. Озабочен приведением его в соответствие.

Я не знаю, как пойдет дело, но кажется, что пойдет. Только взяться посильней. Только всем заразиться желанием создать, и мы сделаем многое.

Мне очень хочется скорей совсем сюда, чтобы мы были все вместе.

Утро. 22/X. Перевозка продолжится еще дней 8-9, если не отберут лошадей, что легко может случиться. Засим должен составить сметы по Отделу, по Стебутовским курсам¹ и получить суммы на переезд из Саратова.

Вообще занят, как видишь, самым скучным, но это необходимо, необходимо импульсировать переезд (против него было почти все Бюро), довести его до конца. Вообще несколько месяцев до окончательного переезда в Царское Село и из Саратова не легки. Когда в 1916 г. я во время войны собрался в Персию, Н.М.Тулайков² назвал это авантюризмом. The adventurer — любитель приключений — обидней ничего нет. По крайней мере в англ[ийском] восприятии. В конце концов правым оказался the adventurer. Не знаю, как теперь он назовет наш переезд, да еще in cogrore³.

Но без приключений скучно жить. Без приключений нет открытий. Конечно, это довольно опасно. Гораздо более удобно сидеть и работать спокойно. Иногда я бы очень хотел этого. Дорогой друг, ты никогда не говорила мне, как ты смотришь на все эти вещи. Готова ли ты ко всем этим «приключениям». Любишь ли ты их. В этом много риска.

Твой Н.

¹ Имеется в виду Петроградский сельскохозяйственный институт — бывшие Стебутовские курсы.

² Тулайков Н.М. (1875—1938) — агроном, растениевод, академик АН СССР и ВАСХНИЛ.

³ In cogrore — в полном составе (лат.).

Уже 28 октября. Уже пролетело 9 дней в поисках людей, денег и спирта. Уже 90 подвод послано в новый дом. Скоро придет конец.

Мой самый лучший друг, я очень спокоен, более, чем думал. И сейчас я уверен, что через 3-4 дня мы будем в новом здании. Это был экзамен, первый в новых условиях.

Конечно, нужно еще много сделать. Вся мебель, книги в беспорядке. Много недель пройдет, пока все это будет закончено.

Я не доволен многими здесь. Без меня они бы не сделали ничего. Я так рад, что Фляксбергер¹ здесь. Он хороший работник. Иногда он выглядит таким жалким, слабым, он не очень здоров, но он все еще хороший ученый и понимает, что есть истинная наука, и любит науку. Это самое важное.

Всем вместе, дорогая Лена, здесь так много надо сделать. Но надеюсь, что не напрасно. До сих пор все идет так, как бы мне хотелось.

Чем больше я вижу Петроград, тем больше я люблю его. Он действительно прекрасен — город Петра и Пушкина. Для меня большое удовольствие проходить мимо памятника Петру, видеть сфинксы с Нила. Они прямо на другой стороне Невы.

*Мы многое должны посмотреть вместе.
Люди в общем очень добры, они много помогают.
Будь здорова, дорогая.*

¹ Фляксбергер К.А. (1880—1939) — ботаник, специалист по систематике хлебных злаков.

31/X. 2 часа ночи, Марининская площадь Морская, 44

Дорогой друг.

Только что прибыл от Берга. С ним, как всегда, очень интересно. Мы разговаривали об изменчивости. С позиций зоологии он рассказал мне очень важные факты. Как всегда, он был чрезвычайно молод (извини, я хотел бы немного написать по-русски).

Вот уже две недели, как идет перевозка. Главное сделано. Вторую ночь ночую в новом доме. Конечно, еще много хлопот. Все свалено в груды, мебель разобрана, и непросто ее соберешь. Еще возов на 50 имущества осталось на Острове.

Но главное сделано, и сижу в своем кабинете у камина. Огонь горит ярко, весело. Стены холодные, на дворе зима, но как-то не страшно.

Пока идет все медленно, но, по-моему, не плохо. Устраиваю понемногу и публику. Фляксбергер совсем доволен квартирой, нашел служительницу, слугителя.

Мой кабинет из трех комнат. Две оставили для жилья. В одной из них камин, и можно жить и зимой.

Страшно задержался в Питере, так хочется скорей быть у себя в лаборатории в Саратове, видеть тебя, узнать, что сделали, хоть немного войти в работу, настоящую, любимую.

Но боюсь, что недели на две еще задержусь из-за смет, Царского Села, финансов, да и разобраться в перевезенном надо при себе.

6/XI. (Петроград)

Дорогая Лена.

Перевозка уже кончена, даже контуры разборки закончили. На днях справляли новоселье. Кончил хлопотать с воинск[ой] повинностью, и, ужасная вещь, я потерял здесь все свои документы, но в 1/2 дня почти восстановил их — здесь оказалось это легко.

Сегодня приступил к Царскому Селу и финансам, в общем, бумаг еще дней на 8, и затем в Москву. 40 дней и 40 ночей Петроградского жития убедили меня, что жить и работать тут можно. (Одно слово неразборчиво. — М.В., Ю.В.) налаживать никуда не годный хозяйственный аппарат, и наш Омельченко¹ куда выше здешних «советских служащих». Многих надо сменить — это отложил для следующего приезда.

Подвод понадобилось вместо 100 — 180, но и их достали.

Кое-какие отделы на будущей неделе могут уже заниматься науч[ной]. работой. Ты успеешь еще послать мне письмо в Москву. Пожалуйста, пиши.

За всей этой черновой административной работой я отошел от настоящей работы, но только ради нее.

Раздумывая, мне кажется, что я остался верующим человеком каким был в детстве, только вместо одного бога служу другому. И, право, хочется создать храм науке, настоящей науке. Для этого нужны кирпичи, балки, вот их-то и возим теперь.

Но м.б., это все утопия. Но мы утописты, не правда ли.

Будь здорова, пиши, пожалуйста, дорогая. Мне бы хотелось знать тебя, пиши обо всем в твоей жизни. Твоя жизнь должна быть связана с моей жизнью.

Твой Н.

Итак, я жду твоего письма в Москве.

Немного заболел, простудился, так как одет не по сезону и от носки тяжестей при перевозке, но, надеюсь, скоро все будет хорошо.

Доходят ли до тебя письма? Я адресую их чаще Цариц[ынская], 170.

¹ Омельченко В.К. (1886—1969) — агроном, селекционер, агрометеоролог. В Саратовском отделении Бюро работал как полеводом, так и хозяйственником.

7/XI. 44 Морская

*Мой самый дорогой друг,
к сожалению, я болен. Случилась история, которая была со мной 7 лет назад в Англии и 4 года назад после путешествия на Памир. Что-то похожее на переутомление и простуды. Я не могу ходить и двигаться, должен сидеть дома неподвижно и в кровати. Надеюсь, все пройдет очень скоро. У меня нет времени болеть. К счастью, два дня я могу посидеть дома, сегодня и завтра. После завтра я должен ехать в Царское село. Все идет хорошо. Очень много черновой работы.*

Я бы хотел поехать в Москву 12-го или 13-го ноября, если все будет хорошо.

Мысли роятся в мозгу. И часто по преимуществу они связаны с тобой. Я обдумываю нашу любовь. Это так ясно для меня, что я не могу больше поступать, как раньше. Я действительно вполне свободен. В этом нет сомнения вовсе. В целом я терпелив, как по меньшей мере кажется мне, но я не могу любить мою жену. Это вполне объективно. Я думаю, что это вполне ясно и ей тоже. Для меня нет сомнения, что я имею право любить тебя. Внутренне нет даже малейшего сомнения в этом.

Ты была лучшей из всех, кого я видел, твоя любовь к моей работе была ясна для меня. За три года, что я знал тебя, по меньшей мере твою жизнь в лаборатории. Ты знаешь, я довольно критичен.

Прежде всего ты была субъектом критики, конечно. Первая реакция ученого — строгая критика.

Прости меня за все эти строки. Но ты сама пишешь и говоришь о сомнениях. Я хорошо знаю все трудности на пути, но я готов к ним, и я чувствую, это обоснованно. Мой сын всегда будет моим сыном. Я надеюсь, ты полюбишь его, ты будешь добра к нему, он такой хороший мальчик. Мы должны обдумать много вещей. Я думаю, все устроится.

Сейчас твое слово, дорогой друг, ты должна быть очень критичной, по крайней мере на некоторое время. Будь осторожна в своем решении. Ты свободна, действительно, не внешне, не на словах, но в своих внутренних чувствах. Будь очень строга к себе и ко мне. Я готов ко всему. Ведь жизнь не только в лаборатории. Жизнь в ее многообразии перед тобой. Твоя любовь к работе была одним из первых импульсов для моей симпатии к тебе. Я считаю, что самое важное в нашей жизни — мы должны понимать друг друга и работать вместе.

Но закончилась ли твоя первая любовь? Твой отрицательный ответ, конечно, очень ранит меня, но лучше это будет сейчас, чем позже.

Я рад, что по меньшей мере для этой цели ты можешь обдумать все это во время моего отсутствия. Твой ответ сейчас может быть вполне ясным и определенным.

15/XI. Петроград. Морская, 44

В среду 18-го выезжаю наконец в Москву. Закончил благополучно царскосельские дела, остались финансовые, но и с ними справимся. Так хочется скорее в лабораторию, видеть тебя, твою работу, видеть все.

Завтра справляем новоселье. Немного рано, еще с месяц разборов, но спешим до отъезда.

В Москве надеюсь найти письма от тебя, узнать многое. Тороплюсь кое-что подчитать, надо бы записаться на писание, но вряд ли останутся часы. И потом, потом одно — работать можешь хорошо в своей обстановке среди книг, близких людей. Мне кажется, что вдвоем мы сделаем гораздо больше, чем я один.

17/XI. Утро. Завтра надеюсь стартовать в Москву. Наконец. Здесь есть кое-какие дела, в основном финансовые. Если они пройдут успешно, все будет хорошо.

Вчера у нас было новоселье. Это было достаточно тепло и единодушно. Хотя наши хоромы не в порядке и вряд ли к маю мы приведем их в надлежащий вид, но уже пшеница, ячменя, да и все остальные расставлены. И, пожалуй, уже теперь много лучше, чем было на Острове, и даже уютней.

На торжестве был Ячевский, Траншель¹, пред[едатель] Уч[еного] комитета милый старичок Ковалевский², были речи, пожелания etc.

Итак, завтра в Москву.

Милый друг, я часто думаю о тебе. Эти обрывки писем и многое начатое и неоконченное за суетой — доказательства памяти о тебе.

Как ты живешь, о чем твои мысли. Все мои помыслы пока направлены на создание внешней среды. Это трудно, но небезнадежно. А внутренне смысл всего — душа. Она почему-то ясна. М.б., потому, что Царство Божие внутри нас.

Мне кажется, что пути ясны, и, что бы ни стояло перед нами, надо по ним идти.

¹ Траншель В.А. (1868—1942) — ботаник, миколог, с 1900 г. хранитель Ботанического музея Императорской академии наук.

² Ковалевский В.И. (1848—1934) — агроном, растениевод, экономист. С 1917 г. — председатель Сельскохозяйственного учебного комитета.

19/XI. Москва, Ср. Пресня, 15

Милая Леночка.

Сегодня приехал в Москву из Питера. Нашел твое письмо от 13/X. Мне казалось, что должно быть больше писем. Но хорошо — хоть одно, хотя и такое давнее. Я очень рад ему, хотя оно и грустное. Милый друг, прошлое прошло. Будем жить настоящим и будущим. А прошлое, когда поотойдет, не так страшно и худо, как кажется. Я сам много видел плохого и в юности собирался не раз бежать из дома. Радости было не много. И в общем так много сходило. Ну об этом потом.

Мне так хочется скорее видеть тебя, сказать, что мы преодолеем все. Я часто думаю о тебе, и как-то все стало лучше, и даже все лучше удаётся. Питерские дела закончили, как мне кажется, совершенно хорошо, и отдельские, и царскосельские, и стебутовские, и финансовые. В Москве хочется хоть немного уйти в книги.

Здесь на февраль назначают целую генетическую конференцию для разбора гомол[огических] рядов. Надо будет явиться во всеоружии. Москва не Саратов, и судьи здесь строгие, надо многое изменить, переработать, обобщить, когда-то все успеешь. И «Полевые культуры Юго-Востока», и сборы, и лекции, и пр. и пр. Внимание очень радует, но и усиливает ответственность. И теперь эту ответственность разделять нам надо вместе.

Ряды — только набросок, до совершенной формы далеко. А они должны быть столь же закончены, как иммунитет.

В большой коллективной работе надо не размениваться на мелочи, уметь отойти от забот в науку. Организуя коллективную работу, входя во все мелочи, дрова, жилье и пр. и пр. для всех, надо не отходить от бога, кому служишь. Ты меня остановишь вовремя. В схеме в голове имеется план, мне кажется, что он осуществится.

Завтра пойду к академику А.П.Павлову¹ — геологу. Он прочитал «Ряды» и хотел передать мне свои работы, близкие по теме. Завтра у Кольцова²

открытие евгенического об-ва. Надо тоже зайти. Зайти к Луначарскому³, Серде⁴ etc. etc.

Ну, до скорого свидания, будь здорова, не переутомляйся, все успеется. У Брандта-Ибсена есть хорошее место:

«Простится все тебе, чего не мог ты сделать, То ж не простится, что не восхотел».

А мы многое, очень многое хотим сделать, может быть, не успеем всего, сделаем что сможем.

Твой Н.

Мне хочется, Леночка, чтобы и ты перестала бы хоть в письмах обращаться на Вы. Пожалуйста. Мне так хочется, чтобы мы были близки.

¹ Павлов А.П. (1854—1929) — геолог, палеонтолог, биостратиграф; с 1886 г. профессор МГУ.

² Кольцов Н.К. (1872—1940) — биолог и генетик, основатель Института экспериментальной биологии.

³ Луначарский А.В. (1875—1933) — государственный и партийный деятель, с 1917 г. нарком просвещения.

⁴ Серда С.П. (1871—1933) — статистик-экономист; в 1920 г. член ВЦИК и народный комиссар земледелия.

20/XI. (Москва)

Мой самый дорогой друг, возможно, это последнее письмо, что я пишу тебе из Москвы. Через 6-7 дней я надеюсь отправиться в Саратов и увидеть тебя.

Довольно странно для меня, что здесь я нашел только одно письмо от тебя от 13/X. Я ожидал по меньшей мере два-три письма. Я боюсь, что адрес Царицынская, 170, на который я послал как минимум 8 писем, неверен. Было бы очень жаль, если это так. По этой причине сейчас я пишу на Университет. Но, может быть, ты не вполне здорова?

Как ты, моя дорогая девочка? Береги здоровье.

В Москве дел не много. Самое важное — достать 3 вагона для Саратова и почитать новую научную литературу. Как раз сейчас я сижу в материнском доме и читаю последний номер Zeitschrift für inductive Abstammungslehre за 1920 г. Есть кое-что интересное.

Утро 21/XI. Сколько много надо прочитать. Много очень интересного, по меньшей мере для нашей работы.

Для завершения Закона гомологических рядов необходимо изучить детально палеоботанику, палеозоологию и зоологию. Там кое-что, как здесь, — не так конкретно, не так ясно, но есть аналогичные идеи. Дорогой друг, в этом изучении мы пойдем вместе, потому что для исследования мимикрии необходимо изучить этот вопрос в зоологической и палеонтологической литературе.

Все это очень интересно, но требуются время и спокойная работа. Здесь, в Москве и Петрограде, есть общий интерес к нашей работе. Это стимулирует.

Я очень тороплюсь читать и сижу с книгами утрами и ночами.

Твой искренне Н.

6/XII. Ночь (Саратов)

Дорогая Лена,

Я получил твоё письмо на английском языке. Я его исправил. Пожалуйста, обрати внимание на ошибки.

Ты пишешь обо мне, что видишь меня в двух совершенно различных аспектах. Дорогой друг, может быть, ты права. Я не думаю, что я очень эгоистичен. Я никогда не считался таковым. Необходимо быть в коллективной работе требовательным, иначе ничего не выйдет. Поэтому я должен быть иногда достаточно «строгим и властным». Я был очень строг к себе тоже и, мне кажется, я говорил тебе, что после моего студенчества я считал, что в реальном дне только 8 часов продуктивной работы. Сейчас, к сожалению, я должен сказать, что мой день не стоит даже половины того.

Пожалуйста, рассказывай о моих недостатках, если это будет возможно. Я постараюсь исправить их. И конечно, ты не имеешь права бояться меня.

Итак, дорогая девочка, мы должны быть вполне спокойны. Работать, учиться и стараться полностью понять друг друга.

Не забудь о фотографиях. Пришли их мне.

Эти две недели я постараюсь работать, писать книгу о культурах Юго-Востока.

Мне хочется по-настоящему продуктивно попробовать работать эти недели, не взирая на суету. Я постараюсь и скажу тебе, выйдет ли это. А ты поспособствуй этому. Если ты будешь спокойна, весела — этого будет уже много. Пиши мне по-английски, пожалуйста. Учи английский. Стихи Байрона, Браунинга. И говори по-английски. Обещай.

Твой Н.

6—19/XII. Утро.

Мой прекрасный друг.

Сегодня именины. Иногда мне нравится этот день. Он позволяет немного осмотреться. Этот год был полон множеством событий. Одно из наиболее важных личных событий, случившихся в этом году, это любовь к моей дорогой Аленушке. Конечно, это случилось не вдруг. И два года назад, когда я предлагал Аленушке работать в лаборатории, быть связанной с лабораторией, я уже любил ее.

Ты все еще сомневаешься, я понимаю твои сомнения. Но время идет, и твои сомнения должны закончиться. Я рассмотрел все очень серьезно. Я искренне думаю, что рано или поздно ты станешь моей женой. Я знаю, что много неудобного для тебя и для меня тоже. Но, суммируя все, я знаю и чувствую, что мы правы. Кто может сказать, что я неправ. Только один. Это Олег. Но, со своей стороны, я знаю, и я уверен, что я сделаю все для него, и я уверен, что он не будет стыдиться меня. Жизнь сложна и

очень условна. Для тебя, как я понимаю, это все еще ближе. Ты меньше связана, по крайней мере если твоя первая любовь прошла. Никто, ни один, не может сказать, что ты виновата. Если ты скажешь мне — ты любишь другого — это будет очень больно для меня, но, я думаю, ты будешь права. Ты имеешь все человеческие права для этого.

По этой причине, дорогая, ты должна быть непреклонной и храброй. Условия жизни и настоящего особенно обязывают нас держать все в секрете. Я не говорил ни слова моей жене. Хотя я не говорил и ни слова, чтобы успокоить ее. Я люблю своего сына. И мне доставляет большое удовольствие видеть его развитие. Когда мы будем в Петрограде, мы подумаем, как все закончить.

Я должен так много спросить тебя, сказать тебе.

Но одну вещь я бы хотел сказать сегодня. Моя самая дорогая Леночка, факт есть таков, каков он есть, я люблю тебя, ты дорога для меня, твои сомнения по большей части неверны. Конечно, ты имеешь право высказывать их, но я имею право отрицать их.

И вот снова и снова, милая Леночка, милая и прекрасная Аленушка, мне хочется видеть тебя уверенной, спокойной, веселой. Ты имеешь все права быть такой. Мне сегодня хотелось бы взять Леночку за руки и сказать ей самой непосредственно все, что не напишешь.

Твой искренно, Н.

20/XII. (Саратов)

Моя дорогая, прежде всего ты должна знать, что хотя я действительно и всегда занят, мне доставляет только удовольствие видеть тебя, помогать тебе, и, конечно, я только рад, когда ты пишешь мне и приходишь ко мне.

В действительности только ночью у меня есть время спокойно подумать и написать тебе без помех. Время мое; особенно я люблю проводить ночь в лаборатории. Сейчас я не могу этого делать, поскольку в моей комнате остановился Писарев¹. Это, конечно, неудобно. Но я достаточно терпелив. Ты тоже, насколько я знаю, даже больше, чем я.

Пожалуйста, не бойся беспокоить меня. Для тебя у меня есть время. Ты знаешь, что я отвечаю тебе достаточно аккуратно.

После того, как Писарев уедет, я надеюсь видеть тебя свободно.

Иногда мне очень досаждают, как здесь, в Саратове, люди совсем не заботятся о времени и личной работе других. Это провинциальная привычка. Это довольно распространено и в Москве. Но действительно, так трудно работать, думать спокойно. Твоя комната как магазин, каждый заходит, не спрашивая, беспокоит тебя, и как будто все в порядке.

Никакая серьезная работа не может быть сделана в таких условиях. В Петрограде будет гораздо лучше.

В Петрограде, конечно, будет даже больше работы, но в лучших условиях. Человек, которого я хотел бы видеть с нами, — Ал.Ал.Рыбин (?),² кто, как ты знаешь, причина моего появления в Саратове.

Сегодня я начал учить латынь. Это так...здорово учить что-нибудь. Раньше в Москве каждый год я что-нибудь учил: итальянский, шведский, персидский и т.д., и я очень рад, что у меня есть несколько часов делать это сейчас.

Дорогая Леночка, как и раньше, в Петрограде ты часто в моих мыслях, и чем больше я узнаю тебя, тем больше понимаю, что я прав.

Поэтому, пожалуйста, пиши, давай мне свои письма, будь смелой.

Твой Н.

Твои письма становятся лучше, ты делаешь не так много ошибок. Вот твое письмо с исправлениями.

¹ Писарев В.Е. (1883—1972) — агроном, селекционер и географ культурных растений, с 1921 г. работавший с Н.И.Вавиловым в отделе прикладной ботаники и селекции, впоследствии его заместитель как директора ВИР.

² Не очень разборчиво. По-видимому, Рыбин — профессор Саратовского университета.

22/XII.

Все еще ночь. Сегодня я один, могу спокойно думать, писать. Я счастлив быть свободным, чтобы писать тебе, дорогая. Пшеница подождет немного, совсем немного, ты разрешаешь, конечно. И снова, как бывает, иногда лучше писать по-русски. Попытаюсь на обоих.

Моя дорогая девочка. Но лучше по-русски. Милая, прекрасная, дорогая, любимая Леночка, хочется сказать все самые лучшие слова. Аленушка, Леночка... Но это все лучше сказать в глаза, прямо, непосредственно. И так как этого не передашь, буду писать о более серьезном.

Так вот, жизнь свою я представляю себе так: вся она должна быть служением науке, прекрасной, большой, нужной. Чем больше я узнаю ее, тем больше влечения, веры, уверенности. Служение ей должно быть продуктивным. И лаборатория, книги, ваши успехи, боюсь, что дорогие дома, уют. Лабораторию понимаю широко, она — весь мир: Китай, Америка, Англия, Голландия, Африка.

И вот, милая и славная Леночка, мне кажется, что мы близки и должны быть близки, потому что и тебе эта жизнь в науке по душе. Жизнь не наполнишь одной семьей, и я считаю всегда счастием иметь жену, родственную и по духу, и по интересам. Ты скажешь, что ты скромна, только начинающая. Это не имеет значения, учитель не может быть без учеников. И ты знаешь, что без вашей, твоей работы не было бы многого и в моей работе.

Когда судишь людей со стороны, по крайней мере мне так хочется судить, даешь им приговор по делам их, могут быть миллионы оправдывающих обстоятельств, и суд должен быть мягким, но мы судим себя и других по делам, по внешнему проявлению. И личная жизнь прекрасна тогда, когда она стимулирует общую жизнь, когда между семьей и служением делу нет розни. Мы — я, ты — счастливы тем, что между внутренними импульсами и делом, которому служим, нет розни. То, чему служишь, — сама личная жизнь. В этом и сила научной работы.

Ну об этом довольно.

А засим надо многим на письма всегда отвечать.

Мне хочется многое сделать, наладить работу продуктивно, объединить разрозненные бестолковые работы по всей России. Не выполнивши хоть доли, боишься самому себе определять крайние достижения, но дерзко стремишься к ним.

Время пришло написать о «пшенице», и ночь уже. Спи, дорогая, хорошо, спокойно. Пусть лучшие сны придут к тебе. (Зачеркнуто: Я не верю в Dirty, но я очень люблю некоторые его символы. — М.В., Ю.В.).

Твой Н.

25 XII.

Хотя ты, дорогая, до сих пор не ответила, мне хочется написать тебе. Эти два дня я не в согласии с самим собой. Они были непродуктивными, и я чувствую что-то, как угрызение совести (угрызение совести), что сделал так мало. Это всегда происходит со мной, только делая что-то, будучи занятым день и ночь и производя что-то, я могу быть удовлетворен. Я чувствую, что жизнь в деле, в действии. Поэтому сегодня ночью я буду работать, читать, завтра тоже. Я напишу и думаю, что ты одобришь мою работу. В мыслях я посвящаю эту работу тебе, дорогая. Это небольшая работа и довольно легкая для меня, но мне хочется, чтобы она была полезной для многих. Я не патриот, но я хочу, чтобы Россия в науке была не хуже, чем другие страны. Все наши работы должны быть важны и полезны.

Ночь 3¹/₂. Дорогая, я закончил мой урок. Он был довольно маленьким, но завтра будет больше. Мы должны торопиться. Это не так. Жизнь коротка. Мы должны сделать хотя бы немного в этом мире.

Твой Н.

27/XII.

Моя самая дорогая Леночка, Ленушка.

Я боюсь, ты не совсем здорова. В этих холодных комнатах так легко простудиться. Вчера и сегодня я чувствую, что ты не вполне здорова, дорогая. И опять так много забот в лаборато-

рии. Что ты можешь сделать? Ты видишь, что немного комфорта вполне необходимо. Я не специалист в этом. И я надеюсь, и я даже уверен, что в Петрограде будет лучше.

Но перед тем, как ты приедешь, мы должны предпринять необходимое, чтобы тебе, дорогая, было хорошо. Посиди немного дома, поучи английский, почитай. Только два дня — это не важно, и одевайся лучше. Ветрено у твоего окна, сиди возле овсов и устрой там свое место. <Так жаль — зачеркнуто>. Извини, что так неудобно в нашей лаборатории, нет места, нет столов для всех. Скажи, что мы можем сделать, и я сделаю все, что ты пожелаешь.

Моя работа движется медленно. Я боюсь, что делаю так мало, хотя весь день с девяти до двух-трех часов ночи, а иногда дольше, занят. На самом деле так много книг и так много вещей интересны. И снова я чувствую, я так мало знаю этот Юго-Восток. Это правда, по меньшей мере 2 года необходимо, чтобы узнать его. И работа при этом должна быть вполне серьезной. Но, как номады, мы должны удерживать наши позиции и идти дальше. Иногда я чувствую себя Агасфером¹. Последние 10 лет я путешествую от одного города к другому, из одной страны в другую. Возможно, это инстинкт номадизма. В Америке Дэвенпорт² написал книгу о наследовании способности к номадизму (у нас эта книга есть в библиотеке). Может быть, он прав. У отца тоже была склонность путешествовать, но не в такой степени.

Уже 3 часа. Заканчиваю. Будь здорова, дорогая.

Милая, дорогая Леночка. Мне так много хотелось бы сделать. Мне хотелось бы, чтобы ты прониклась этим стремлением и одобрила его. Мне кажется, я снисходителен к людям, может быть, иногда этого не бывает, но в душе, в желании — это так. Я совершенно не аскет, не хочу им быть, но жизнь полна, когда хоть неясно чувствуешь удовлетворение. Ну, это все философия. *Достаточно философии.*

Я часто думаю о тебе, милая, и ты становишься с каждым днем ближе и дороже для меня.

Твой Н.

¹ Агасфер — легендарный персонаж в церковном предании, осужденный на скитания по земле до второго пришествия.

² Davenport C.B. The Feebly Inhibited. Nomadism, or the Wandering Impulse with Special Reference to Heredity. Inheritance of Temperament. Washington, 1915. P.158.

30/XII

Уже первый час ночи. То есть 31/XII. Завтра Новый год. Дорогой друг, этот Новый год действительно должен быть Новым годом для нас. Впереди у нас все новое.

Я не боюсь этого года. Действительно я уверен в нем. Пути достаточно ясны. Может быть, как никогда прежде. Я не люблю ходить различными путями, но много сомнений время от вре-

мне возникало. Сейчас, дорогая, милая Леночка, я достаточно уверен.

Жизнь сложна. Все беспокойства иногда так досадны, но все это мелочи, увидеть пути ясно — самое важное. Идти по нему прямо. Мы пойдем вместе с тобой.

Судя по твоему письму, ты все сделала хорошо. Да ты и не могла иначе.

Милая, дорогая Ленушка, я тоже хочу, чтобы мы были совсем близки друг другу. Так должно быть и будет. Это уже почти есть, мне кажется. Всегда бываешь настороже, но что же поделаешь. Пока иначе не может быть, сразу все не скажешь и в обрывки минут не передашь всего. Я совсем открытый, так кажется по крайней мере самому, и мне часто кажется, что я ничего не могу скрыть. С годами приходит умение владеть собой, немного актерства, пожалуй. Это необходимо.

Для упражнения немного поэзии.

Когда слова готовы с губ сорваться,
Ты должен пять вещей держать в уме:
Как и о чем поведать ты собрался,
С кем говоришь, когда и где*.

Это пишет умный англичанин. Они немного знают о жизни. Милые англичане, они действительно знают немного о жизни под солнцем. Иногда я представляю как реальность прекрасный Кембридж¹, его часы на стене, которые так красиво звенят. Старые, старые стены, Дарвин, Хаксли, Пирсон, (одно слово неразборчиво. — М.В., Ю.В.), Zidge, Стюарт и многие-многие другие. Милая, дорогая Ленуша, я счастлив был видеть многое большое, и ты увидишь его. Когда мы будем вдвоем, я тебе много расскажу.

Но, дорогая Леночка, ты не должна обращаться ко мне на «Вы». Пожалуйста, дорогая. Так хорошо по-английски и по-русски. Английское старомодное «ты» — это лучше. Пожалуйста, отныне и навсегда.

Счастливого, наисчастливейшего Нового года, дорогая.

Твой Н.

В твоём последнем письме есть ошибки: «teaning», но не «tining».

* Перевод М.Вишняковой.

¹ Кембридж Н.И.Вавилов посетил в 1913—1914 гг., во время своей стажировки в Англии.

1921. Саратов 2/1.

Дорогой, милый друг.

Мы так часто видим друг друга, но по существу и не видимся. Так редко удается увидеть тебя и сказать пару слов. Трудно даже отдать письмо. Это уже третье, что я пишу.

Но это не имеет значения, по крайней мере большого значения. Мы очень терпеливы. Ты думаешь так же.

Мне кажется, что все наиболее важное решено. Поэтому я так уверен. Мне кажется, что все случится так, как нам хотелось бы.

Пиши, дорогая, все, что ты думаешь, рассказывай все сомнения, если они еще существуют, я попытаюсь уменьшить их.

Работа идет хотя и медленно, но не безнадежно. Бывают минуты, когда мне хотелось бы взять какой-нибудь роман, послушать музыку, пойти посмотреть что-нибудь. В Саратове не так много есть что смотреть.

В Петрограде мы пойдем смотреть много вещей. Но все это приходит for minutes. Надо так много сделать. Все интересно, и, дорогой друг, возможно, ты не согласишься полностью, но работать в науке — значит жить. Я готов сделать много корректировок в этом утверждении. Я не люблю ссориться.

Твой Н.

Среда 5/1

Милая Ленуша.

Сегодняшним и вчерашним днем очень недоволен, почти ничего не сделал, с комиссиями и пр. разговорами. Придется изолироваться и что-нибудь предпринимать. В душе нет спокойствия. А сегодня, стоя вечером у постели Олега, как-то сразу подумал о том, что с ним не так, может быть, легко можно будет устроиться как хотелось бы. Принципиально, Ленуша, все ясно, и для меня все решено, но надо практически все устроить как можно лучше в условиях действительности. И все трудности в этом. Это все, конечно, я должен устроить, уладить. Пишу тебе, потому что хочу, чтобы ты все знала. Дни пройдут и принесут решение. И об этом буду думать эти дни.

Все, Ленуша, конечно, бывает трудным, но я не боюсь трудностей.

Сегодня на уроке латыни читали прекрасные стихи Катулла, которые начинаются так: «Vivamus, mea Lena (в оригинале Lesbia), atque amemus...».

Будем жить, Лена, будем любить друг друга.

Пусть суровые старики судят нас и болтают...

Стихи удивительно хорошие, у меня, жалко, не осталось книжки, я хотел их заучить наизусть для тебя.

Загляни, Ленушка, в день Рождества в лабораторию, я буду целый день, за исключением промежуточных минут 3—6. Мне так хочется тебя видеть хоть на десяток минут.

Милая, дорогая Ленуша, пиши пожалуйста когда хочешь по-русски. Иногда, вот как сейчас, как-то не идет по-английски.

2-й час ночи, попробую еще позаниматься часа три, м.б. что-нибудь выйдет. Ночью в лаборатории, это сейчас очень часто. И дома перестали на это обижаться.

Ну, до свидания, дорогая. Твой Н.

Стихотворение Г.В.Катулла:

Будем жить, моя Лесбия, будем друг друга любить,
Пересудам и сплетням мы знаем грошовую цену.
Заходящее солнце восходит с утра, но не быть
Нам опять на земле — краткой жизни приходит на смену
Беспробудная ночь. Поцелуй меня тысячу раз
И еще сотню раз, снова тысячу, сызнава сотню,
И еще, и еще — чтоб дурной и завистливый глаз
Сосчитать поцелуй не мог и богатства не отнял*.

* Перевод М.Сазонова.

Без даты

Моя самая дорогая девочка.

Я хотел бы так много написать. Я люблю писать тебе, но это была твоя очередь писать, поэтому я ожидал твоего письма.

Я исправил твое письмо, там довольно много ошибок. Это неважно. Ты продвигаешься вперед, я уверяю тебя. Я знаю по себе, что это очень трудно, знать язык в совершенстве, это было самым трудным и для меня. И я не знаю его достаточно хорошо, по крайней мере так, как хотел бы знать. Это самая трудная вещь. Читай больше, столько много, сколько возможно. Быть неудовлетворенным — это важное дело. Быть неудовлетворенным означает идти вперед. Недовлетворенность — это путь к прогрессу. И я бы очень хотел, мой дорогой, милый друг, чтобы ты не удовлетворялась собой.

О работе, которая на самом деле идет очень медленно, но я виноват, я беспокою тебя различными вещами, прося все время помочь мне. В-первых, конечно, очень необходимо закончить с викой (Vicia). Ты сделаешь это, я знаю. Ты работаешь не очень медленно и достаточно продуктивно.

Я очень часто не удовлетворен собой. Может быть, это не заметно, но это очень часто так.

Моя работа идет, но не так быстро, как хотелось бы, и иногда я боюсь всех других дел еще не законченных, и Бог знает когда они будут сделаны.

Жизнь интересна, дорогая. Первые шаги, может быть, иногда скучны (утомительны), но чем больше ты идешь вперед, тем больше будет интересно. Один из моих хороших школьных друзей однажды сказал мне: «ты идешь так быстро, ты очень особенный, ты всегда ищешь новое, ты скоро устанешь от жизни, все будет уже известно тебе, и жизнь наскучит тебе». Годы прошли, и, мой друг, было не так, как раз наоборот: чем больше проходит лет, тем больше планов приходит в голову, больше вещей становятся интересными. Необходимо брать от жизни лучшее, конечно, не в смысле только развлечений, но лучшее в лучшем смысле. Мы пойдем вместе, и, надеюсь, ты скоро убедишься, что хотя жизнь, особенно сейчас, достаточно утомительна, но мы можем

выбрать лучшее из нее и идти нашим собственным путем: преодолевая все трудности, все помехи.

Будь спокойна, дорогой друг, не утомляйся. Я не хочу этого.

Твой Н.

1 час.

Дорогая, милая Леночка, мне кажется я не видел тебя так долго. Я хотел бы быть с тобой, читать с тобой, скажем Уэлса или что-нибудь еще, работать вместе. Сегодня, дорогая, на нашем факультете собрание, где была большая дискуссия, снова и снова о новой и старой форме. Голоса разделились пополам. Я и другие четверо выбрали решить конфликт. Я не хотел быть там, но я чувствую, я должен это сделать.

Мне кажется, я решил (уладил) его уже по меньшей мере с Бушинским¹. Все остальные не серьезные.

Крестоцветные... дыни, арбузы остаются...

Дорогая, дорогая, я действительно боюсь, когда закончу их.

Я надеюсь видеть тебя на этих днях.

¹ Бушинский В.П. (1885—1960) — почвовед, агроном, биолог. В 1918—1921 гг. — декан агрономического факультета Саратовского университета.

7/II.

Дорогой друг.

Нет чернил, и я должен писать карандашом. Я начал корректировать твою работу. В ней все еще достаточно есть что исправлять, чтобы сделать совершенной, и без тебя, возможно, я не смогу закончить исправления.

Вчера после тебя я начал читать Zelinsky' вместо того, чтобы описывать результаты. Я не закончил свою работу, мой урок. Постараюсь сделать сейчас.

Поэтому мое письмо к тому же такое короткое. И, как наказание, Zelinsky был вообще неинтересен, по крайней мере то, что я читал.

Эта неделя может быть последней, что я в Саратове, это ясно, очень нужно торопиться. Ты, дорогая, должна быть сильной ради меня. Я должен торопиться. Это так. Ты тоже.

Только продуктивная работа приносит удовлетворение надолго.

Иногда бывает необходимым отойти в сторону, осмотреться, собрать все в голове и сделать заключения. Сейчас я чувствую это вполне своевременно. Много фактов предстоит взгляду, многие из них меняют главную идею. Для этого в Москве или Петрограде я всегда хожу в театр музыки.

Я очень рад — мы разрешили вопрос с дынями, арбузами, тыквами, крестоцветными и т.д. Они дают так много, дорогая.

Дорогой, милый друг, я так сильно хочу, чтобы ты была со мной не на 10 минут, не на момент, но работать с тобой, жить жизнь «благородно и основательно»². (Три слова неразборчиво. — М.В., Ю.В.) «Страсть, красота, великолепие — это вещь, которую легче понять, чем сказать»³.

Твой Н.

¹ По-видимому, имеется в виду Н.Д.Зелинский (1861—1953) — выдающийся российский химик-органик.

² Цитата из романа Г.Уэллса «Magnificent Research».

³ Там же.

9/II.

Милый друг, я очень тороплюсь и пишу по-русски.

Вот за то, прежде всего, как мне кажется, я полюбил тебя, что понял, что мы пойдем вместе. НЕ важно, что много неясного в планах, что у тебя нет такой подготовки, как хотелось бы. Но нужно знать, сочувствовать в главном и чувствовать и трудности, и опасения. Милый друг, дорого как раз то, что ты почувствовала ответственность, которую и я чувствую. Она страшна, но без нея и жизнь не мила. Иногда хочется отойти от этой ответственности, но чем дальше, тем в большей степени она идет, надо создавать школу, в Питере тоже скоро ее не создашь.

Милая Ленуша, я без конца рад твоему сочувствию, в нем то больше всего и силы, и чем больше чуткости, тем лучше. Я постараюсь передать тебе все что могу из знаний... я не переоцениваю, милый друг, тебя. Я очень суров и к себе, и к тебе и не могу быть иным, но это все придет, пусть будет желание.

Мне кажется, я не ошибаюсь, Ленуша, но все то, что было раньше, было очень далеко, не тем что сейчас переживаешь. Жена все же, несмотря на ее ум и подготовку, была Амандой из новеллы Уэллса *A Magnificent Research*¹, в другом стиле, но по существу выявляясь в тех же противоречиях, несогласиях, иногда это было очень трудно. Мы очень разные люди.

Будем очень терпеливы, хотя и не могу отнести себя к стойкам, но большое желание им быть.

Пора бежать, пишу это днем, ужасная вещь. Но иногда вполне необходимо не быть машиной. И я не машина.

Твой.

¹ Впоследствии переведен на русский язык как «Взыскуемое великолепие». Н.И.Вавилов читал его по-английски.

4/III. Москва. Ср. Пресня, 11, 1/1

Мой самый дорогой друг.

Уже три дня я живу в Москве. Мы прибыли не совсем хорошо через 4 дня. На пути была катастрофа ночью в Павелецке, наш автомобиль поврежден, и нам пришлось ехать 3 дня в «теплушке». Сейчас все хорошо.

Олег в порядке, и в Москве все идет не очень плохо, как, казалось бы, могло быть.

Сегодня прибыли 3 наших автомобиля. 4 человека остановились в Москве. Другие поехали прямо в Петроград. Я надеюсь поехать 7-го с Ольгой Вячеславовной, Писаревым, Гелей¹ и Горучиной².

События не вполне благоприятны для нас. Я не знаю еще, насколько серьезно, но пока, конечно, они идут не своевременно. Посмотрим.

Все дни бегаю с утра до ночи, чтобы все устроить, просмотреть иностранную литературу, людям в Петрограде первое время будет достаточно трудно. Я готовлюсь к этому. Как ты, милая Леночка?

Я не послал тебе телеграмму насчет происходящего, сделаю это, когда сочту возможным.

Как ты, милый друг, я часто думаю о тебе, и ты неотделима от всех моих мыслей.

Вполне ли ты здорова, как твой кашель, твой английский, как в лаборатории, в Саратове?

Пиши, дорогая, в Петроград. В нашем доме очень много людей в нескольких комнатах, и не очень удобно даже писать, поэтому отсрочка на 2 дня.

Надеюсь видеть тебя скоро. Твой Н.

¹ По-видимому, Гали Павловна Николенко (1901—?) — лаборант Саратовского филиала Отдела по прикладной ботанике.

² Не удалось установить.

7/III. Москва. Старая Пресня, 15, 1/1

Милая Леночка,

Не очень просто уехать в Петроград за счет новых событий, так что мы, б человек, все еще в Москве. Для меня не очень трудно достать билеты, но нас шестеро желающих ехать вместе, и много трудностей. Надеюсь отправиться завтра. Писарев все еще здесь. Он здесь уже 4 месяца.

Я устал от Москвы, никакого реального дела, только беготня по улицам. Трамваев нет, растояния длинные. Дома почти невозможно читать и писать. Время бежит бесполезно, и поэтому я совсем не удовлетворен.

Я пошлю телеграмму из Петрограда. Здесь мы видели много, но очень немногие что-то делают. Я очень хочу быть в Петрограде, начать работу, реальную организацию. Перед нами, дорогой друг, много трудностей, мы едем действительно на Петроградский фронт. Но я хочу бороться, я не боюсь трудностей. Милый друг, которого я люблю, будет со мной. Мы будем очень сильными. По меньшей мере будем стараться сделать все, что можем.

Я прочел несколько зарубежных статей, периодики, кое-что новое. Рано или поздно мы поедем за границу. Завтра пошлю свой иммунитет (Монография Н.И.Вавилова «Иммунитет растений к инфекционным заболеваниям», 1919. — М.В., Ю.В.) в Америку. Есть оказия.

Как ты, дорогая, напиши, пожалуйста. Я часто думаю о тебе.

Один из физиологов нашел ошибку в твоей работе о Makitoff (не удалось установить. — М.В., Ю.В.); суть его работы в установлении роли (неразборчиво. — М.В., Ю.В.) точки, не осмотического давления. Я почувствовал, что там что-то неверно. Нужно быть внимательной, выдерживая время экспозиции, по мнению авторов. На самом деле не очень важно заботиться об этом.

В московской секции нашей «Прикладной ботаники» у нас сейчас очень хорошая коллекция Vicia, около 180 сортов и видов. Мы посеем их в этом году. Много сортов из-за границы.

Как в лаборатории. Как Алевтина Матвеевна (не удалось установить. — М.В., Ю.В.) рисует микрию. Напиши, милая.

Ты могла бы поехать 12–15 марта, даже до телеграммы.

Твой Н.

10/III.

Милый друг,

мы уже в Петрограде. Три машины тоже прибыли. Все идет более или менее. Много-много трудностей, дорогая. Не все это понимают. Все ожидают, что мы сделаем чудеса. Конечно, пытаемся. Жизнь в 10 раз труднее, чем было в ноябре. Я боюсь. Я сделаю со своей стороны все возможное, чтобы помочь всем, кто прибыл из Саратова.

И я очень рад и счастлив знать, что в мире есть человек, которому я могу охотно рассказать все и кто поймет это, как я хочу.

Начинается петроградский период бытия, и в самых тяжелых условиях. Мне больно за множество нас, и в то же время есть дерзость попытаться наладить работу. Отдел — пока мертвое или почти мертвое учреждение. Вдунуть душу живую, осмыслить его жизнь, которая могла бы быть такой нужной, интересной — полной науки — ради этого стоит отдать несколько лет жизни.

Мне не жалко жизни. Хотя и говорят, что мы относимся к категории людей счастья, как-то давно уже готов каждую минуту отдать эту жизнь, по крайней мере за то, что любишь.

Милая Леночка, Я так хочу видеть тебя, быть с тобой, сотни раз сказать, как ты дорога для меня. Через 2-3 дня я пошлю тебе телеграмму. Я не тороплюсь, поскольку хочу все немного устроить. Мы прибыли так поздно.

Будь здорова, дорогая, помни, что для меня важно все, что происходит с тобой. Я должен сказать тебе так много о всех моих сомнениях, всех надеждах. Твоя любовь делает меня сильным. Я хочу, чтобы ты была радостной, здоровой, хочу быть с тобой.

Твой Н.

© Публикацию подготовили **М.А.Вишнякова** и **Ю.Н.Вавилов**

Основные источники, в которых ранее были опубликованы другие письма Н.И.Вавилова к Е.И.Барулиной

1. Бальдыш Г.М., Панизовская Г.И. Николай Вавилов в Петербурге—Петрограде—Ленинграде. Л., 1987.
2. Вавилов Н.И. Письма Е.И.Барулиной // Наука и жизнь. 1969. №9.
3. Вавилов Ю.Н. В долгом поиске. Книга о братьях Николае и Сергее Вавиловых. М., 2004.
4. Вавилов Ю.Н. В долгом поиске. Книга о братьях Николае и Сергее Вавиловых. (Издание второе, дополненное и переработанное). М., 2008.
5. Вишнякова М.А. «Милая и прекрасная Леночка...». Елена Барулина — жена и соратница Николая Вавилова. СПб., 2007.
6. Н.И.Вавилов. Документы. Фотографии / Сост. Н.Я.Московиченко, Ю.А.Пятницкий, Г.А.Савина. СПб., 1995.
7. Поповский М.А. Надо спешить! М., 1968.
8. Резник С. Николай Вавилов. (Серия «Жизнь замечательных людей»). М., 1968.
9. Сеятели и хранители. М., 1992. Кн.2. С.429—430.

Научные сообщения Нефтяное загрязнение на Керченском полуострове

И.Д.Кудрик,

кандидат геолого-минералогических наук

Керченский государственный морской технологический университет

Экологическая катастрофа на берегах Керченского пролива в 2007 г., когда в море попало около 4 тыс. т углеводородов [1], усугубила проблему нефтяного загрязнения на берегах Керченского п-ова.

В юго-восточной части полуострова, в 27 км от Керчи и 1.5 км от пос.Костырино, на берегу оз.Тобечик, расположено месторождение нефти площадью 2.5×1.2 км, именуемое Приозерным. И озеро, и месторождение приурочены к зоне грязевого вулканизма, характерной для Керченско-Таманского региона [2]. Некогда отчлененное от моря, озеро глубиной 40—50 см отделено от него песчаной пересыпью шириной 0.1—0.5 км. Дно водоема неправильной формы покрывают черные илы с большим количеством вулканической грязи, пропитанной нефтью, насыщенной сероводородом и метаном. До недавнего времени грязи Тобечикского озера, по своему составу близкие к грязям Мацесты, использовались в лечебных целях.

Месторождение нефти залегает в отложениях среднего миоцена (12—10 млн лет) в зоне активной грязевулканической деятельности. Здесь отмечены все виды грязевых вулканов: действующие, потухшие, погребенные, подводные и нефтевыделяющие, выполняющие роль бесплатных природных разведочных скважин и дающие информацию о потенциальной нефтегазоносности региона [3, 4].

Добыча нефти в местах ее естественных выходов на поверхность на Керченском п-ове производилась в течение по крайней мере последних 4 тыс. лет, а промышленный отбор ее из колодцев начался в 1838 г. За период с 1864 по 2000 г. здесь были пробурены 61 разведочная и эксплуатационная скважина (работы производились американскими, французскими, российскими и украинскими фирмами). Первая скважина на Приозерном была пробурена в 1886 г. французской компанией, которая впоследствии ввела в строй еще 20 скважин с дебитом до 33 т/сут [4].

Месторождение располагается в караганском и чокракском горизонтах, залегающих на глубине от 404 до 900 м. Незначительные притоки нефти поступают из сарматских отложений. Коллекторы — прослойки песчаников, алевролитов, известняков, залегающих среди глинистых образований. Первоначальный дебит некоторых скважин в среднем составлял 8—15 т/сут, а затем он уменьшался до 0.2 т/сут. Вместе с нефтью выделялся газ, содержащий от 55 до 88% метана и высших углеводородов. Средняя эффективная мощность пористых прослоек 7 м при общей мощности горизонта 91 м. Запасы нефти оценены в 206 тыс. т, количество растворенного в нефти газа — в 8.6 тыс. м³.

В связи с незначительной производительностью скважин добыча нефти оказалась нерентабельной и в настоящее время прервана. Большинство сква-

жин затампонированы. В постперестроечные 1990-е годы жизненный уровень населения на полуострове резко снизился. Местные жители стали использовать старые скважины для добычи нефти и газа, отапливая жилища и заправляя трактора. Подобная эксплуатация ведется без всяких правил.

Кроме того, имеются признаки активизации вулканической деятельности в данном районе. В результате появились блюдцеобразные понижения, заполненные глинами, насыщенными нефтью. Отстаиваясь, нефть стекает в оз.Тобечик и далее в море. Тем самым загрязняются не только почвы, воды и донные отложения озера, но и прилегающая акватория. В центральной части этих понижений отмечены интенсивные выделения газов, основной компонент которых — метан (до 90—95%); в небольших количествах содержатся тяжелые углеводороды, CO₂, N₂ и инертные газы (гелий, аргон).

В настоящее время из 61 скважины, законсервированных в XIX в., 19 вскрыты и загрязняют окружающую среду минеральными пластовыми водами, разливами и просачиванием нефти на поверхность. Отмечены также выбросы газов в атмосферу. Общая площадь загрязнения нефтепродуктами с минеральными пластовыми водами в районе Приозерного месторождения составляет 4445 м² [5]. Нами обнаружено три проявления загрязнения за счет грязевого вулканизма суммарной площадью от 30 до 60 м².

В 2005—2006 гг. для определения содержания нефтепродуктов были отобраны пробы грунта, анализ которых показал, что за счет естественной трансформации нефти в почве в исследуемом районе идет интенсивное загрязнение окружающей среды нефтепродуктами, высокоминерализованными пластовыми водами и газовыми эманациями.

Содержание твердых метановых углеводородов (парафинов) в нефтяных разливах в почвах незначительное, они не токсичны для живых организмов и в условиях земной поверхности переходят в твердое состояние, лишая нефть подвижности. Тем не менее твердый парафин может надолго «запечатать» все поры почвенного покрова, лишив почву возможности свободного влагообмена и дыхания. Это приводит к полной деградации почвенного биоценоза [6].

Важнейшие составляющие нефти — алканы ассимилируются многими микроорганизмами (дрожжами, грибами, бактериями). Количество легких нефтепродуктов типа дизельного топлива при первоначальной концентрации в почве 0.5% за 1.5 мес уменьшается на 10—80% от исходного в зависимости от содержания летучих углеводородов. Более полная деградация происходит при pH 7.4 (64.3—90%), в кислой среде (pH 4.5) — лишь до 18.8%. Ароматические углеводороды — наиболее токсичные компоненты нефти. При концентрации в воде всего 1% они убивают все водные растения. Нефть, содержащая от 30 до 40% ароматических углеводородов, значительно угнетает рост высших растений.

Моноядерные углеводороды — бензол и его гомологи — оказывают более быстрое токсическое воздействие на организмы, чем полиароматические углеводороды (ПАУ), медленнее проникающие через мембраны клеток. Однако они действуют более длительное время. Быст-



Отверстие в обсадной трубе скважины, из которого выделяется нефть. Рядом вырыт котлован и ведется несанкционированная добыча для нужд населения. Когда накопитель переполняется, нефть по отводной канаве сбрасывается в оз.Тобечик.

рее всего снижается содержание малоколичественных углеводородов: нафталинов, бензфлуоренов, фенантронов, медленнее — пиренов и 3,4-бенз-(а)-пиренов. Таким образом, в составе измельченных ПАУ преобладающее соединение — пирены, 3,4-бенз-(а)-пирены присутствуют в заметных количествах и только на уровне следов обнаруживаются нафталины и фе-

нантроны. Содержание и относительное распределение ПАУ в экстрактах из загрязненных почв может служить показателем деградации в них нефти и нефтепродуктов [7].

Вредное экологическое влияние на почвы оказывают также смолисто-асфальтеновые компоненты, значительно изменяя их водно-физические свойства. Если нефть просачивается свер-



Отмирание растительности вдоль отводной канавы.



Нефтяные лужи, образующиеся в блюдцеобразных понижениях рельефа, заполненных грязевулканическими глинами, в результате просачивания нефти.

ху, эти компоненты в основном сорбируются в верхнем, гумусовом горизонте, иногда прочно цементируя его. При этом уменьшается поровое пространство почв. Будучи гидрофобными, смолисто-асфальтеновые компоненты обволакивают корни и резко ухудшают поступление к ним влаги, в результате чего растения погибают. Эти вещества малодоступны микроорганизмам, процесс их метаболизма протекает очень медленно, иногда десятки лет. В результате они накапливаются в почвах.

Нефть и нефтепродукты угнетают жизнедеятельность актиномицетов, азотфиксирующих и других бактерий, обитающих в почве. В результате в загрязненных почвах снижается активность большинства почвенных ферментов. Подавлены целлюлозолитическая, нитрификационная и каталитическая активности почвы. Снижение содержания азота и фосфора, исчезновение нитратов — все это сказывается на питательной ценности почв. Загрязнение нефтью усиливает ак-



Активное выделение метана с выбросами белой глины в зоне Приозерного месторождения нефти.

тивность денитрификаторов, а также углеводородокисляющих микробов. По токсическому действию на почвенную микрофлору углеводороды нефти составляют следующий ряд: ароматические > нафты > парафины > сырая нефть.

При проведении маршрутных исследований загрязненных нефтью участков были обнаружены растения, устойчивые к нефтяному загрязнению. Это сорняки: звездчатка средняя, или мокрица, которая растет среди пропашных и огородных культур, по сырым местам, в лесах, садах и парках, образуя заросли; пырей ползучий — многолетнее длиннокорневичное сенокосное и пастбищное растение, высокоустойчивое к неблагоприятным факторам внешней среды (к засухе, морозам, засолению и др.); куриное просо, или ежовник обыкновенный, обычно растущий у дорог, в канавах, во влажных местах, на полях.

При посеве семян этих растений в загрязненных нефтью почвах всходы пырея появились на третий, звездчатки — на четвертый и куриного проса — на пятый день. Лабораторные и полевые опыты показали, что фитотоксичность почвы находится в прямой зависимости от интенсивности и длительности загрязнения. При 20%-м загрязнении почвы семена вообще не прорастали. Степень подавления роста и развития растений пропорциональна дозе нефти. Так, нефтяное загрязнение оказало отрицательное влияние на прорастание пырея сразу после высева семян в грунт. Это объясняется токсичностью самой нефти и приобретением почвой гидрофобных свойств. Аналогичная картина наблюдается и у семян звездчатки и куриного проса.

Загрязнение нефтью оказало также влияние на формирование второго листа у растений. Если в контрольном варианте появления его у пырея начиналось на четвертый день

после появления всходов, а у звездчатки и куриного проса — на пятый, то при загрязнении почвы нефтью (0.5—6%) появление второго листа задерживалось на три—шесть дней, а при 8%-м уровне загрязнения второй лист, как правило, вообще не формировался. Появление третьего листа отмечалось только в контроле. Снижалось и количество пар листьев.

При изучении влияния нефтяного загрязнения почв на листовую поверхность выявлено, что даже низкие дозы нефти (0.5—2%) угнетали ее формирование у звездчатки, пырея, куриного проса, что связано со снижением как длины, так и ширины листа.

Что касается влияния нефтяного загрязнения на развитие корневой системы, то при 0.5%-м загрязнении почвы отмечалось стимулирующее действие на рост первичного корня пырея, а при дальнейшем увеличении уровня загрязнения длина его уменьшалась. Низкие дозы нефти (0.5—4%) стимулировали образование корней этого растения, их количество увели-



Активные выходы нефти на поверхность в зонах грязевого вулканизма.

чивалось по сравнению с контролем. При высоких же дозах (6—25%), наоборот, количество корней у пырея уменьшалось. При этом уменьшалась и их общая длина.

Совершенно иная картина наблюдалась у звездчатки. Нефть оказала особенно сильное влияние на общую длину корней, которая даже при 1%-м загрязнении составляла только

2/3 от длины в контрольном варианте. При 8%-м уровне загрязнения общая их длина оказалась в два раза меньше, чем у растений, выросших на незагрязненной почве. Аналогичная закономерность наблюдалась и для куриного проса. Опытные растения в большинстве вариантов отличались тем, что у них задерживалось формирование листьев, генеративных органов.



Полоса постоянного цветения воды за счет поступления нефти и подземных вод, обогащенных нефтью.



Нефтяное загрязнение поверхности.

Под влиянием нефти в два раза снизилось содержание белка в сухой массе сена пырея. В зеленой массе звездчатки, пырея, куриного проса обнаружилось содержание 3.4-бенз(а)пирена, значительно (в 10–15 раз) превышающее фоновые значения ПДК, что исключает возможность использования этих растений в качестве кормовой культуры. Однако, учитывая способность к образованию дерновины, пырей можно рекомендовать для засева загрязненных нефтью почв с целью восстановления плодородия.

* * *

Нефть повреждает только те части растений, которые покрыты мазутом. Отмирание многолетников происходит после загрязнения корневищ, от которых они ежегодно возобновляются. Сохранение живого надпочвенного покрова

определяется глубиной проникновения нефти и глубиной размещения в почве органов вегетативного размножения растений. Деградация фитоценозов происходит от прямого воздействия нефти на подземные органы растений и от косвенного ее влияния на почвенные условия: увеличение гидрофобности, усугубление анаэробных условий в почвах.

Отрицательный эффект усиливается тем, что нефтяному загрязнению сопутствует солевое из-за насыщенности нефти минерализованными водами. При обваловке разливов нефти рекультивируемые участки оказываются еще и переувлажненными, а это ведет к засолению почвы и ее деградации, ухудшению агрофизических свойств, увеличению гидрофобности и уменьшению воздухообмена в почве. Все это оказывает отрицательное влияние на всхожесть

семян и восстановление растительного покрова. На покрытых мазутом почвах замедляется рост растений. На изученной территории более 90% разливов требуют рекультивации, направленной на снижение в почве остаточных нефтепродуктов и создание субстрата, пригодного для прорастания семян, укоренения и выживания всходов древесных и травянистых растений. Возможно повышенное содержание канцерогенных веществ в почве и растительности на данной территории.

При сохранении бесконтрольной эксплуатации расконсервированных скважин Приозерного месторождения местным населением следует ожидать дальнейшего ухудшения экологической ситуации в юго-восточной части Керченского п-ова. В этой связи необходимо: провести фоновый мониторинг близлежащих районов и районов локального воздействия проявления углеводородов, газа и пластовых вод; использовать современные методы сепарационной очистки пластовых вод и нефти не только из необорудованных скважин, но и из различного рода трещин, понижений в рельефе для последующего сбрасывания их в водную среду; возможно строить изолированные отстойники с последующим захоронением отходов.

Несмотря на небольшие запасы и качество тяжелой нефти на Приозерном месторождении, необходимо возобновить ее добычу для использования в хозяйственных целях и уменьшения экологической нагрузки на окружающую среду. ■

Литература

1. Фацук Д.Я. // Извест. (Сер. Географическая). 2009. №1. С.105–117.
2. Геология СССР. Крым. Геологическое описание. М., 1969. Т.8. Ч.1.
3. Алиев Ад.А. // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. 2006. №3. С.35–51.
4. Шнюков Е.Н. и др. Грязевые вулканы Керченско-Таманской области: Атлас. Киев, 1986.
5. Дашевский А.М. Результаты геолого-разведочных работ на Керченском полуострове и перспективы нефтегазоносности. Киев, 1959.
6. Етеревская Л.В., Яранцева Л.Д. О влиянии на растения загрязнений почвы при бурении и разведке на нефть и газ // Растения и промышленная среда. Киев, 1976. С.73–75.
7. Кудрик И.Д. // Черноморский вестник. 2007. №3. С.42–56.

Улар — птица высокогорная

В.И.Булавинцев,
кандидат биологических наук
Москва

Не знаю, как других, а меня горы не отпускают. Как попал впервые на Кавказ лет в шестнадцать, так и по сей день, много лет спустя, тянет туда, стоит лишь весне обозначиться. Вот такая «горная болезнь». Поэтому и отправился прошедшим маем снова на Кавказ.

Дорога из Москвы заняла пять дней. Полтора дня поездом, потом на двух автобусах, и три дня на оформление пропуска в погранзону. В конце концов до кордона Кабардино-Балкарского высокогорного заповедника добрался. Но это только промежуточная база. От нее еще до альпийского лагеря Безенги километров десять вверх по долине Черка-Хуламского (Безенгийского). Если на попутке, то полчаса, пешком — часа четыре.

Как-то пусто в этот приезд в горах оказалось, около кордона птиц мало, снимать нечего. Но вскоре случилась оказия, и попал-таки на попутной машине в альплагерь. Здесь непривычно тихо и пусто. Сезон у альпинистов только недели через две начнется, не раньше. Кругом горы сиренево-сизыми хребтами громоздятся. Вдали, замыкая долину Черка, Безенгийская стена ослепительной белизной ледников сияет. Тихо и сонно вокруг. По утренней прохладе идти в горы легче. Солнце еще не распалилось донельзя. Накануне вечером, сразу после прибытия в альплагерь, пытался уйти в горы и подняться к уларам — к ним-то я и ехал из Москвы, — но неудачно. На полпути нагнал меня вечерний туман, пришедший снизу, из долины. Все в белесую мглу погрузи-



Приют альпинистов.

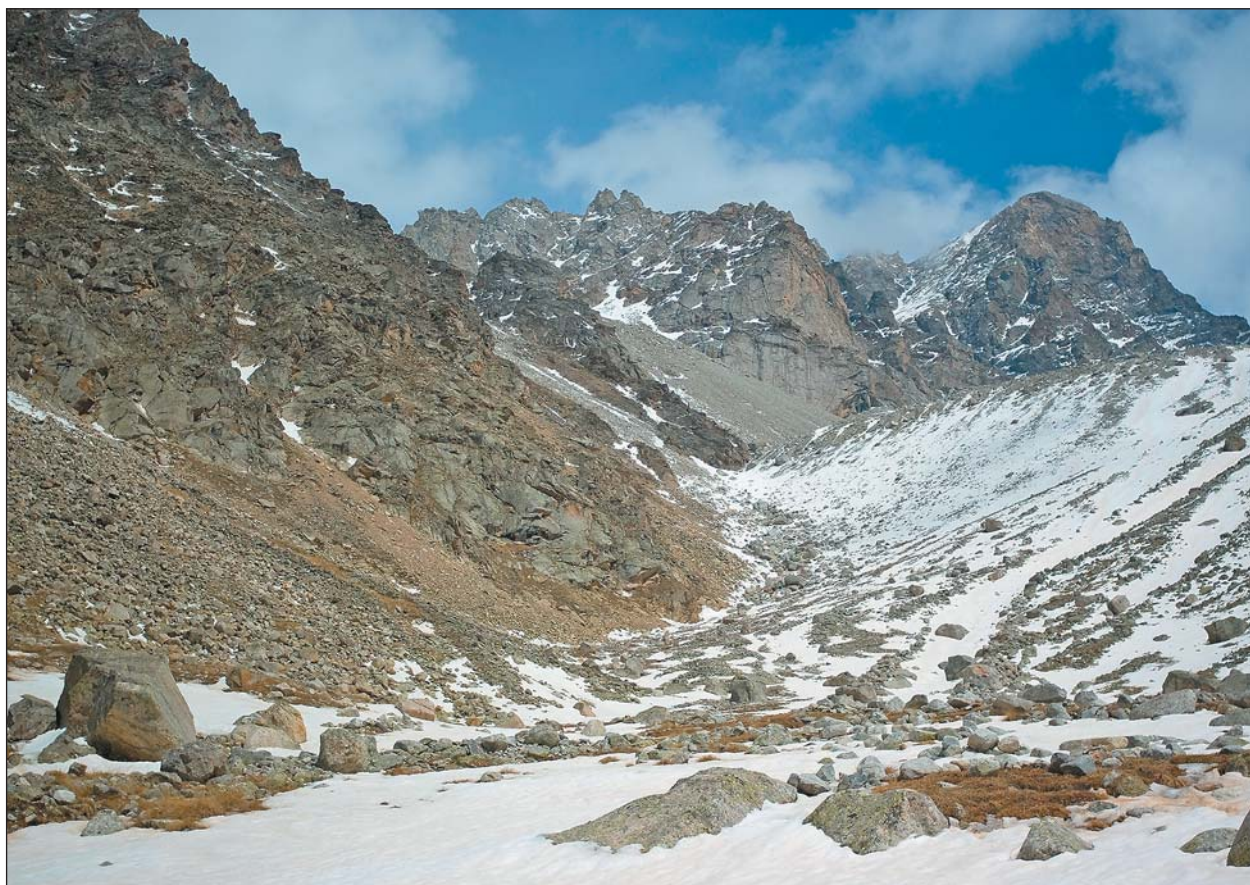
Здесь и далее фото автора

лось. Пришлось вернуться на ночевку в альплагерь. Здесь, в верховьях Черка, к вечеру обычно все туманом заволакивает. Однако к полуночи он уходит, и высыпают на небе будто бы раскаленные добела южные звезды.

Идти вверх по долине бокового ущелья часа полтора. Три речки сзади остались. В середине мая они еще не полноводные, по камням не замочив ног перейти можно. Затяжной подъем на морену — и показалось подножье горного склона, круто уходящего вверх. Отсюда нужно подняться каменисто-щербнистой кручей на шестьсот метров. Там, вверху, зажатое с двух сторон горными хребтами, лежит высокогорное плато ледника

Укю с приютом альпинистов — избушкой, сложенной из камней, холодной и неприветливой, как дикие скалы вокруг. Все торжественно и грозно. На душе после выматывающего подъема беспокойно, одолевает необъяснимая тревога.

Суровы и неприветливы горы, промозглость каменной избушки высасывает тепло тела. К вечеру, после четырех часов, снизу поднялся туман. Одиночество и тишина, нарушаемая только шелестом дождя. Не сидится на месте, хочется двигаться, но куда? Вниз, в туман, где шестьсот метров крутого свала в долину? Так и при свете дня с тяжелым рюкзаком по неосторожности голову сломать можно. Вверх крутыми ступенями



Обитель уларов.

уходят одна за другой морены ледника Укю, покрытые саваном еще не стаявшего снега. По сторонам угрюмые скалы, вершины их теряются в серой мгле вечерних сумерек. Деваться некуда, нужно терпеть до утра.

К полуночи туман поредел, дождь кончился, показались окна звездного неба, а потом и во все вывездило. Предрассветная полутьма гасит серебро небосвода. Четче выступают громады горных хребтов. Еще немного, и рассвет. Уже розовеют убеленные снегами вершины. С соседних скальных массивов пролилась первая, пока робкая, протяжная флейта улара. За ней еще одна, другая, третья. Крики льются со всех сторон. Такими флейтовыми перебивками устраивают улары переключку в предрассветных сумерках. Самих птиц не видно, утренний полумрак надежно скрывает их. Уларов

и днем-то в скалах разглядеть трудно — охристо-сизое перо сливается с серыми скалами.

С рассветом улары слетают вниз — на луговины горных склонов. Ближе к птицам не подобраться. На крутом открытом склоне не спрятаться. Остается надеяться на удачу. Спускаться легче, чем подниматься, но тоже непросто. Откуда-то снизу, с полгоры, кричит улар. Теперь у птиц пора любви, они уже разбились на пары, самцы часто поют. Пройдет немного времени, самки сядут на гнезда, и кавалеры покинут их, оставив своим избранницам все заботы о будущем потомстве. Но сейчас птицы еще вместе.

Вот они — поднимаются по заснеженному склону. Впереди самка, она помельче, самец вышагивает сзади, часто останавливается, вытягивается во фронт, закидывает голову и по-

ет. Лежа за обломком скалы, снимаю кадр за кадром, очередью. Далековато, метров сто пятьдесят до птиц, если не больше, но и на том спасибо. Могло и такой возможности не быть. Дни нудной дороги, мытарства полевой жизни, выматывающий подъем в горы — все позади. Десять минут общения с редкими птицами — в награду. Неудобства и тяготы канут без следа, а радость свидания с нетронутой природой высокогорья останется в памяти светлой страницей.

Бежит время, придет следующая весна. Возможно, удастся вернуться в горы, и, кто знает, может, случится еще одна встреча с редкими птицами Кавказа. К ним у меня особый и давний интерес.

В числе птиц мира известно пять видов уларов, все они исключительно высокогорные жи-



Пешком на гребни скал.



Песня любви.



Брачная пара.

тели. Это алтайский (*Tetraogallus altaicus*), тибетский (*T.tibetanus*), гималайский (*T.bimalayensis*), каспийский (*T.caspius*) и эндемик Кавказа — кавказский улар (*T.caucasicus*). (Три вида — каспийский улар, тибетский и алтайский — были внесены в «Красную книгу СССР».) Лето этот улар проводит высоко в горах, зимой спускается (часто вместе с турами) почти до верхней границы леса, ~2,5 тыс. м над ур.м. С приходом весны птицы возвращаются в альпийскую зону, к хребтам и скальным массивам, к самым ледникам.

Улары птицы грузные, самцы в два и более килограмма весом и размером с бройлерную курицу. Активный полет ими практически утерян, зато способности к планированию великолепны. С рассветом срываются птицы со скальных уступов, где обычно ночуют и отдыхают днем, и планируют вниз, на горные луговины. Там кормятся проростками, почками и семенами трав, соблюдая вегетарианскую диету. К слову сказать, крупных беспозвоночных на высокогорных лу-

гах так мало, что массивным уларам при всем желании ими не прокормиться.

Собирая корм, улары постепенно поднимаются по высокогорным кручам к местам дневного отдыха, к самым хребтам. К вечеру снова слетают вниз, на зелень альпийских лугов, оттуда — вверх, на ночевку. Вот и выходит, что они ежедневно дважды совершают восхождение, преодолевая по меньшей мере полукilометровый перепад высоты.

Не знаю, как в других местах, а на Кавказе улары почитаются у горцев как птицы особые. Считается, что отведавший крови или мяса улара обретает необыкновенные качества души и тела и становится особенно стойким к болезням. Более того, свойства эти, по убеждению горцев, передаются по наследству детям и внукам. С давних пор и до начала 20-го столетия в высокогорной Балкарии и соседней с ней Сванетии существовал обычай обмениваться малолетними детьми. Приемные малыши вырастали на чужбине,

усваивали язык и быт соседей. Через ребят, вернувшихся повзрослевшими домой, поддерживалась связь между племенами горцев северного и южного склонов Главного Кавказского хребта.

В высокогорной Балкарии слышал я легенду, связанную с уларями. Случилось так, что заболел знатный князь, глава рода сванов. Для лечения требовалось добыть улара. У сванов эти птицы в ту пору оказались большой редкостью. И тогда был убит мальчик балкарец, воспитанник сванов, дед которого когда-то пил священную кровь улара. Князя вылечили кровью мальчика. Страшная весть о свершенном злодеянии дошла до балкарцев, они собрали воинов и совершили возмездие за содеянное зло. Князя убили. С той поры племена балкарцев и сванов долго враждовали. Что в этой легенде правда, а что выдумка, не берусь судить, но вот необыкновенно уважительное, почти священное отношение горцев к уларям — чистая правда. ■

Новости науки

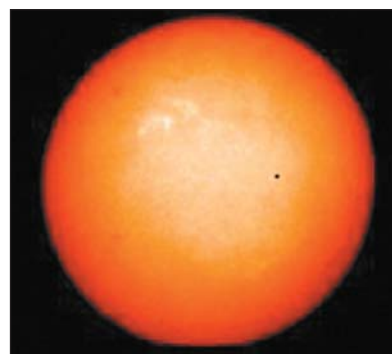
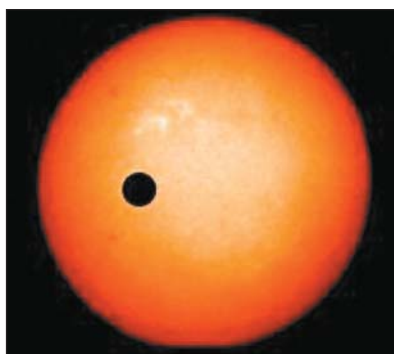
Космические исследования

Телескоп «Кеплер»: первые результаты космической миссии

За последние годы открыто более 360 экзопланет трех типов¹: горячие газовые гиганты, горячие супер-Земли (планеты массой лишь в несколько раз больше земной), которые имеют короткий период орбитального вращения, и ледяные гиганты. Однако все эти внесолнечные планеты были обнаружены благодаря наземным исследованиям. И вот 6 марта 2009 г. спутник с телескопом «Кеплер» на борту выведен в космос.

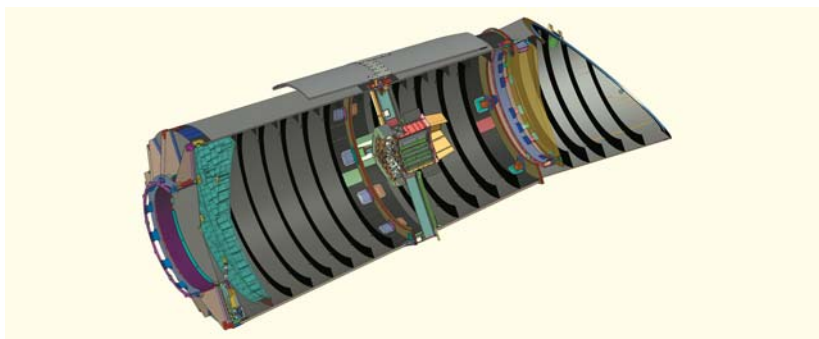
Основная задача миссии «Кеплер»² заключается в поиске планет земной группы (т.е. имеющих размеры от половины до двух радиусов Земли). Кроме того, «Кеплеру» предстоит: выяснить возможность существования экзопланет в кратных звездных системах; определить диапазон размеров их орбит и отражательных способностей; попытаться найти вторые и третьи планеты в уже известных планетных системах; уточнить параметры звезд, у которых такие системы обнаружены. Результаты исследований позволят понять, какое место Солнечная система занимает в семействе планетных систем Галактики.

Поиск будет осуществляться методом затмений — путем наблюдения момента, когда планета пересекает диск своей звезды. Прохождение планеты земного

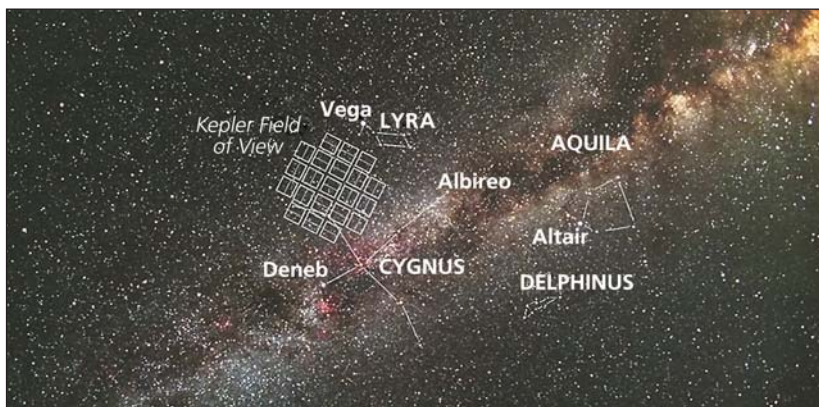


Солнце в лучах H- α . Слева — прохождение Юпитера по диску Солнца для внешнего наблюдателя, справа — прохождение маленькой Земли.

Здесь и далее фото NASA



Фотометр телескопа «Кеплер».



Ближайшие к Солнцу окрестности нашей Галактики. Телескоп «Кеплер» будет постоянно направлен в район созвездий Лебедь и Лиры (один квадратик показывает область на небе, которую покрывает каждый из 42 CCD-элементов фотометра телескопа).

¹ См. в «Природе» статьи Д.З.Вибге: Каталог экзопланет пополняется (2000. №11. С.84—85); Самая маленькая экзопланета (2005. №1. С.83—84); Впервые сделан снимок экзопланеты? (2006. №2. С.81—82), а также <http://exoplanet.eu/>
² <http://kepler.nasa.gov/>

типа по диску вызывает очень небольшие изменения в яркости светила — примерно 0.01%. При этом продолжительность события составляет от 2 до 16 ч. Изменение блеска должно быть строго периодическим, т.е. повторяться на каждом обороте экзопланеты. Кроме того, все прохождения одной и той же планеты должны вызывать одинаковые изменения яркости и быть равной продолжительности.

В программу наблюдений телескопа «Кеплер» включено около 100 тыс. звезд 9–16-й звездной величины из созвездий Лебеда и Лиры. Используется телескоп с 0.95-метровой апертурой и очень большим полем зрения — 105 квадратных градусов. Большое поле зрения необходимо, чтобы одновременно наблюдать много звезд, а большой диаметр телескопа — для повышения чувствительности, чтобы можно было измерять даже очень незначительные изменения в яркости звезд, соответствующие небольшим планетам.

В фокусе телескопа расположена мозаика из 42 ПЗС-приемников общим размером в 95 мегапикселей и полосой пропускания 430–890 нм. Миссия рассчитана на 3.5 года, однако при необходимости может быть продлена до шести лет (например, если окажется, что существуют планеты с большими орбитальными периодами или если из-за большой переменности звезд на коротком интервале сложно выделить сигнал, подтверждающий существование планеты). В течение первого года наблюдений есть надежда найти планеты, подобные Меркурию, с периодами в несколько месяцев. Обнаружение планет земного типа на расстоянии 1 а.е. от звезды потребует практически полного срока миссии.

Первые наблюдения телескоп «Кеплер» провел в августе 2009 г. Кривые блеска оказались беспрецедентного качества. В частности, с их помощью удалось обнаружить атмосферу у планеты HAT-P-7b, открытой ранее методом затмений у звезды, расположенной на расстоянии около 1000 св. лет от Зем-

ли. Планета делает оборот вокруг своей звезды всего за 2.2 сут и находится в 26 раз ближе к ней, чем Земля к Солнцу.

По новым данным удалось измерить плавный рост и падение яркости системы в промежутки между затмениями, происходящими в связи с изменением фазы планеты¹. Удалось обнаружить даже вторичный минимум, наблюдающийся во время прохождения планеты за звездой. Глубина затмения, форма и амплитуда кривой блеска указывают, что у планеты есть атмосфера с дневной температурой около 2000 К. Наблюдаемые вариации яркости всего лишь в полтора раза больше, чем ожидаемые величины для транзита, вызванного прохождением планеты земного типа по диску звезды.

© Ашимбаева Н.Т.,
кандидат физико-математических наук
Москва

Планетология

О происхождении астероидов Главного пояса

Сейчас наша Солнечная система кажется оплотом стабильности — в ней любые крупные изменения происходят на протяжении миллионов и даже сотен миллионов лет. Однако так было не всегда. Планетологи не исключают, что иногда в архитектонике Солнечной системы могли происходить стремительные перестроения. В частности, высказано предположение, что примерно 3.9 млрд лет назад сильно изменилось расположение всех четырех гигантских планет — Юпитера, Сатурна, Урана и Нептуна, выразившееся в их удалении от Солнца. Естественно, столь глобальная «рокировка» не могла не сказаться на остальных телах Солнечной системы.

Главным основанием для гипотезы о перестроении стали образцы лунных пород, доставленные на Землю американскими астронавтами. Они свидетельствуют, что

именно в это время (3.8–3.9 млрд лет назад) происходила активнейшая метеоритная бомбардировка Луны.

Х.Левисон и его коллеги из Юго-Западного исследовательского института (США) считают, что причиной бомбардировки стали кометные тела, которые когда-то населяли периферию молодой Солнечной системы, а затем в процессе ее перестроения были сорваны с орбит и вброшены в область внутренних планет². Эти тела называют иногда первичными или «примитивными», поскольку они могут представлять собой остатки вещества, из которого сформировалась наша планетная система. Численное исследование, проведенное авторами работы, указывает, что в процессе рассеяния транснептуновых комет по Солнечной системе в период ее перестройки часть комет не выпала на внутренние планеты, а нашла себе последнее пристанище в Главном поясе астероидов — между теперешними орбитами Марса и Юпитера.

Это предположение объясняет, почему в Главном поясе астероидов наблюдается такое разнообразие свойств объектов — от ледяных глыб во внешнем поясе до магматических пород — во внутреннем. Стандартное объяснение состоит в том, что все астероиды образовались в Главном поясе, но потом претерпели различные, иногда очень сильные, химические изменения. Новая модель, согласно которой в Главном поясе собраны пришельцы, ранее населявшие более далекие области Солнечной системы, избавляет планетологов от необходимости искать причины таких изменений. Отметим, что расчет Левисона и его коллег естественным образом объясняет не только позднюю бомбардировку Луны и других внутренних тел Солнечной системы, разнообразие свойств астероидов Главного пояса, но также заселение астероидами резонансных областей на орбите Юпитера — так называемых «Троянцев».

¹ Science. 2009. V.325. №5941. P.709.

² Levison H. // Nature. 2009. V.460. P.364.

Последующие столкновения бывших транснептуновых тел между собой и с исходными астероидами Главного пояса приводили к их дроблению, и часть обломков продолжала выпадать на Землю, Луну и другие планеты. Не исключено, что этот процесс длится и по сей день. Непрочные примитивные тела с периферии Солнечной системы более подвержены разрушению при столкновениях. Вот почему в микрометеоритах, выпадающих на Землю, преобладают частицы с так называемым «первичным» составом.

© **Вибе Д.З.**,
доктор физико-математических наук
Москва

Физика

Изображение углеродных нанотрубок с атомным разрешением

Успехи современной электронной микроскопии позволяют наблюдать нанометровые структуры с атомным разрешением. В частности, удается определять индексы хиральности углеродных нанотрубок, связанные с ориентацией графитовой плоскости, из которой нанотрубка свернута. Поскольку хиральность нанотрубки определяет ее электронные характеристики (тип проводимости, ширину запрещенной зоны и т.п.), открываются перспективы для использования нанотрубок в качестве элементов наноэлектронных систем.

Группа китайских и японских специалистов с помощью одного из лучших современных электронных микроскопов высокого разрешения (JEOL JEM-2010F HRTEM) получила практически совершенные изображения однослойных и двухслойных нанотрубок¹. Эти объекты были выращены методом химического газофазного осаждения паров с использованием кобальтового катализатора непосредственно на медной сетке просвечивающего электронного мик-

¹ *Zhu H. et al. // J. Phys. Chem. C. 2008. V.112. P.11098.*

роскопа. Полученные изображения позволяют с хорошей точностью определить диаметр и угол ориентации графитовой плоскости нанотрубки относительно ее оси — этого достаточно для установления индексов хиральности. В частности, у одной из однослойных нанотрубок они оказались равными (20, 23). Эти данные подтверждаются результатами компьютерного моделирования изображения нанотрубки. Для конкретной двухслойной нанотрубки были установлены индексы хиральности (32, 23) и (36, 32). Важная особенность полученных изображений — наличие структурных дефектов, которые непосредственно наблюдались впервые.

Если наблюдение тяжелых атомов с помощью просвечивающего электронного микроскопа стало уже рутинным занятием, то легкие атомы и молекулы видеть напрямую пока никому не удавалось, поскольку по мере уменьшения массы атома снижается контраст. Всякий изображаемый объект находится на определенной поверхности, относительный вклад которой в формирование изображения тем больше, чем меньше масса объекта. По этой причине проблема прямого наблюдения легких атомов и молекул до сих пор представляет серьезный вызов для экспериментаторов. Недавно исследователи из Университета штата Калифорния в Беркли (США) достигли определенного прогресса — получили изображения атомов углерода и водорода, сорбированных на поверхности слоя графена. Преимущества такого подхода связаны как с малой толщиной графенового слоя, которая имеет атомные масштабы, так и с его регулярной структурой, изображение которой имеет правильный характер и может быть легко вычтено из суммарной картины. Кроме того, графен обладает хорошей электропроводностью, что позволяет избежать вредной зарядки мишени под действием электронного пучка микроскопа.

<http://perst.issp.ras.ru> (2008. Т.15. Вып.20).

Физика

Сила алмаза — в дефектах

Явление ядерного магнитного резонанса (ЯМР), возникающего при взаимодействии спина атомного ядра с внешним магнитным полем, успешно используется для анализа структуры самых разных объектов — от молекул (ЯМР-спектроскопия) до человеческого тела (ЯМР-томография). Но все известные ЯМР-методики — «объемные», т.е. для них требуется огромное число (многие миллиарды) спинов в системе. А в идеале хорошо бы научиться фиксировать ЯМР-сигналы от одного отдельно взятого атома.

Недавно две группы специалистов (одна из США, другая — американско-германская) независимо друг от друга предложили использовать в качестве магнитного нанодатчика дефектный центр «азот-вакансия» в алмазе². Время сохранения таким центром спиновой когерентности для твердотельных систем очень велико — порядка 1 мс. Достигается это путем периодического переворота спина с частотой около 1 кГц (спин-эха), в результате чего внешние флуктуации усредняются. О наличии в исследуемом образце магнитного атома или молекулы можно судить по изменению интенсивности рассеяния света на дефектном центре. Чувствительность метода составляет 3 нТл, что соответствует магнитному полю единичного электрона в радиусе примерно 100 нм или полю единичного протона в радиусе около 10 нм.

Дальнейшее совершенствование методики позволит регистрировать отдельные ядерные спины, что сделает возможным детальное определение структуры белков и других биологических объектов. И все это — при комнатной температуре!

<http://perst.issp.ras.ru> (2008. Т.15. Вып.20).

² *Maze J.R. et al. // Nature. 2008. V.455. P.644—647; Balasubramanian G. et al. // Ibidem. P.648—651.*

Биофизика**Углеродные нанотрубки против бактерий**

Известно, сколь распространены в последние годы исследования различных углеродных наноматериалов, особенно нанотрубок. В связи с этим появилась необходимость выяснить, как взаимодействуют наночастицы с биологическими объектами, в том числе с бактериальными клетками, какое влияние они могут оказывать на человека.

Сотрудники физического и биологического (кафедра биофизики) факультетов Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова изучали воздействие одностенных углеродных нанотрубок (ОУНТ) на клетки генноинженерного светящегося штамма *Escherichia coli* K12 TG1. Этот штамм обычно используют в качестве биолюминесцентного сенсора для определения токсичности разных веществ.

В исследованиях оценивалось действие как очищенного, так и неочищенного (исходного) нанотрубчатого материала. К биомассе бактерий в опытные образцы добавляли водные суспензии ОУНТ, а в контрольные — стерильную дистиллированную воду. Те и другие образцы выдерживали при комнатной температуре 14 сут, пробы отбирали через 1–2 сут. Интенсивность свечения бактерий, по уровню которой и определялась токсичность ОУНТ, регистрировали на отечественном люминометре.

По существующим для бактериального биолюминесцентного теста методикам считается, что образец малотоксичен, если интенсивность свечения уменьшается по сравнению с контролем на 20%, токсичен — если она снижается на 50%, и высокотоксичен — при более чем 50%-м уменьшении интенсивности свечения.

Состояние бактериальных клеток после их контакта с ОУНТ изучалось с помощью атомно-силовой микроскопии (АСМ). Бактерии исходной суспензии были разными по размерам и морфоло-

гии, но в основном полноценными. Несмотря на разное содержание ОУНТ в суспензиях, во всех экспериментах влияние нанотрубок на клетки *E. coli* оказалось сходным: имелись области, заполненные нанотрубками, причем число и размер этих участков зависели от концентрации нанотрубчатого материала в суспензиях. Изменение морфологии клеток наблюдалось лишь в областях, покрытых значительным слоем ОУНТ. Уже на четвертый день эксперимента во всех его сериях морфологические изменения стали заметнее: клетки, подвергшиеся воздействию ОУНТ, были значительно уплощены, на их поверхности появились неровности, уменьшилась их высота. Авторы объясняют этот феномен механическим действием углеродных нанотрубок на клетки бактерий. Действие исходного и очищенного нанотрубчатого материала принципиально не различалось.

Негативное действие ОУНТ на клетки *E. coli* было зарегистрировано также и при исследовании биолюминесценции используемых в экспериментах бактерий со светящимся фенотипом. Уже через четыре дня инкубации бактерий с ОУНТ биолюминесценция клеток *E. coli* — при всех трех используемых методиках — резко снижалась, а индекс токсичности в зависимости от концентрационных соотношений изменялся от 30 до 80, и это свидетельствовало о гибели клеток.

Итак, при непосредственном контакте бактериальных клеток с одностенными углеродными нанотрубками бактерии погибают. Это дает основание полагать, что ОУНТ обладают бактерицидным действием, очевидно, механически разрушая бактериальную клеточную стенку и нарушая мембрану. Не исключено, что это свойство окажется весьма полезным в некоторых областях медицины, в пищевом, химическом и других производствах. Возможно, в частности, использование ОУНТ в качестве нелетучих антисептических компонентов в перевязочных

материалах, а также в некоторых видах упаковочных и лакокрасочных покрытий.

Вестник Московского университета. Серия 3. Физика. Астрономия. №3. С.81–84 (Россия).

Генетика**Редукция генома у миног**

Миноги, которых иногда называют живыми ископаемыми, — очень древние представители отряда круглоротых, семейства Petromyzonidae. Насчитывается семь родов и более 20 видов миног. Обитают эти животные в пресных и умеренно соленых морских водах обоих полушарий, размножаются в пресных. Икру откладывают в ямку-гнездо и после икрометания погибают. Многие виды миног — эктопаразиты крупных рыб: вгрызаясь в их тело воронковидным ртом, обрамленным кожистой бахромой, питаются кровью, выедают мышцы и внутренности.

Специалисты по эволюционной генетике часто выбирают миног, которых сравнительно просто разводить в лабораторных условиях, в качестве объекта исследования, например при изучении филогении позвоночных или эволюции белков. Однако даже такой хорошо изученный вид способен преподнести сюрпризы.

Дж.Смит (J. Smith; Университет штата Вашингтон в Сиэтле) и его коллеги попытались собрать полную последовательность ДНК генома миноги из секвенированных фрагментов¹. Для этого живые клетки эмбрионов метили с помощью метода, который позволяет выявить разрушенную ДНК. В результате обнаружилось, что все клетки эмбриона помечены как умирающие. Решив подробнее изучить, почему это происходит, исследователи выяснили, что геном сперматозоидов миноги на миллионы пар оснований длиннее генома клеток эмбриональной печени и содержит последовательности, которые отсутствуют в геноме печени.

¹ <http://scienconow.sciencemag.org> (22 June, 2009).

ДНК сперматозоидов содержит богатую множественными повторами последовательность *Germ1*; наблюдая за утратой *Germ1* в ходе развития эмбрионов, исследователи смогли проследить, как происходит реорганизация генома. Выяснилось, что яйца и сперматозоиды содержат полный геном, но вскоре после оплодотворения — примерно тогда, когда включается транскрипция, — он начинает редуцироваться. Ко второму дню число последовательностей *Germ1* существенно уменьшается, а к моменту выхода личинок эти последовательности почти полностью исчезают.

Установлено также, какие конкретно гены из ДНК сперматозоидов отсутствуют в клетках печени. Один из них, названный *spopl*, может способствовать стабилизации ДНК-белкового комплекса хроматина, но, по мнению Смита, возможно, что еще сотни других были удалены из разных участков генома.

Это противоречит принятым представлениям о том, как регулируется активность генов в онтогенезе позвоночных. Обычно позвоночные, модифицируя гены химически, подавляют их транскрипцию, но не избавляются от них полностью. Редукция генома может быть выгодна с точки зрения экономии энергии, так как делящимся клеткам нужно синтезировать меньше ДНК. Однако Смит полагает, что освобождение от генов, необходимых для постоянно делящихся клеток зародышевого пути, уменьшает риск злокачественной трансформации дифференцированных соматических клеток.

Ранее уже было известно, что другие организмы, в основном мелкие беспозвоночные, такие как копеподы, тоже осуществляют редукцию генома. По-настоящему серьезным прорывом стало бы установление молекулярных механизмов, регулирующих этот процесс. Обнаружение его у миног — животных, которых достаточно просто изучать, может приблизить эту цель.

© Чудов С.В.
Москва

Палеоантропология

Ранние антропоиды были родом из Азии?

Исследователи давно искали следы самых ранних антропоидов — высших приматов, от которых произошли мартышкообразные обезьяны, человекообразные обезьяны и люди. До недавнего времени прародиной антропоидов считалась Африка: древнейшие и общепризнанные виды этой группы еще 37 млн лет назад обитали в Фаюмской провинции Египта. Однако новейшие находки указывают на их азиатское происхождение.

Находки в Азии позволяют предположить, что первыми антропоидами были либо *Eosimias* — род мелких приматов, живших 45–4 млн лет назад, либо представители более поздней группы, называемой амфипитеками (*Amphipithecus*). Затем на территории Германии в битумных сланцах был обнаружен отлично сохранившийся почти полный скелет раннего примата, находке дали имя Ида. Некоторые палеонтологи предположили в связи с этим, что существовала еще и третья группа, которая могла стать родоначальницей антропоидов, но уже европейского происхождения. Однако мало кто из специалистов по филогении приматов с ними согласился.

Последняя находка вновь склонила чашу весов в пользу азиатского происхождения антропоидов. В 2005 г. К.Бёрд (С. Beard; Музей естественной истории им. Карнеги в Питтсбурге, США) обнаружил в Бирме фрагмент челюсти, которая принадлежала амфипитеку, жившему 37 млн лет назад. Бёрд и французский палеонтолог Ж.-Ж.Жаге (J.-J. Jaeger; Университет г. Пуатье) назвали его *Ganlea megacanina*. Отличительная особенность найденной челюсти — огромные клыки, которыми это животное раскалывало твердую скорлупу тропических орехов (об этом свидетельствуют следы износа на поверхности клыков). Такую пищевую специа-

лизацию находят и у белозубых саки — современных обезьян из бассейна Амазонки.

Обезьяноподобное поведение, а также анатомические особенности других ископаемых азиатских амфипитеков подтверждают, по мнению Бёрда, гипотезу, что именно они были самыми ранними антропоидами, а значит, родиной антропоидов была Азия.

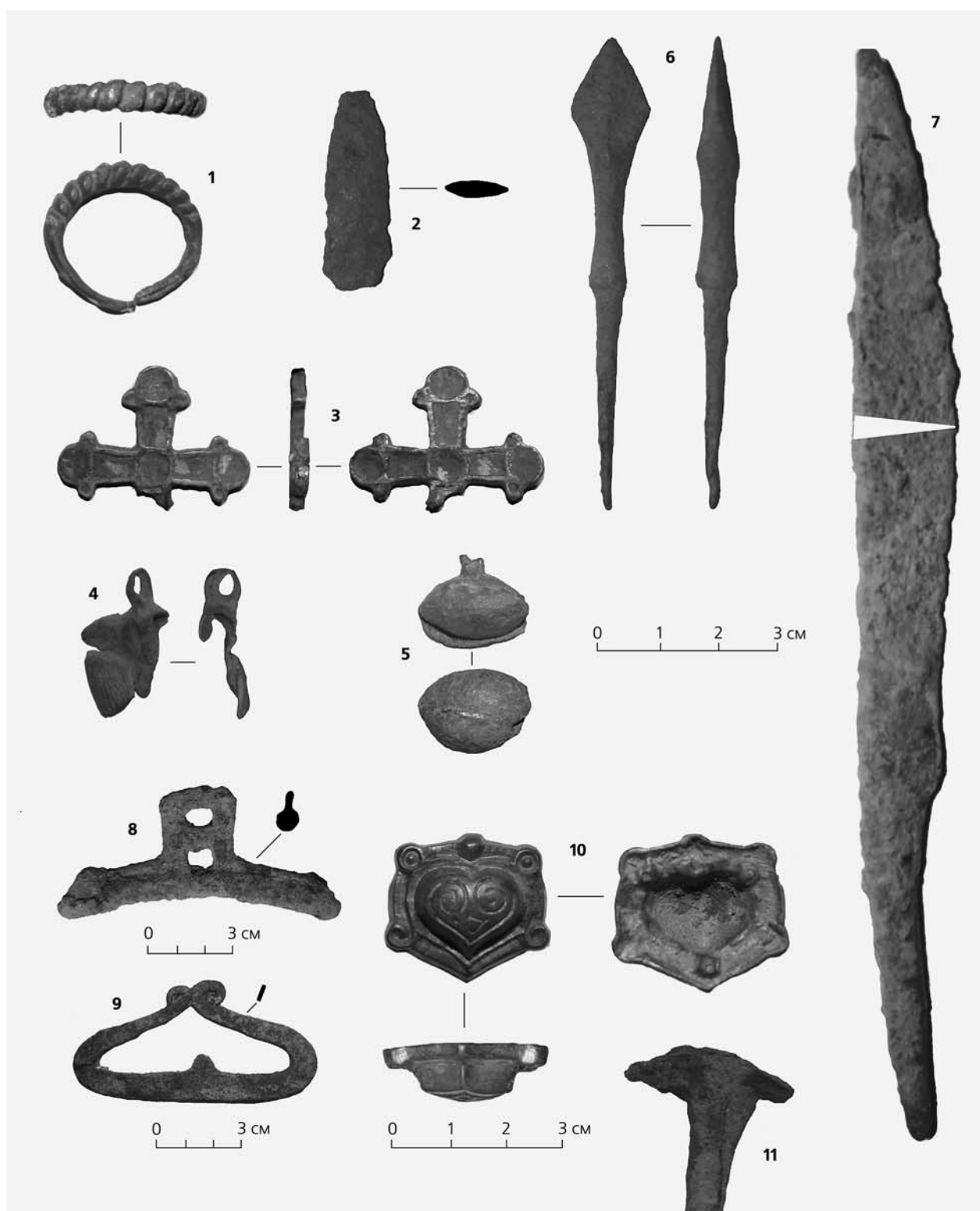
Proceedings of Royal Society.
В. 2009. V.276. P.3285–3294
(Великобритания).

Археология

Усадьба эпохи Ярослава Мудрого на Верхней Клязьме

Впервые на северо-востоке Московского края выявлено раннее древнерусское поселение. Оно открыто Московской областной средневековой археологической экспедицией Института археологии РАН, которая уже третий сезон ведет спасательные раскопки на одном из разрушаемых строительством участков селища Болшево-3 (г. Королев Московской обл., правый берег р. Клязьмы). Работы проходили на площади 510 м², захватившей древнее ядро этого поселения. Множество разнообразных находок, в том числе калачевидное кресало с язычком и «крылатый» псалий от удил XI в., лепная славянская керамика ладожского типа и раннекруговая посуда, свидетельствуют о том, что селище Болшево-3 возникло не позднее второй четверти XI в., т.е. в эпоху Ярослава Мудрого, а в конце XI — первой половине XII в. его жители были вовлечены в военно-торговый быт водно-волокового пути, проходившего с верхней Клязьмы в бассейн р. Москвы и в Поочье.

В центральном раскопе выявлено раннее ядро поселения (ямы 20, 22–24). Культурный слой, преотложенный в XVIII в., буквально начинен средневековой керамикой и находками. Здесь были найдены: ножи; шиловидный наконечник стрелы квадратного сечения без упора (вторая полови-



Некоторые находки в селище Болшево из заполнения ям 20 (8, 9), 31 (10) и прилегающего слоя: 1 – ложновитый серебряный перстень, 2 – железный наконечник стрелы, 3 – нательный крест с перегородчатой эмалью, 4 – бронзовый крестопорезной бубенчик, 5 – бронзовый бубенчик с одной прорезью, 6 – наконечник бронебойной стрелы, 7 – железный нож, 8 – железный псалый, 9 – железное калачевидное кресало, 10 – поясная серебряная накладка, 11 – обломок кованого гвоздя.

на XI — XIII в.); железные ушки от котлов; игла и украшенный гравированным орнаментом обломок бронзового пластинчатого браслета, характерного для вятических курганных древностей XII—XIII вв.; бронзовый бубенчик с одной прорезью и каменный оселок; лепная древнерусская посуда (которая исчезает из обихода с появлением гончарного круга), а также раннекруговая, курганная, серая и красноглиняная грубая керамика (всего 769 фрагментов). Лепная и раннекруговая керамика сконцентрирована в районе ямы 20, которая представляет наибольший интерес. Ее полные стенки переходят в уплощенное дно; с юга, востока и запада к ней примыкают еще три небольшие округлые ямы, все вместе представляющие остатки одного сооружения. Именно в заполнении ямы 20 и были найдены калачевидное железное кресало, датируемое по новгородским аналогиям X—XI вв., и железный «крылатый» псалий с полукруглым стержнем и боковым щитком с двумя отверстиями. Болшевский псалий представляет собой элемент удил III типа, которые использовались в XI и отчасти в XII в., до распространения двухзвенных удил.

Керамический комплекс ямы 20 состоит из фрагментов лепной (80%) и раннекруговой (20%) керамики. Сосуды с ребром по плечу известны по многим памятникам северной Руси как керамика ладожского типа. Выделенная Я.В.Станкевич по материалам Ладоги, она встречается с середины VIII в., а к концу X — началу XI в. получает распространение в северной Руси. Наиболее редкий тип керамики — с саблевидным профилем и заглаженной поверхностью — близок сосуду с трупосожжением из Ратьковского могильника, при-

надлежащего кругу мерянских древностей VII—IX вв.

В отличие от лепной, круговая керамика распространяется на большую площадь раскопа, ее эпицентр лежит над средневековой ямой 31, которая была открыта при зачистке материка и отражает следующий период жизни поселения. В заполнении ямы обнаружена латунная литая накладка с выпуклым сердцевидным центром и тремя отверстиями для крепежных штифтов; по заключению В.Н.Мурашовой, это поясной набор профессионального воина, близкий кругу скандинавских древностей X—XI вв. Здесь же найдены овручское шиферное пряслице и обломок глиняного, оселок из сланца и половинка навитой бусины из синего прозрачного стекла XI—XIII вв. Керамический комплекс этой ямы отражает этап, когда жители селища полностью перестали пользоваться лепной посудой, раннекруговая составляла всего 4—8%, а доминировала круговая керамика. Яркое явление в керамическом комплексе этого периода — посуда из беложгущейся глины. На ее светлой, почти белой поверхности — обильный орнамент, но не линейный (как в подмосковной курганной керамике), а преимущественно волнистый; такая не встречается на селищах второй половины XII — XIII в. и, значит, восходит к более раннему времени. Очевидно, яма 31 — это остатки неглубокого подполья крупной земной постройки первой половины XII в. Присутствие импортных предметов говорит о высоком статусе ее хозяина.

В верхнем слое другого участка тоже обнаружена масса предметов, в их числе — бронзовый трехлопастный крест-тельник, с обеих сторон украшенный желтой эмалью (XI—XIII вв.), ложновитой рубчатый билоновый перстень

XI—XIII вв., обломок бронзового крестопорезного бубенчика (такие вышли из употребления в середине XII в.) и др.

Весьма интересно понять, к каким славянским племенам относились люди, осуществлявшие контроль над Клязьминско-Яузским водно-волоковым путем.

Обнаружение на севере будущих московских земель следов поселения, которое по оригинальному типу домостроительства с округлыми слабозаглубленными основаниями и по характерному керамическому комплексу напоминает поселения новгородских словен второй половины X в. северного Приильменя и водораздела рек Мсты, Мологи и Тверцы, представляется весьма показательным. На этих памятниках наряду с ладожским типом керамики присутствует керамика с ямочными вдавлениями, что, возможно, отражает вовлеченность балтского субстрата в продвижение славян на юго-восток. На этом этнографическом фоне ярко проявляется этнокультурная специфика Болшево-3 — здесь ведущим типом лепной керамики являются сосуды с заглаженной поверхностью и серповидным профилем, видимо, отражающие влияние мерянской традиции. Подобное сочетание керамических типов отличает Болшево-3 от ранних поселений долин рек Москвы и Пахры, где доминируют роменская домостроительная и керамическая традиции, свойственные вятическому населению Оки.

Благодаря раскопкам в селище Болшево мы начинаем понимать, как происходило закрепление власти Рюриковичей над территорией, которая позднее стала именоваться Московским княжеством.

© Чернов С.З.,

доктор исторических наук
Москва

Почти все о звездах

А.Г.Тоточава,
кандидат физико-математических наук
Москва

В серии «Астрономия и астрофизика», выходящей при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, опубликована очередная коллективная монография — «Звезды». Ее авторы — сотрудники Государственного астрономического института им.П.К.Штернберга (МГУ), Института астрономии РАН и Института теоретической и экспериментальной физики РАН. Все они: В.П.Архипова, С.И.Блинников, С.А.Ламзин, М.Е.Прохоров, С.Б.Попов, Н.Н.Самусь, В.Г.Сурдин, Ю.А.Фадеев и Д.Ю.Цветков — известные специалисты по изучению разных аспектов эволюции звезд: от стадии зарождения до последних, самых впечатляющих, секунд их жизни. Как и предыдущие выпуски этой серии, книга «Звезды» в основном рассчитана на студентов младших курсов естественно-научных специальностей, стремящихся расширить кругозор в период выбора своего направления научных исследований. В качестве современного обзора она будет полезна широкому кругу читателей, даже школьникам старших классов, хотя при чтении придется мобилизовать знания по физике, особенно спектроскопии и ядерной физике.

Охват тем в этой книге чрезвычайно широк. Первые главы посвящены звездам как светлым точкам ночного небосвода: описаны созвездия и отдельные интересные звезды в несколько необычном ключе. Например, кроме истории открытия и принципов наименования звезд и созвездий рассказано о том,

как звезды переходят из одного созвездия в другое, какие звезды были в прошлом и какие станут в будущем ярчайшими на нашем небе, какие звезды получили имена астрономов и почему. Особенно интересен рассказ о звезде Пшибыльского, имеющей уникальный химический состав: она содержит очень редкий металл гольмий в таком количестве, которого не наберется в сумме в миллиардах известных нам звезд и планет!

Далее следует рассказ о том, почему ночью небо темное и почему мы видим на нем звезды. Два этих факта настолько привычны, что обычно мы не задаем себе такие вопросы. Но, как оказалось, ответы на них требуют знаний фундаментальных свойств нашего мира и особенностей эволюции человека. Ведь далеко не все животные видят ночью звезды, а некоторые, напротив, видят их значительно лучше, чем человек. Попутно обсуждается один старинный предрассудок — якобы днем из глубокого колодца можно увидеть звезды. Расчеты и опыты доказывают, что это невозможно. Однако некоторые люди могут видеть звезды днем. Что это за люди и как им это удастся, вы узнаете, прочитав главу «Почему мы видим звезды».

Следующий раздел — о наблюдаемых характеристиках звезд. Технический прогресс обеспечивает непрерывное и стремительное накопление данных о них вот уже 400 лет. Телескоп, спектроскоп, средства фотографии и электроники позволили детально изучить движение и излучение небесных светил, в результате чего наши представления о Вселенной со-



ЗВЕЗДЫ / Ред.-сост. В.Г.Сурдин.

М.: Издательство физико-математической литературы, 2008. 428 с. (Астрономия и астрофизика).

вершенно изменились. Каждый из четырех прошедших веков ознаменовался прорывом в определенном направлении, но только последнее столетие позволило проникнуть в тайны звезд.

В XVII в. Земля потеряла для нас свою уникальность: благодаря телескопу блуждающие огоньки планет превратились из «живых звезд» в удивительные миры, будоражившие фантазию естествоиспытателей. XVIII в. стал веком небесной механики: ряды точных наблюдений позволили перейти от эмпирических законов Кеплера к рафинированному анализу и прогнозу движения планет на основе механики Ньютона. XIX в. славен многими достижениями, но принципиальным для астрономов стало создание методов изучения звезд. Если в начале того века были сомнения в принципиальной познаваемости недостижимых небесных тел, то к его концу астрономы поняли, как можно изучать физические условия, химический состав, движение и распределение в пространстве звезд и галактик. А наивысшим достижением XX в., без сомнения, стала физика звезд.

Первые интуитивные попытки понять механизм работы звезды предпринимались еще в начале XX в. Но для полновесной теории внутреннего строения звезд потребовались «три кита» — точные данные о наблюдаемых параметрах звезд, теория ядерных реакций и быстродействующие компьютеры. Усилиями астрономов, физиков и инженеров-электронщиков эти три слагаемых были созданы к середине столетия. Разумеется, запрос шел не от естествоиспытателей: теория ядерных реакций и мощные компьютеры потребовались военным. Фактически создатели ядерных бомб стали и отцами теории эволюции звезд. Нет смысла отрицать, что физика звезд — дитя атомной бомбы.

Уже первые сферически-симметричные модели звезд, не учитывающие ни вращения, ни наличия магнитного поля, ни особенностей химического состава, в целом, тем не менее, прилично описывали наблюдаемые звездные характеристики. В научно-популярной литературе часто цитируется высказывание знаменитого английского астрофизика Фреда Хойла, что «нет ничего проще звезды». Однако вот как вспоминает эту историю английский астроном Питер Фелгетт:

«Как очевидец могу сказать, что замечание о простоте звезд было сделано Фредом Хойлом (тогда еще не сэром) на коллоквиуме, который он проводил в старой обсерваторской библиотеке в Кембридже. Насколько я помню, фраза Хойла, произнесенная с его изумительным северным акцентом, звучала так: “В принципе звезда имеет довольно простую структуру”. В ответ на это профессор Редман заметил: “Вы бы тоже выглядели довольно простым, Фред, с расстояния в десять парсек”».

Глубокий смысл этого замечания открывается нам постепенно. Чем детальнее мы изучаем звезды, тем более сложными выглядят их структура и поведение. Так что впору согласиться с высказыванием английского астронома Джона Брауна: «Вопреки известной реплике Фреда Хойла, звезды не так уж просты; по крайней мере, когда изучаешь их с расстояния в 5 микропарсек, как в случае с Солнцем».

К началу XXI в. астрономы накопили колоссальный материал о свойствах и поведении звезд всевозможных типов. Базовые представления о физике звезд были подтверждены прямыми наблюдениями: современные нейтринные детекторы уверенно видят процессы, происходящие в недрах Солнца, и непосредственно фиксируют продукты термоядерных реакций. В целом удалось понять и основные физические процессы, ответственные за кризисные

эпохи в жизни звезд — за их формирование, динамическую перестройку и гибель. В нескольких разделах книги «Звезды» последовательно рассказано о принципах классификации светил по мощности их излучения, температуре поверхности, химическому составу атмосферы. Исследование оптических спектров — главный метод изучения звезд. Спектральная классификация постоянно развивается; новое в этой области — недавнее обнаружение и начало изучения коричневых карликов, объектов переходного типа между звездами и планетами. Пока еще не ясно, много ли коричневых карликов в Галактике, но их уникальные свойства уже вне сомнения.

За последние два столетия у астрономов несколько раз складывалось впечатление, что картина Вселенной в общем уже нарисована, осталось положить лишь последние мазки. Но всякий раз это впечатление оказывалось ложным. 30 лет назад наш крупнейший астрофизик И.С.Шкловский в очередном издании своего бестселлера «Звезды: их рождение, жизнь и смерть» писал: «Если задать наивный детский вопрос, какие из космических объектов во Вселенной “самые главные”, я не колеблясь отвечу: *звезды*. Почему? Ну, хотя бы потому, что 97% вещества в нашей Галактике сосредоточено в звездах. У многих галактик “звездная субстанция” составляет более чем 99.9% их массы. Похоже на то, что плотность крайне разреженного, пока еще с достоверностью не обнаруженного межгалактического газа слишком мала, поэтому основная часть вещества во Вселенной сосредоточена в галактиках, а следовательно, в звездах. <...> На современном этапе эволюции Вселенной вещество в ней находится преимущественно в *звездном состоянии*. Это означает, что большая часть вещества Вселенной “скрыта” в недрах звезд и

имеет температуру порядка десятка миллионов градусов при очень высокой плотности...». В те годы невозможно было представить, насколько эта картина окажется далека от реальности, насколько сильно изменятся представления астрономов о составе Вселенной. Если иметь в виду среднюю плотность энергии-массы во Вселенной, теперь уже почти нет сомнений, что около 72% ее принадлежит неведомой антигравитирующей сущности, условно называемой темной энергией. Если же ограничиться обычной гравитирующей массой, на которую приходится около 28% средней плотности Вселенной, то примерно 24% заключено в темном веществе неизвестной природы и только около 4% — в обычном барионном веществе, представленном в клеточках таблицы Менделеева. Именно в эти 4% умещаются все звезды, планеты, межзвездная и межгалактическая среда. Но и в этой скромной 4%-й группе роль звезд оказалась не самой важной. Почти 4/5 массы барионного вещества заключено в межгалактическом газе, и только 0.5% средней плотности Вселенной сосредоточено в звездах! Даже если не принимать в расчет загадочную темную энергию и непонятное темное вещество (хотя наша Галактика в основном «сделана» именно из него), то и в подгруппе обычного вещества звездам принадлежит лишь около 10% массы. Как ни крути, но тезис о том, что Вселенная — это звезды, оказался неверным.

Следует ли из этого, что несколько десятилетий назад астрономы совершенно неверно представляли себе жизнь Вселенной? Чтобы проверить это, продолжим читать Шкловского:

«Основная эволюция вещества Вселенной происходила и происходит в недрах звезд. Именно там находился (и находится) тот «плавильный тигель», который обусловил химическую эволюцию вещества во Вселен-



Планетарная туманность NGC 2440 лежит на расстоянии около 4 тыс. св. лет от нас в направлении созвездия Корма. Она образована умирающей звездой, некогда похожей на Солнце. Сама газовая туманность — сброшенная звездой оболочка, а яркая точка в центре туманности — центральная часть светила, которое, постепенно сжимаясь, превращается в белый карлик. Температура поверхности этой умирающей звезды около 200 тыс. К. Столь горячая поверхность в основном испускает ультрафиолетовое излучение, которое и возбуждает свечение окружающего газа. Размер туманности около 1 св. года. Цвета на снимке искусственные: они отражают распределение химических элементов и температуры газа.

Фото из архива космического телескопа «Hubble» (NASA, ESA)

ной, обогатив его тяжелыми элементами. Именно там вещество по естественным законам природы превращается из идеального газа в очень плотный вырожденный газ и даже в «нейтронизированную» материю. Именно у некоторых звезд на поворотных этапах их эволюции может реализоваться пока еще далекое от ясности состояние «черной дыры». Вместе с тем, если не говорить об особых, пока еще недостаточно исследованных областях, окружающие ядра галактик, звезды (в среднем) занимают около 10^{-25} объема Вселенной.

Огромное значение имеет исследование взаимосвязи между звездами и межзвездной средой, включающее проблему непрерывного образования звезд из конденсирующейся межзвездной среды. Наличие звезд подчеркивает *необратимость* процессов эволюции вещества во Вселенной. Ведь звезды в основном излучают за счет необратимого процесса превращения водорода в более тяжелые элементы, прежде всего в гелий. Постоянно накапливающиеся во Вселенной «инертные» (т.е. «мертвые») конечные продукты эволюции звезд — белые карлики,

нейтронные звезды и, по-видимому, «черные дыры» также подчеркивают необратимый характер эволюции Вселенной».

С удивлением следует признать, что к этой картине, нарисованной Шкловским 30 лет назад, сегодня можно добавить лишь малосущественные детали. Главным двигателем эволюции Вселенной по-прежнему считаются звезды. Происходящие в них и рядом с ними процессы по-прежнему остаются основным предметом астрономических исследований. И чем глубже мы проникаем в физику звезд, тем более разнообразной и красочной предстает перед нами их жизнь.

В книге «Звезды» последовательно описаны все этапы эволюции звезд с упором на переломные моменты их жизни. Продвигаясь от рождения к смерти, каждая звезда проходит через несколько квазистабильных состояний, связанных между собой переходами к новым источникам энергии. Во время этих переходов терявшая стабильность звезда охотнее всего «рассказывает» о себе астрономам. Именно этим моментам эволюции звезд посвящены основные разделы книги. В них рассказано о классических переменных звездах, о физических механизмах пульсации звезд, о наиболее эффективных, заключительных, этапах жизни звезд — стадии планетарной туманности и взрыве сверхновой. Отдельная, очень интересная, глава посвящена эволюции звезд в составе тесных двойных систем.

Нужно признать, что, описывая строение и эволюцию звезд, астрономы до сих пор вынуждены делать довольно много предположений. Основные этапы звездной эволюции на качественном уровне специалисты поняли в 1950—1970-х годах. Количественная теория спокойных, длительных этапов эволюции одиночных звезд была создана в 1980-х годах, и тогда же выяснились качественные сце-

нарии эволюции тесных двойных звезд. Но ключевые, переходные моменты жизни звезд, связанные с их рождением, внутренней перестройкой и гибелью, мы до сих пор понимаем лишь в самых общих чертах. Даже о характеристиках процессов, происходящих на поверхности звезд (особенностях химического состава, температурных «пятнах», динамике активных областей), астрономы пока имеют лишь весьма общее представление. Что уж тут говорить о звездных недрах!

Лишь в самые последние годы стали развиваться новые удивительные методы исследования звезд. Оптическая интерферометрия позволяет теперь прямо измерять размер и даже форму звезд. Высокоточные космические фотометры открыли большие возможности перед астросейсмологией: выходящие из глубин на поверхность звезды звуковые волны изменяют структуру фотосферы, неся с собой информацию о недрах светила, доступную для регистрации оптическими телескопами.

Важную роль в этих исследованиях играют сейчас космические телескопы. Их угловое разрешение в десятки раз выше, чем у наземных инструментов, а спектральный диапазон вообще ничем не ограничен. Плеяда Великих космических телескопов NASA — оптический Hubble, инфракрасный Spitzer, рентгеновский Chandra и гамма-телескоп Compton — открыла перед астрофизикой новые горизонты, особенно сильно обогатив наши представления о взаимодействии звезд с окружающей их околозвездной и межзвездной средой. Для изучения внутренних процессов в звездах сейчас создаются специализированные космические инструменты. Например, запущенный в конце 2006 г. ракетой «Союз» (Россия) с космодрома Байконур (Казахстан) европейский астрономический спутник COROT имеет на борту телескоп

диаметром всего 30 см, но обладает непревзойденной точностью фотометрических измерений (поскольку его наблюдениям не мешает нестабильность земной атмосферы). COROT замечает изменение блеска солнцеподобной звезды при ее покрытии землеподобной планетой; этим методом он уже открыл несколько таких планет. Но космический телескоп очень полезен и для физики звезд (COROT = Convection, Rotation and Planetary Transits). Ему под силу решать задачи звездной сейсмологии, регистрируя малые колебания блеска, вызванные звуковыми волнами, идущими из недр звезды.

Наземная астрономия, ограниченная оптическим атмосферным «окном», тем не менее, тоже быстро развивается, используя возможности вычислительной техники. Диаметры телескопов стремительно растут, успешно перешагнув деформационный предел пассивных зеркал, составляющий 6 м. Применение активной оптики уже позволило превзойти 10-метровый рубеж, и не видно препятствий (помимо финансовых) для создания 30—50-метрового телескопа. Кроме того, на всех крупнейших телескопах уже второе десятилетие успешно применяются системы адаптивной оптики, восстанавливающие почти до идеального качества изображения, искаженные неоднородной атмосферой Земли. Для изучения протяженных объектов данные системы не особенно пригодны, поскольку угловой размер исправленного поля зрения весьма мал; но при исследовании звезд эффективность этой технологии очень высока. Таким образом, появление доступных быстродействующих компьютеров позволило существенно увеличить как размер телескопов, так и качество даваемых ими изображений. В результате эффективность телескопов теперь возрастает существенно быстрее их стоимости.

География

А.Г.Исаченко. ЛАНДШАФТНАЯ СТРУКТУРА ЗЕМЛИ, РАССЕЛЕНИЕ, ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЕ. СПб.: Изд-во Петербургского университета, 2008. 320 с.

«Для географа, — пишет автор, — взаимосвязи между человеком и средой его обитания всегда представляли первостепенный интерес. В этой области география накопила огромный эмпирический материал и выработала комплексный подход к исследованиям. К сожалению, приходится признать, что в современной литературе достижения географической науки в рассматриваемой сфере не нашли должного отражения».

Предлагаемая читателю книга призвана отчасти восполнить этот пробел. В ней рассматриваются такие темы, как: что такое географический детерминизм — реакционная доктрина или конструктивная мировоззренческая позиция; глобальная система ландшафтных микрорегионов; предпосылки неравномерного размещения населения (на примере России); агроландшафтное районирование, продовольственно-ресурсный потенциал и экологическая емкость территории России; природопользование с ландшафтно-географической точки зрения.

Этот неполный перечень позволяет представить, насколько широк круг проблем, нашедших отражение в монографии. В заключение автор выражает крайнее беспокойство по поводу предстоящего (в очень близком будущем) глобального экологического кризиса и приводит несколько обсуждаемых путей его предотвращения.

Палеогеография

ЭВОЛЮЦИЯ ЭКОСИСТЕМ ЕВРОПЫ ПРИ ПЕРЕХОДЕ ОТ ПЛЕЙСТОЦЕНА К ГОЛОЦЕНУ (24—8 тыс. лет назад) / Отв. ред. А.К.Маркова, Т.ван Кольфсхотен. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008. 556 с.

Группа российских и голландских специалистов реконструировала экосистемы Европы в период перехода от ледниковых условий конца плейстоцена к межледниковым условиям голоцена, что позволило восстановить картину изменений биоты в этот период.

В книге предпринята попытка рассмотреть эволюцию комплексов млекопитающих, растительных сообществ, этапов расселения человека, динамику видового богатства млекопитающих и экосистем на примере пяти хронологических интервалов, включающих этапы наиболее сурового климата (климатического максимума плейстоцена), потеплений и похолоданий разного ранга.

Впервые для анализа всего палеобиологического материала были использованы математические методы, ранее не применявшиеся при реконструкциях палеосреды. Картографические программы дали возможность построить многочисленные карты ареалов видов млекопитающих и растений на разных этапах рассматриваемого времени, а также создать обобщающие карты териокомплексов, растительных сообществ, видового богатства млекопитающих Европы.

Полученные реконструкции могут быть использованы как модели изменений биоты Европы при возможных климатических изменениях в будущем. Работа поддержана Нидер-

ландской организацией по научным исследованиям и Российским фондом фундаментальных исследований.

Геология

ВСПОМИНАЯ НИКОЛАЯ ВАСИЛЬЕВИЧА КОЛОМЕНСКОГО (к 100-летию со дня рождения) // Под ред. В.В.Пендина; сост.: Г.С.Белова, Т.П.Дубина, О.С.Овсянникова. М.: КДУ, 2009. 180 с.

Книга посвящена 100-летию со дня рождения Н.В.Коломенского (1909—1974), которое отмечалось 8 мая 2009 г.

Коломенский внес большой вклад в разработку общей методики инженерно-геологических исследований. Он дал критический разбор методических указаний, принятых в практике строительства различных инженерных сооружений; отдельных понятий и терминов. Им была уточнена суть основных терминов: «образец», «проба», «монолит», «интервал опробования», «шаг опробования», «инженерно-геологический элемент», «инженерно-геологическая изменчивость горных пород». Николай Васильевич создал научно обоснованную теоретическую базу, позволяющую выбирать способ инженерно-геологической оценки массива горных пород, определять необходимое и достаточное количество проб. Все это имеет большое практическое значение. Его работы переведены на многие языки.

Книга основана на архивных материалах семьи Коломенского, воспоминаниях вдовы, дочери, племянницы, его друзей, коллег, учеников.

В издание включены и чрезвычайно увлекательные и интересные по сути воспоминания самого Николая Васильевича.

К.Э.Циолковский — Д.И.Менделееву

Я.Г.Авдеев, Н.И.Савиткин,

кандидаты химических наук

Калужский государственный педагогический университет им.К.Э.Циолковского

Т.К.Толкачева

Калужский областной институт повышения квалификации работников образования

Январская книжка «Природы» за 2009 г. посвящена 175-летию со дня рождения великого русского ученого Дмитрия Ивановича Менделеева, с именем которого кроме гениального открытия Периодической системы химических элементов связаны многие научные свершения, дела государственного значения... Понятно, что не все вместились в журнальный объем. К сожалению, за его рамками остались взаимоотношения Менделеева со многими выдающимися людьми России, например такими, как основоположник космонавтики Константин Эдуардович Циолковский, 150 лет со дня рождения которого отмечали 17 сентября 2007 г.

О жизни и деятельности нашего гениального земляка написаны сотни трудов. Однако до сих пор некоторые страницы его жизни остаются неизвестными широкому кругу читателей. Это относится к переписке с Менделеевым. Что же связывало всемирно известного петербургского профессора и простого губернского учителя математики и физики?

Оба были учеными-энциклопедистами. В своей автобиографии Циолковский писал: «По своей чрезвычайной любознательности я энциклопедист», а Менделеев вспоминал: «Сам удивляюсь, чего только я не делывал на своей научной жизни. И сделано, думаю, недурно».

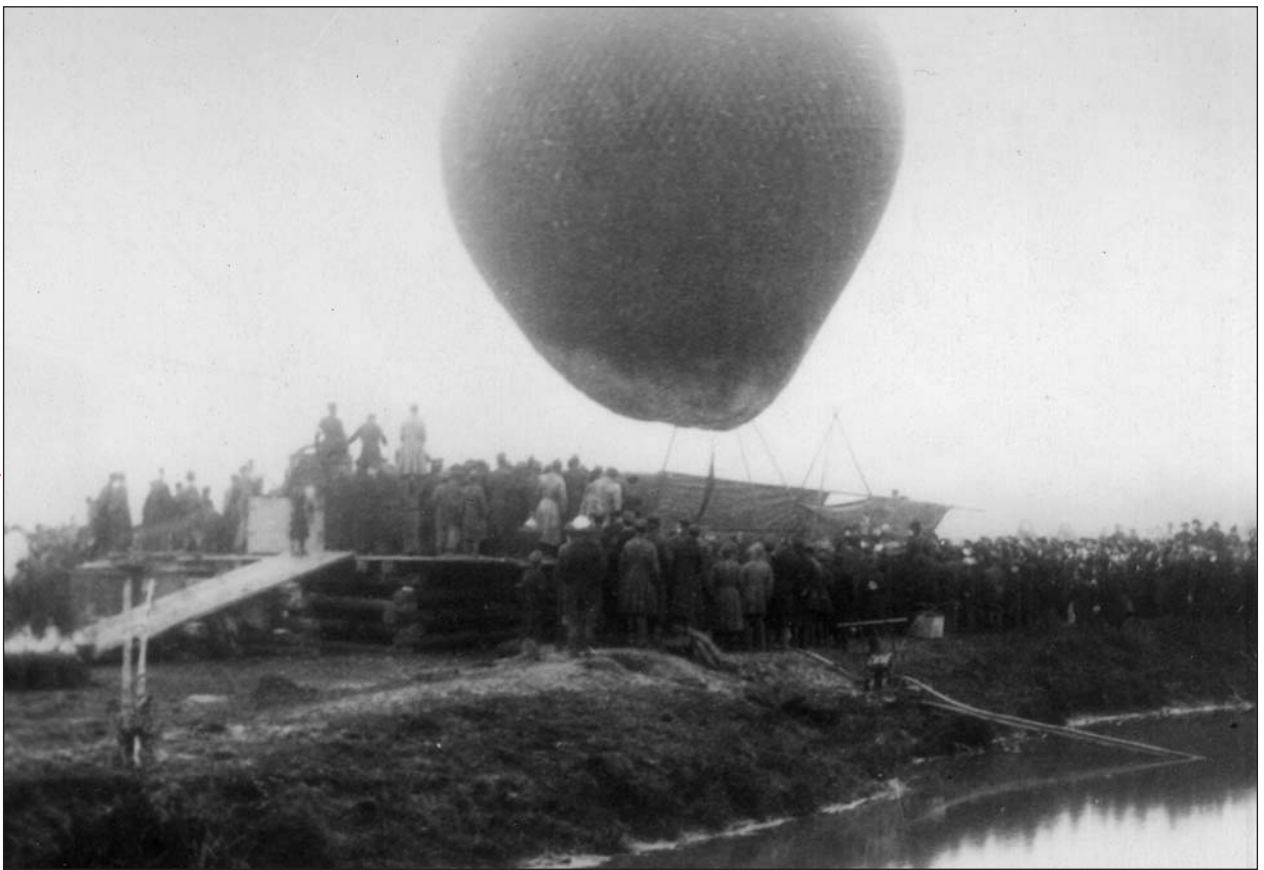
Менделеев был широко известен как автор большого числа специальных и популярных статей, учебников, среди них особое место занимали «Основы химии», о которых сам он писал: «Эти «Основы» — любимое дитя мое. В них мой образ, мой опыт педагога и мои задушевные научные мысли». С этой книги, по-видимому, и начинается знакомство Циолковского с Менделеевым [1]. На экземпляре «Основ», хранящемся в Доме-музее Циолковского, его рукой написано: «Этим я доволен, куплено в сентябре 1879 г.». Заметки Циолковского на полях страниц этой книги и его рукопись «Химические формулы из Менделеева» свидетельствуют о кропотливом изучении «Основ химии». Для Циолковского эта работа стала не только ис-

точником сведений о веществах, которые можно испытать как компоненты топлива или использовать в качестве материалов для ракеты. «Основы» пронизывала близкая ему логика. Несмотря на своеобразие философских взглядов обоих ученых, их объединял материалистический подход к решению научных проблем.

Менделеев много делал для развития воздухоплавания в России. Увлечение аэроавиатикой стало продолжением его работы по изучению атмосферы Земли. В 1875 г. он публикует работу «О температуре верхних слоев земной атмосферы» [1], в которой предлагает исследовать верхние слои атмосферы, используя аэростат с герметичной кабиной для наблюдателя. Перед аэроавиатикой того времени, по мнению Менделеева, стояли задачи увеличения продолжительности полетов и снижения себестоимости водорода, который применялся в те годы для наполнения воздушных шаров. По его инициативе в 1880 г. был организован VII воздухоплавательный отдел Русского технического общества, сыгравший неоценимую роль в развитии воздухоплавания на управляемых аэростатах. Большинство видных членов этого общества были военными, его финансирование осуществлялось Военным министерством [2].

Дмитрий Иванович не мог не мечтать о полете на аэростате. В ночь с 29 на 30 июля 1887 г. он получил телеграмму от товарища (помощника) председателя Русского технического общества М.Н.Герасимова с предложением наблюдать с военного аэростата 7 августа того же года солнечное затмение. Несмотря на облачную погоду в этот день, Менделеев самостоятельно совершил этот полет [3], поднявшись в Клину на трехкилометровую высоту и пролетев 100 км.

Менделеев впервые услышал о Циолковском в 1882 г. на заседаниях Русского физико-химического общества (РФХО). В это общество Константин Эдуардович в 1882—1983 гг. пересылал через студента-химика В.В.Лаврова (ученика Менделеева, приехавшего на каникулы в Боровск) свои работы. Члены общества познакомились со статьями «Теория газов», «Механика живого организма» и «Продолжительность лучеиспускания Солнца»,



Запуск аэростата. Д.И.Менделеев участвовал в полете на аэростате в Клину 7 августа 1887 г., во время солнечного затмения.



Д.И.Менделеев с сыном Владимиром перед отплытием в кругосветное путешествие на борту фрегата «Память Азова».

за которые Циолковский был единогласно избран членом РФХО. И хотя он не смог воспользоваться предложением переехать в Петербург, признание видных ученых явилось для него большой и своевременной моральной поддержкой. Вспоминая об этом, Циолковский писал: «Профессора Менделеев, Сеченов, Петрушевский и др. дали моим работам хорошую оценку».

С 1885 г. Константин Эдуардович начинает заниматься изучением воздухоплавания и теорией разработки металлических управляемых аэростатов. Результатом этих работ стало его выступление в Москве. Циолковский вспоминает: «Моим сообщением заинтересовались профессора Вайнберг, Михельсон, Столетов и Жуковский, но проект развития не получил» [2].

Несомненно, работы Менделеева по вопросам аэродинамики и воздухоплавания были известны широкому кругу русских ученых и изобретателей, поэтому неслучайно в 1890 г. Циолковский, разрабатывая конструкцию металлического аэростата (дирижабля), в поисках поддержки и помощи обращается к Менделееву с просьбой взять его «труд под свое покровительство».

В письме [4] от 30 августа 1890 г. Циолковский пишет, что уже восемь лет занимается вопросами воздухоплавания и пришел к выводу «о возможности построения металлического корабля, подобного аэростату». Заканчивает письмо словами: «...Посылаю Вам статью об этом, где все выводы и формулы многократно и тщательно проверены, и прошу покорнейше Вас прочесть и оценить ее, и, по мере этой оценки, посодействовать моему труду».

Получив письмо, Менделеев сделал на нем пометку «Полу[чил] 13 сент[ября] 1890 г. 14 ответ[ил]», но ответ Дмитрия Ивановича не сохранился. 18 сентября того же года Циолковский отправил Менделееву еще одно письмо, в котором описывалась коленкоровая модель аэростата. Дмитрий Иванович отправил все материалы секретарю Русского технического общества В.И.Срезневскому, сопроводив их запиской: «Согласно с желанием г. Циолковского (очень талантливого господина) препровождаю в Техническое общество: 1. его письмо, 2. тетрадь его исследования о форме складного металлического аэростата и бумажную модель к проекту г.Циолковского. С почтением, готовый к услугам Д.Менделеев». Техническое общество рассмотрело материалы, отметило, что ошибок в расчетах нет, но просьбу о пособии отклонило, поскольку исследователь не обратил внимания на «конструкторскую сторону дела».

Впоследствии, вспоминая эти события, Циолковский писал: «...в 1908 г. я обратился к Д.И.Менделееву, прося дать ответ о последней. В ней рассматривалась металлическая оболочка дирижабля, состоящая из конических поверхностей, соединенных мягкими лентами. Оболочка могла складываться и изменять форму без всякого вреда для своей целостности. Д.И.Менделеев ответил мне,



К.Э.Циолковский на велосипедной прогулке в Калуге.

что сам он когда-то занимался этим вопросом, но затем бросил и обещал передать рукопись и модель в Техническое общество Е.С.Федорову».

Менделеев принял деятельное участие в опубликовании знаменитой работы Циолковского «Исследование мировых пространств реактивными приборами» в журнале «Научное обозрение» за май 1903 г., который издавался под редакцией ученого и видного общественного деятеля М.М.Филиппова [5]. Попытка публикации в журнале этой работы Циолковского встретила возражение цензора, увидевшего в ней подрыв устоев религии и церкви. Филиппов обратился за советом к своему другу и учителю Менделееву. Ознакомившись с работой, Дмитрий Иванович сказал: «А вы не сдавайтесь и не вешайте нос. Ну конечно, цензор есть цензор. Он ведь получает жалованье не за разрешения, а за запрещения. Но я вам дам совет не как химик, а как дипломат. Сведите все ваши доводы в защиту Циолковского к пиротехнике. Докажите им, что, поскольку речь идет о ракетах, — это очень важно для торжественных праздников и в честь тезоименитства государя императора и высочайших особ. Вот пусть тогда запретят печатать статью!».

Стараясь быть предельно серьезным, Филиппов изложил эти соображения цензору и получил разрешение на публикацию статьи Циолковского. В Доме-музее К.Э.Циолковского хранится запись великого ученого, сделанная им на своей статье, вырезанной из журнала «Научное обозрение»: «Я благодарен Филиппову, ибо он один решился издать мою работу». Но Циолковский, по-видимому, не знал, что кроме убежденности редактора в научной ценности его работы, немалую роль сыграла здесь и сообразительность «дипломата» Менделеева. Примечательно и то, что статья Циолковского «Об исследовании мировых пространств реактивными приборами» опубликована в журнале рядом с «Заветными мыслями» Менделеева.

Если для химика Менделеева аэронавтика была увлечением, возникшим в ходе решения серьезных научных проблем, то химия для Циолковского — насыщенной необходимостью при разработке теории освоения околоземного пространства. В «Основах химии» Д.И.Менделеева к таблице теплот горения ряда соединений, в основном органических,

Циолковский добавляет новую графу: «На 1 весовую часть продуктов горения». В архиве АН СССР хранится его рукопись «Химические формулы из Менделеева» [6. С.40], из которой видно, что из «Основ химии» ученый делал выписки по данным «теплопроизводительности углеводов» для расчетов скорости истечения продуктов горения.

В связи с решением вопросов жизнеобеспечения в космосе Циолковский интересовался способами получения кислорода. На 20-й странице «Основ химии» он написал уравнение реакции разложения бертолетовой соли $KClO_3 = KCl + O_3$. В книге этого уравнения нет, но в последующих изданиях оно появляется, и Менделеев записывает его почти в таком же виде: $KClO_3 = KCl + O_3$.

Циолковский сделал пометки на страницах, где приведены способы поглощения кислорода и его регенерации. Через всю жизнь он пронес глубокое уважение к Менделееву, называя его «добрейшим профессором», Дмитрий Иванович, в свою очередь, считал Циолковского «очень талантливим господином» [7]. ■

Литература

1. Макареня А.А., Савиткин Н.И. // Химия в школе. 1983. №1. С.9.
2. Космодемьянский А.А. Константин Эдуардович Циолковский (1857—1935). М., 1976. С.91—93.
3. Писаржевский О.Н. Дмитрий Иванович Менделеев. М., 1959. С.269—276.
4. Дубравин А.И. // Авиация и космонавтика. 1967. №2. С.53.
5. Филиппов Б.М. Тернистый путь русского ученого (жизнь и деятельность М.М.Филиппова). М., 1982.
6. Казакевич В.В. Интерес К.Э.Циолковского к химии // Труды VII Чтений К.Э.Циолковского. М., 1973.
7. Костин А.В. Научные связи К.Э.Циолковского в Петербурге (Ленинграде) // Труды вторых чтений, посвященных разработке научного наследия и развитию идей К.Э.Циолковского. Секция: Исследование научного творчества К.Э.Циолковского. М., 1968. С.43.

ПРИРОДА

Над номером работали

Ответственный секретарь
Е.А.КУДРЯШОВА

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

Литературный редактор
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 14.10.2009
Формат 60×88 1/8
Офсетная печать, усл. печ. л. 10,32,
усл. кр.-отт. 67,8 тыс., уч.-изд. л. 12,2
Заказ 754
Набрано и сверстано в редакции

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