

Познавательный журнал для хороших людей

НАУКА

из первых рук

3

3⁽²¹⁾
● 2008



ОБОРОНУ ДЕРЖАТ
НАСЕКОМЫЕ

ЗА «КАДРОМ»
АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ
СЕНСАЦИЙ

СЛАДОСТЬ
СКИФСКОГО КОРНЯ

В ЛУННОЙ ТЕНИ

www.sciencefirsthand.ru



КУЗНЕЧИК ДОРОГОЙ...



Дорогие друзья!

В современном урбанизированном мире с его все более ускоряющимся темпом жизни и калейдоскопом новых впечатлений нам особенно дороги вещи неизменные, приносящие в душу чувство спокойствия и умиротворения — такие, как, например, смена времен года. Для сибиряков самым долгожданным и радостным, безусловно, является лето: короткое, но наполненное зеленым светом, пением птиц, стрекотанием кузнечиков... Летом мы вдруг вновь открываем для себя, что не одни на планете, но делим ее со множеством других, необычайных, хотя и несравнимых с нами по размерам, существ.

В отличие от нас, у наших маленьких соседей скелет — внешний, и меняют они его, как перчатки; слышат ногами и «разговаривают» танцами; строят «архитектурные» шедевры и ткуют тончайшую пряжу... Насекомые — самые многочисленные, многообразные и приспособленные животные планеты, и чем больше мы проникаем в их скрытую от нас, но бурную жизнь, тем большее изумление нас охватывает. Среди нерешенных загадок: почему у насекомых не появился внутренний скелет, почему они столь многочисленны (более 1,5 млн видов) и так легко осваивают новые экологические ниши?

Исследования этих столь отличных от нас существ — в прямом смысле наших «старших братьев», поскольку появились они на планете много раньше млекопитающих и развивались, по сути, «параллельно» последним — дают, тем не менее, много свидетельств в пользу основных принципов, лежащих в основе современной биологии и эволюционного учения. Помимо насекомых — вредителей и паразитов — особый интерес для человека представляют общественные виды, такие как пчелы, муравьи и термиты. Как и человек, и многие другие другие позвоночные, они обладают высокой социальной организацией и хорошо развитыми интеллектуальными способностями в некоторых областях деятельности, являя собой поразительную иллюстрацию к процессам естественного отбора, развитию от простого

к сложному. Однако как бы нам ни хотелось продолжить параллели между человеком и этими «приматами» среди насекомых, нужно помнить, что они занимают совершенно особое место среди живых существ, представляя собой уникальные «сверхорганизмы», обладающие коллективным разумом.

И, конечно, насекомые, являясь одним из «столпов» современной биосферы, активно участвуют в круговороте веществ, почвообразовании и опылении растений. Однако при этом они уязвимы для многих факторов внешней среды, в том числе и антропогенных. И человек при борьбе со своими недругами из лагеря насекомых должен использовать не только эффективные, но и безопасные для других, полезных членов природных сообществ, способы контроля над численностью вредителей и паразитов.

В новом выпуске нашего журнала мы лишь прикоснемся к тайнам этого огромного, деятельного и многоликого «мира шестиногих», чудесные портреты которых напоминают нам времена, когда лежа в траве и изумленно наблюдая за нашими маленькими соседями по планете, мы почти становились участниками их «спектаклей», и история чудесного спасения Мухи-цокотухи не давала покоя и будила воображение.

В заключение хочется перефразировать слова профессора Юргена Таутца, известного этолога и энтомолога из университета в Вюрцбурге и автора статьи «Что знают пчелы о цветах» в следующем номере нашего журнала: если после знакомства с материалами этого выпуска наш читатель чуть дольше обычного задержит свой взгляд на зависшем над цветком мохнатым бражнике, деловито снующем муравье-фуражире или «растопырившей» уши зеленой кобылке, и припомнит какой-нибудь удивительный факт из их жизни — значит, мы достигли своей цели...

академик Н. Л. Добрецов,
главный редактор



В НГУ будут готовить мультидисциплинарных СПЕЦИАЛИСТОВ в области НАНОСИСТЕМ и современных материалов. **С. 6**

В одной и той же точке Земли ПОЛНОЕ солнечное ЗАТМЕНИЕ повторяется с периодичностью примерно 300 ЛЕТ. **С. 10**

ПАРАЗИТУ ВЫГОДНО, чтобы при заражении основная часть популяции хозяина выживала и платила ему своеобразную «дань». **С. 14**

Чтобы перейти из ОДИНОЧНОЙ в СТАДНУЮ ФАЗУ, САРАНЧЕ нужно не только касаться друг друга, но и дышать общей атмосферой. **С. 42**



.01

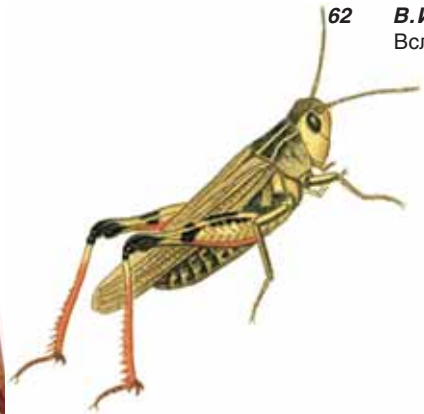
НОВОСТИ НАУКИ

- 6 **А.В. Аржанников**
От квантовой точки до живой клетки
- 10 **С.Ю. Масликов**
В лунной тени

.02

ЛИЦОМ К ПРИРОДЕ

- 14 **В.В. Глупов, И.А. Слепнева**
Оборону держат насекомые
- 30 «Шестиногая» планета
Фоторепортаж В.В. Глупова
- 42 **И.В. Стебаев**
Кузнечик дорогой...
Эволюционно-экологические очерки
- 52 **Т.Г. Толстикова, А.Г. Толстиков**
Сладость скифского корня
- 62 **В.И. Харук, С.Т. Им**
Вслед за лесом в горы Танну-Ола



Под руками реставраторов КОМОК МОКРОЙ ГЛИНЫ из Ноин-улинского кургана превращается во фрагменты шерстяного ПОЛОТНИЩА с уникальным ВЫШИТЫМ УЗОРОМ. **С. 74**

ИСТОРИЯ промышленного производства ДОЗИМЕТРОВ нового поколения НАЧАЛАСЬ с аварии на Чернобыльской АЭС. **С. 88**

В тибетском медицинском руководстве «Джуд-ши» указывается, что СОЛОДКА «...УПИТЫВАЕТ, придает ЦВЕТУЩИЙ ВИД, способствует ДОЛГОЛЕТИЮ и лучшему отправлению шести чувств». **С. 52**

На первой стороне обложки: нимфы перелетной (азиатской) саранчи (*Locusta migratoria*). Фото В.Глупова



.03

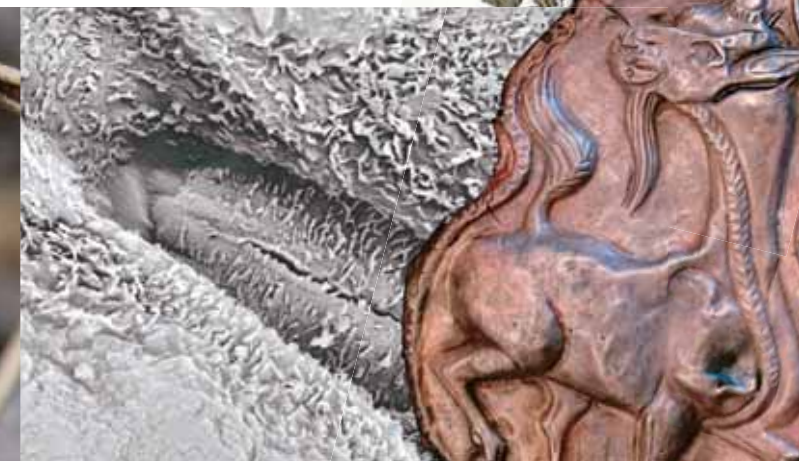
НАУЧНАЯ МАСТЕРСКАЯ

- 74 **Н.В. Полосьмак, Е.В. Шумакова, М.В. Мороз, Л.П. Кундо, В.Г. Симонов, Г.К. Ревуцкая**
За «кадром» археологических сенсаций
- 88 **А.А. Козлов, В.Д. Богдан-Курило**
Внимание! Радиационная безопасность

.04

КНИЖНЫЕ НОВИНКИ

- 96 **Ж.И. Резникова**
Интеллект животных: от индивидуума до социума





Изображение устьица — мельчайшего отверстия на поверхности листа растения — получено на сканирующем электронном микроскопе TM-1000 (Hitachi), пространственное разрешение которого составляет 30 нм

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НОК НСМ:

- «Структура наносистем и наноматериалов»
- «Функциональные свойства наносистем и наноматериалов»
- «Оптика наноструктур»
- «Наночастицы, кластеры, аэрозоли»
- «Пучковые и микроволновые технологии»
- «Экология наносистем»
- «Бионанотехнологии»

КЛЮЧЕВЫЕ ЗАДАЧИ:

- Подготовка и переподготовка элитных кадров по наносистемам и современным материалам;
- Развитие инфраструктуры образования и науки на основе эффективной интеграции НГУ с научными организациями и инновационными структурами;
- Получение новых научных знаний с привлечением талантливой молодежи;
- Разработка и внедрение новых систем, методов и форм образовательной деятельности

От квантовой точки

В Новосибирском государственном университете 1 июля 2008 г. с участием руководства НГУ и Сибирского отделения РАН состоялось официальное открытие Научно-образовательного комплекса «Наносистемы и современные материалы» (НОК НСМ). Новый центр создан на средства, полученные НГУ в 2007—2008 гг. по гранту Федеральной инновационной программы «Образование»

Уникальная особенность нового комплекса как образовательного подразделения университета состоит в том, что работа его предполагает тесное сотрудничество между самыми разными специалистами: физиками, химиками, биологами, медиками, математиками и т. д.

Цель НОКа — обеспечить подготовку магистров и кандидатов наук, способных решать междисциплинарные научные задачи. Это является одной из ключевых задач современного университетского образования.

Высокая результативность совместной деятельности специалистов разных направлений в рамках одного университетского подразделения уже продемонстрирована в НГУ при выполнении проекта НОЦ «Молекулярный дизайн и экологически безопасные технологии», стартовавшего в 2000 г. как часть совместной российско-американской программы «Фундаментальные исследования и высшее образование». В ходе реализации

этого проекта при подготовке магистров и кандидатов наук удалось объединить усилия профессорско-преподавательского состава нескольких естественно-научных и гуманитарных кафедр различных факультетов НГУ и научных сотрудников институтов Новосибирского научного центра.

Полезный опыт совместной работы над общей научной проблематикой кафедры НГУ приобрели также и в последующие годы — в ходе выполнения Федеральной целевой программы Минобрнауки «Интеграция». Благодаря этой программе удалось провести междисциплинарную подготовку магистров за счет финансирования Учебно-научных центров, базирующихся в разных институтах Новосибирского академгородка. Немало ценного в копилку практического опыта совместной деятельности внес и Центр коллективного пользования приборами «Физбиохим», созданный в НГУ в 2004 г.

Таким образом, к моменту подачи заявки на осуществление проекта в рамках Федеральной инновационной образовательной программы «Образование», стартовавшей в 2005 г., в НГУ уже был накоплен немалый опыт такого рода.

Выбор тематики нового Научно-образовательного комплекса НГУ был продиктован требованиями современности: незамедлительно использовать результаты фундаментальных и прикладных научных исследова-

до живой клетки



С помощью вакуумного туннельного микроскопа высокого разрешения SMT VT (Omicron) можно различать отдельные атомы на поверхности твердого тела



Лазерные эллипсометры используются в исследованиях тонких поверхностных слоев — от полупроводников до живых клеток



На газодинамическом вакуумном стенде-ЛЭМПУС-2 ведутся исследования плазмохимических процессов и генерации кластеров



Малоугловой рентгеновский дифрактометр S3-MICRO (Hecus) используется в исследованиях различных сложных наноструктур, включая биомолекулярные

Просвечивающий электронный микроскоп Libra-120 (Carl Zeiss) предназначен для биомедицинских исследований



ний в высокотехнологичном производстве и медицине. И как раз научные и технологические достижения на наноуровне, охватывающем «пространственный размер» от атомов до таких сложных биологических структур, как клетка, позволяют сегодня использовать принципиально новые подходы для решения инженерно-технических, экологических и медицинских задач.

Вполне понятно, что освоение «нанопространства» требует использования самого современного, зачастую — уникального научного и технологического оборудования. Поэтому из средств, полученных НГУ по инновационной программе «Образование», при создании НОК НСМ более 300 млн рублей было израсходовано именно на эти цели.

*Д. ф.-м. н., профессор
А. В. Аржанников*

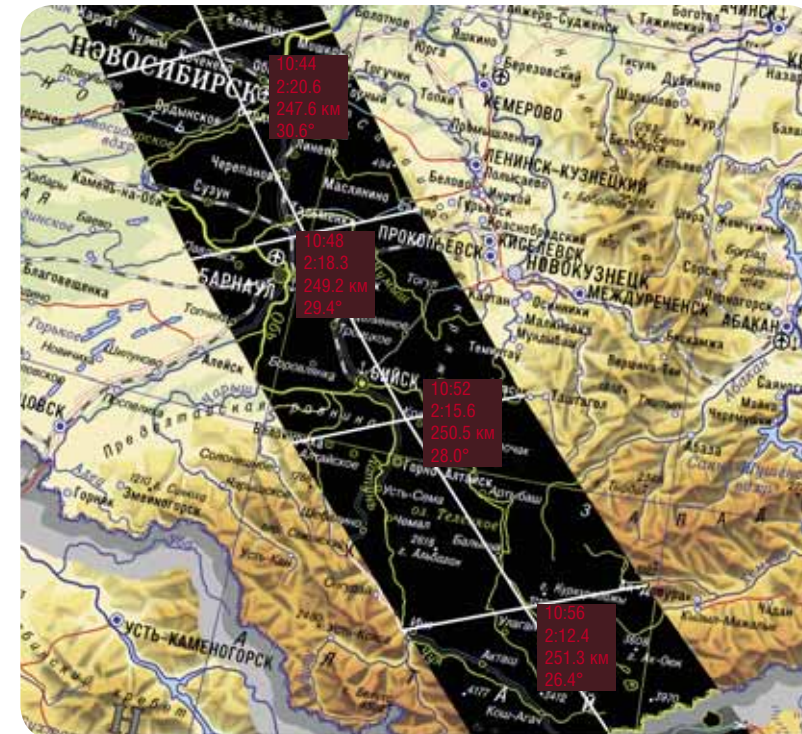
О работе и первых научных результатах, полученных молодыми специалистами Научно-образовательного комплекса «Наносистемы и современные материалы», читайте в следующем выпуске нашего журнала

В ЛУННОЙ ТЕНИ



Солнечные затмения происходят, когда Луна, двигаясь по орбите вокруг нашей планеты, заслоняет Солнце. В тех местах на Земле, куда падает лунная тень, на короткое время наступает полная темнота. Даже в наше просвещенное время это может вызывать если не страх, то чувство тревоги и недоумения...

Затмение 29 марта 2006 г.
Фото из архива С. Язева



Полоса лунного следа. Цифрами показана информация о времени прохождения центра тени в мин. и сек., продолжительность полной фазы в мин. и сек., ширина тени в км, высота Солнца над горизонтом в момент полной фазы в град.

Данные Fred Espenak, NASA's GSFC

Что могли чувствовать наши предки, которых никто не предупредил заранее о наступлении таких необычных явлений, как солнечное затмение? Неподдельный ужас и мысли о конце света охватывали буквально всех свидетелей рокового события. На протяжении тысячелетий объяснение этому было только одно: огромный небесный дракон (или иное чудовище) пытается проглотить дневное светило. Все, что могли сделать люди — криком, ударами в бубны и барабаны попытаться отогнать дракона и спасти Солнце.

Подобный сюжет присутствует в фольклоре многих народов, а детский писатель Корней Чуковский даже использовал его в своей сказке «Краденое солнце»: «Горе! Горе! Крокодил Солнце в небе проглотил!»

Луна по своим размерам в 400 раз меньше Солнца. Казалось бы, как она может закрыть собой огромный солнечный шар? Однако благодаря удивительному совпадению, явно неслучайно подстроенному госпожой Природой, Луна ровно в 400 раз ближе к Земле. Получается, что видимые диаметры Луны и Солнца практически совпадают. Люди

За последние 100 лет частные затмения Солнца с большой фазой наблюдались: 19 июня 1936 г. — фаза 0,98 (полоса затмения прошла севернее Новосибирска); 22 сентября 1968 г. — фаза 0,93 (полоса затмения прошла по Уралу); 31 июля 1981 г. — фаза 0,99 (полоса затмения прошла между Новосибирском и Барнаулом); 29 марта 2006 г. — фаза 0,92 (полоса затмения прошла южнее Новосибирска, по Алтаю)



ДРАКОН, ПОЖИРАЮЩИЙ СОЛНЦЕ. Полные солнечные затмения в России
С. Ю. Масликов
М.: Мир Урани, 2008. — 192 с., обл.
ISBN 978-5-91313-023-5

В канун очередного полного солнечного затмения вышла книга новосибирского астронома-любителя С. Масликова, которая является своего рода энциклопедией, посвященной солнечным затмениям.

Автор предисловия — известный астроном-«солнечник» Э. В. Кононович (Государственный астрономический институт им. П. К. Штернберга, Москва); научный редактор (и автор одной из глав) — тоже «солнечник» и популяризатор науки к. т. н. С. А. Язев, директор Иркутской обсерватории.

«Изюминка» новой книги, отличающая это издание от других подобных — в тщательном и подробном изложении истории наблюдений за этими потрясающими небесными явлениями. И, конечно, особое внимание автор уделил предстоящему затмению, подробно описав приемы наблюдения и фотографирования, подходящие инструменты и места для наблюдений, — все, что потребуется тысячам астрономов-любителей, съехавшимся в Сибирь, чтобы стать свидетелем незабываемого «солнечного шоу».



Охотники за затмениями — участники научной экспедиции «Корона 2006» в Приэльбрусье. Фото из архива С. Язева

имеют возможность наглядно убедиться в этом, наблюдая солнечное затмение, когда темный диск Луны с изумительной точностью закрывает ослепительный солнечный шар.

Один раз в 300 лет

К сожалению, не всем выпадает счастье лицезреть эту грандиозную демонстрацию законов Природы: в одном и том же месте земной поверхности оно повторяется примерно один раз в 300 лет. Хотя это достаточно приблизительная цифра: например, в Горно-Алтайске предыдущее затмение наблюдалось совсем недавно — в марте 2006 г., и повторится вновь в августе нынешнего, т. е. спустя всего два года. Зато на территории, где сейчас стоит Барнаул, полных затмений не наблюдалось уже восемь веков.

А вот для Новосибирска это правило выдерживается более-менее точно. При этом нужно уточнить, что речь идет только о *полных затмениях*, так как они кар-

динально отличаются от *частных*. Во время частных затмений Луна закрывает только часть солнечного диска, и полной темноты не наступает — эффект совершенно другой, в отличие от полного затмения. Многие новосибирцы, наверняка, помнят частное затмение 31 июля 1981 г., когда незакрытым оставалось около 1% солнечного диска.

Очевидцев же полного затмения на территории, где находится Новосибирск, не осталось: его можно было наблюдать в 1751 г., когда и самого города еще не было (Новосибирск отметил в 2008 г. свое 115-летие). А в следующий раз затмение над городом можно будет наблюдать только в 2372 г. — необозримо далеко от сегодняшнего дня.

К счастью, скоро настанет 1 августа 2008 г. Именно в этот день у нас есть уникальный шанс стать очевидцами небывалого зрелища: впервые в истории Новосибирска лунная тень пройдет над городом — произойдет полное солнечное затмение.

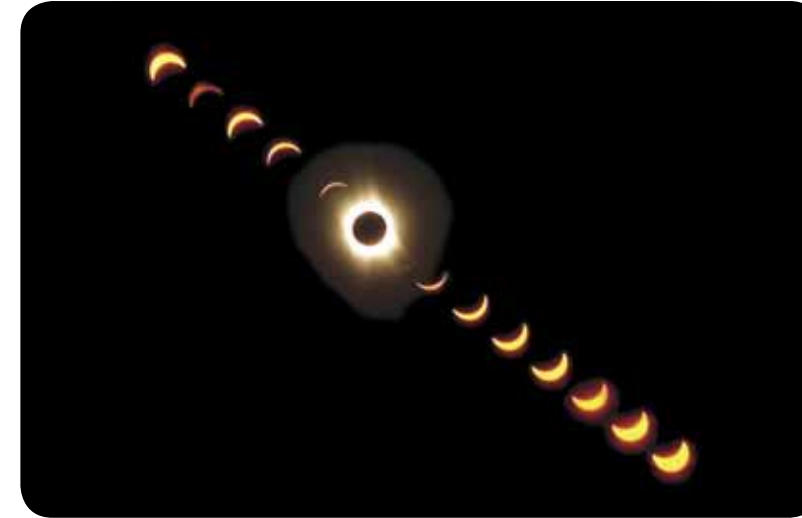
Тень над городом

Новосибирск готовится к знаменательному событию. В городе выделено несколько площадок для наблюдений: на набережной Оби, около ГПНТБ, Оперного театра, Педагогического университета, Сквера Славы, на площади им. Калинина. Многие предприятия оборудуют собственные площадки для наблюдений.

Все городские площадки будут оснащены техникой, изготовленной на Новосибирском приборостроительном заводе. Дело в том, что это единственный завод в России, который в настоящее время серийно выпускает астрономические телескопы марки «ТАЛ». Впервые любители астрономии со всего света, которые обычно приезжают для наблюдения за затмением, имеют возможность на месте арендовать или купить высококлассный прибор для наблюдений.

В дело пойдут и простейшие средства, такие как защитные очки, трехкратные увеличительные трубки, и самые мощные — бинокляры ПНБ и телескопы ТАЛ со специальными фильтрами, которые разработаны и изготовлены на заводе специально для этого события. Фильтры, устанавливаемые на объектив телескопа, абсолютно безопасны: они пропускают всего 0,001% солнечного потока. С их помощью можно вести наблюдения во время частных фаз затмения.

В тот момент, когда наступит полная темнота, фильтры и защитные очки уже не потребуются. Начинается главная сцена небесного представления. Бриллиантовую солнечную корону, которая вспыхнет вокруг Солнца во время полной фазы, на протяжении двух с лишним минут можно будет наблюдать без каких-либо защитных средств. Яркость короны очень мала: она испускает примерно столько же света, как Луна в полнолуние. Главное — не забыть, что после окончания полной фазы



Затмение 29 марта 2006 г. Видно влияние облачности на изображениях частных фаз. Фото из архива И. Рогового

яркость Солнца увеличивается почти мгновенно. Это опасно для глаз, поэтому детям можно участвовать в наблюдениях затмения только под присмотром взрослых.

Обычно размер солнечной короны равен нескольким диаметрам Солнца. В поле зрения телескопа она не помещается, поэтому ее лучше всего наблюдать невооруженным глазом или в бинокль. И, конечно, постарайтесь сделать снимки на память, используя любой имеющийся фотоаппарат.

Две минуты тьмы

Частная фаза затмения начнется в Новосибирске в 16:41 ч по местному времени, полная — в 17:44 ч и будет продолжаться 2 минуты 20 секунд. Затем еще около часа лунный диск будет постепенно открывать Солнце: «дракон» будет возвращать нам «пропавшее» светило.

В Новосибирске ожидается огромный наплыв гостей со всего мира. Неслучайно в областной администрации обсуждается вопрос: не сделать ли 1 августа (пятницу) выходным днем? Тогда большая часть горожан сможет выехать на свои дачные участки, чтобы спокойно и без суеты понаблюдать за затмением. В окрестностях города условия наблюдения будут мало отличаться: полоса затмения захватит примерно 100 км к западу и к востоку от города. А вдоль трассы на юг на всем ее протяжении вплоть до Горно-Алтайска условия для наблюдения за светилом будут примерно соответствовать новосибирским.

Остается только пожелать, чтобы 1 августа небо над Новосибирском было ясным, и все новосибирцы и гости города смогли собственными глазами увидеть это чрезвычайно редкое и необычное астрономическое явление!

С. Ю. Масликов,
один из организаторов Сибирского астрономического форума «СибАстро»,
помощник ген. директора по экспортному контролю ФГУП «ПО
Новосибирский приборостроительный завод»

ОХОТНИКИ ЗА ЗАТМЕНИЯМИ

1 августа 2008 г. — день полного солнечного затмения. Полоса полной фазы пройдет через Западную Сибирь, захватив Нижневартовск, Новосибирск, Бийск, Горно-Алтайск, а затем пойдет на юг, в Монголию и Китай.

«Столица Сибири» — Новосибирск — станет «столицей затмения»: со всего мира сюда съедутся профессионалы и любители в надежде увидеть и сфотографировать солнечную корону. Здесь будут работать и сибирские астрономы: экспедиция иркутского Института солнечно-земной физики СО РАН рассчитывает получить изображения короны с помощью поляризационной техники, что даст важную информацию о физике короны.

Еще одна экспедиция иркутских астрономов отправится в Западную Монголию. Там шансы на хорошую погоду значительно выше, чем в Новосибирске, но и добраться туда гораздо сложнее.

Экспедиция астрономической обсерватории Иркутского госуниверситета под руководством С. А. Язева присоединится к специалистам из Центра геофизики и астрономии Монгольской Академии наук, которые отправятся в полосу затмения на автомобилях через всю страну. Иркутянам предстоит преодолеть 1050 км от Иркутска до Улан-Батора, а потом еще около 1700 км по нелегким монгольским дорогам до выбранного пункта наблюдений.

Рассказ об этой непростой экспедиции будет опубликован в будущих выпусках нашего журнала, а пока — пожелаем исследователям удачи! Ведь следующее ближайшее полное затмение на территории России (исключая крайне неудобные для наблюдений два затмения в 2040-е гг.) состоится только через 53 года...

В. В. ГЛУПОВ, И. А. СЛЕПНЕВА

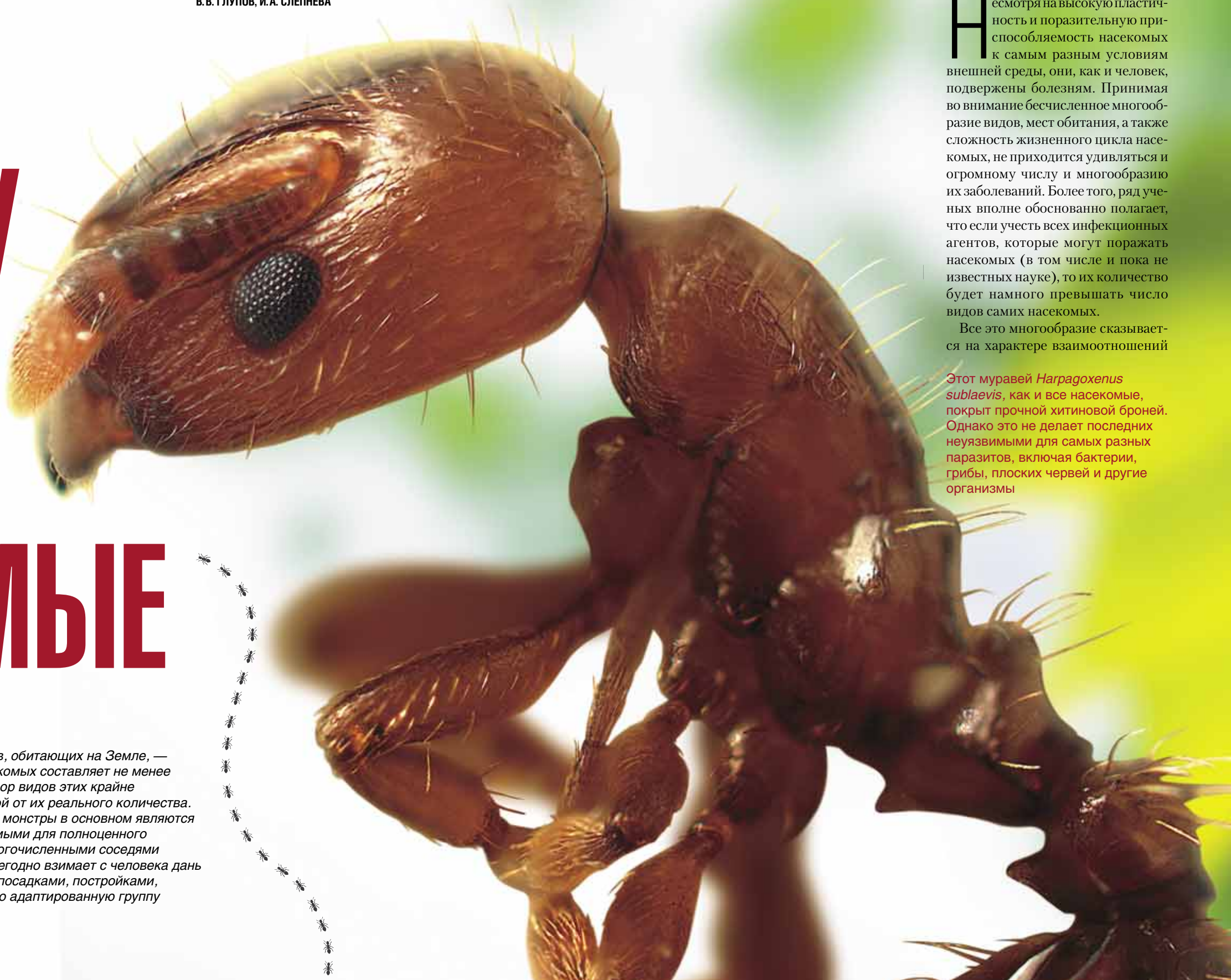
ОБОРОНУ ДЕРЖАТ НАСЕКОМЫЕ

Среди множества известных человеку видов живых существ, обитающих на Земле, — от бактерий и грибов до растений и животных, — доля насекомых составляет не менее трети. И, по мнению энтомологов, число описанных до сих пор видов этих крайне разнообразных созданий составляют не более одной десятой от их реального количества. Одетые в жесткий внешний панцирь маленькие шестиногие монстры в основном являются добropорядочными, старательными существами, необходимыми для полноценного функционирования биосферы. Наши отношения с этими многочисленными соседями складываются не всегда по-добрососедски: часть из них ежегодно взимает с человека дань в виде четверти мирового урожая, пользуется его лесными посадками, постройками, да и самим телом не брезгует. Однако и на эту столь хорошо адаптированную группу организмов есть своя управа...

Несмотря на высокую пластичность и поразительную приспособляемость насекомых к самым разным условиям внешней среды, они, как и человек, подвержены болезням. Принимая во внимание бесчисленное многообразие видов, мест обитания, а также сложность жизненного цикла насекомых, не приходится удивляться и огромному числу и многообразию их заболеваний. Более того, ряд ученых вполне обоснованно полагает, что если учесть всех инфекционных агентов, которые могут поражать насекомых (в том числе и пока не известных науке), то их количество будет намного превышать число видов самих насекомых.

Все это многообразие сказывается на характере взаимоотношений

Этот муравей *Harpagoxenus sublaevis*, как и все насекомые, покрыт прочной хитиновой броней. Однако это не делает последних неуязвимыми для самых разных паразитов, включая бактерии, грибы, плоских червей и другие организмы





ГЛУПОВ Виктор Вячеславович — доктор биологических наук, профессор, директор Института систематики и экологии животных СО РАН (Новосибирск), заведующий лабораторией патологии насекомых ИСиЭЖ СО РАН. Автор и соавтор более 80 научных публикаций. Главный редактор «Евразийского энтомологического журнала»



СЛЕПНЕВА Ирина Алексеевна — кандидат химических наук, старший научный сотрудник Института химической кинетики и горения СО РАН (Новосибирск). Сфера научных интересов: исследование свободнорадикальных механизмов в иммунном ответе насекомых

насекомых с их паразитарным окружением: процесс формирования устойчивости насекомого к тому или иному патогену будет значительно различаться в зависимости от вида, стадии развития и физиологического состояния хозяина, а также от вида самого паразита.

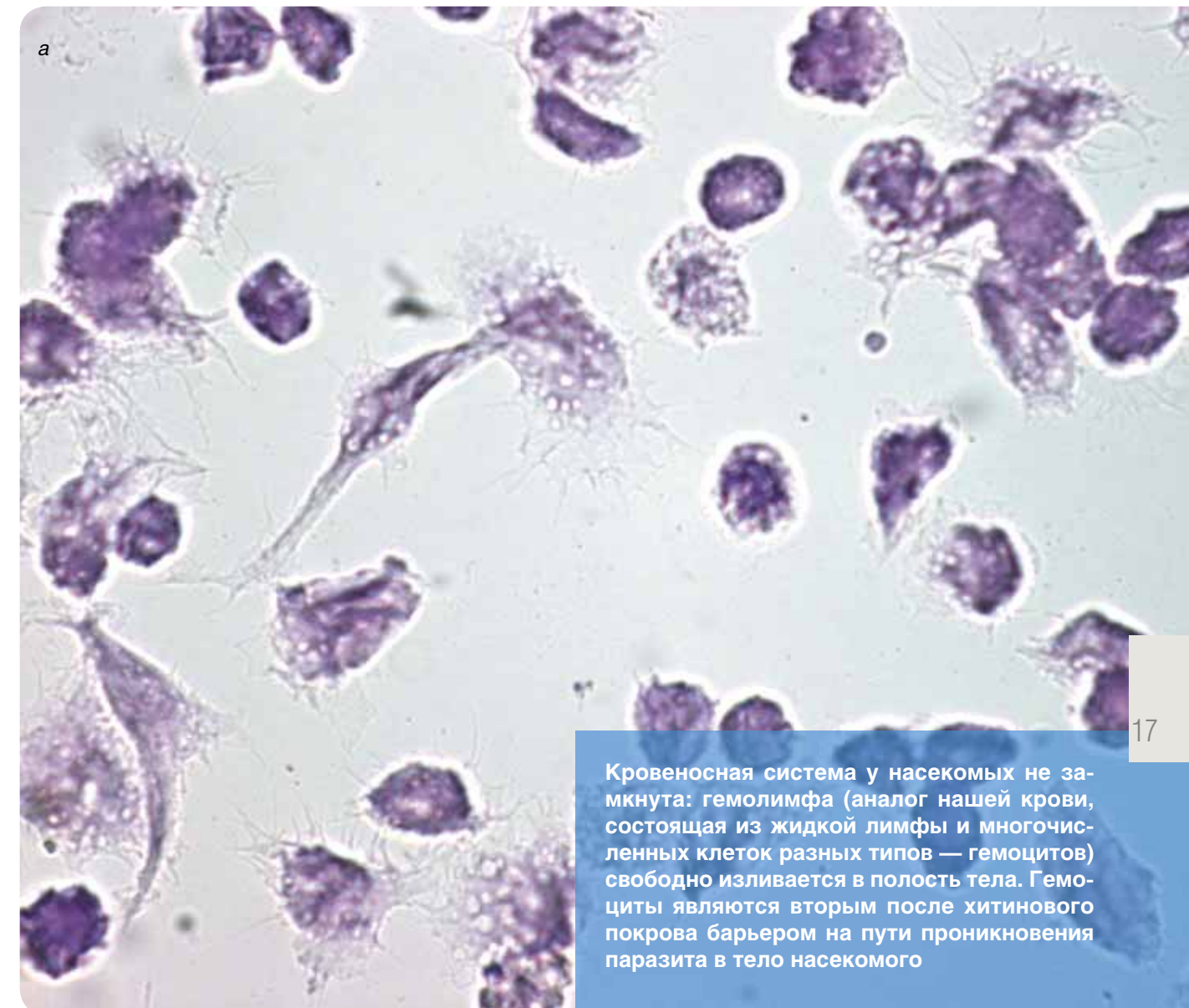
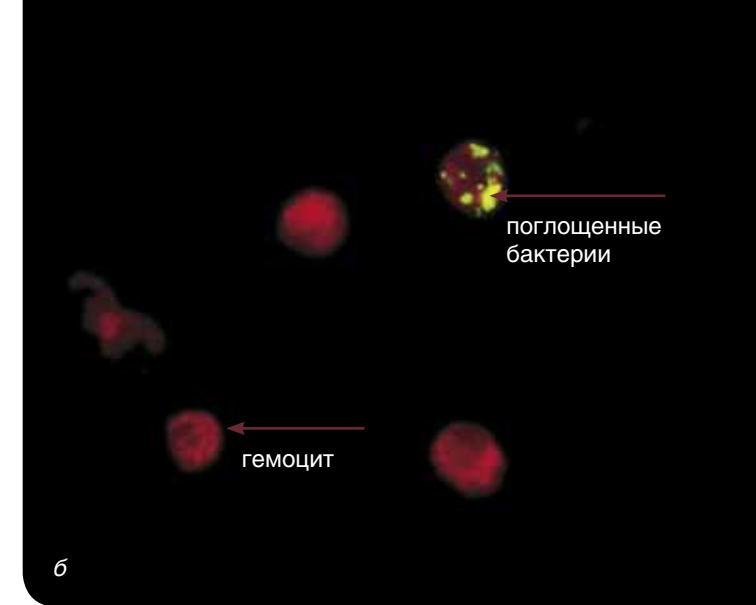
Тем не менее существуют общие принципы, характерные для всего класса насекомых, которые определяют их взаимодействие с патогенами и касаются работы физиологических систем, ответственных за устойчивость организма к болезням.

Однако прежде всего остановимся на существенных особенностях строения насекомых, отличающих их от многих других обитателей нашей планеты.

Отличительной особенностью насекомых является в первую очередь наличие так называемого внешнего скелета — *кутикулы*, прочного и гибкого наружного покрытия, состоящего преимущественно из хитина (полисахарида, близкого к растительной целлюлозе). Подобное эволюционное «приобретение» не только стало основным ограничителем размеров тела насекомых (как, впрочем, и других членистоногих — раков, пауков и т. д., а также ряда других беспозвоночных), но и сказалось на строении и функцио-

Если размеры паразитов окажутся малыми, а их число — небольшим, гемоциты (клетки крови) насекомого-хозяина займутся фагоцитозом (поглощением) чужеродных объектов.

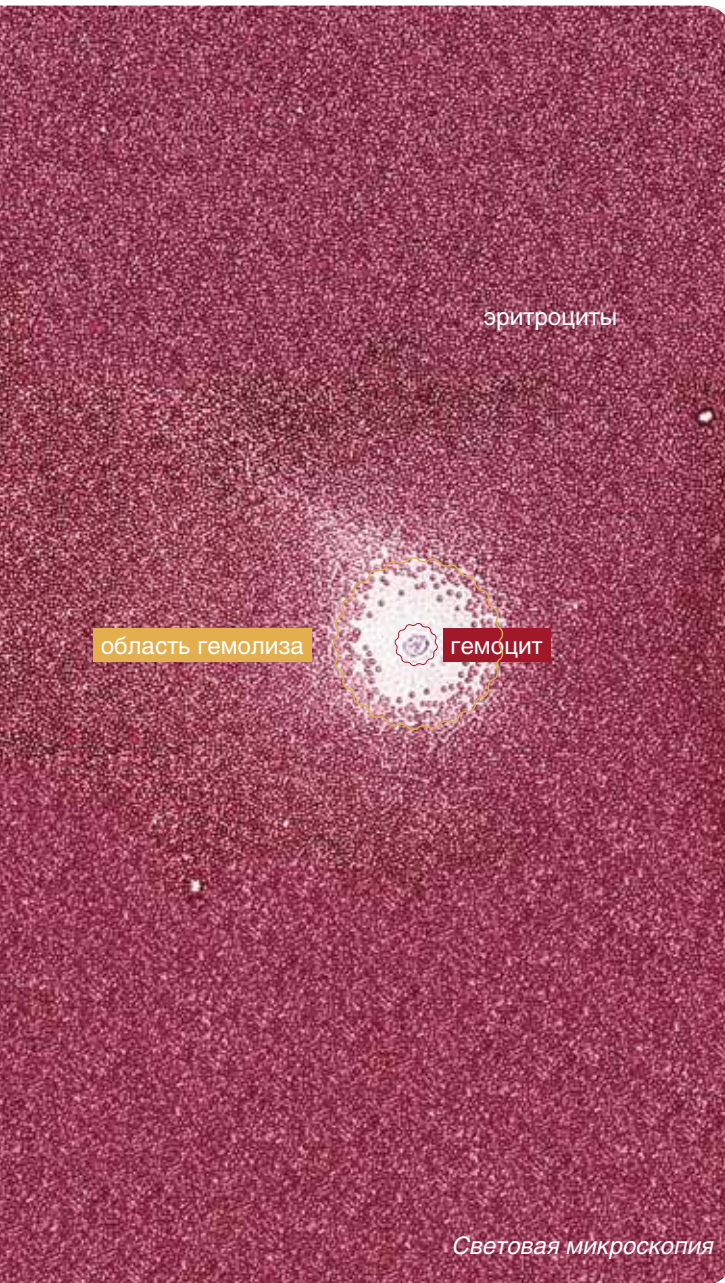
На фото — гемоциты большой вошинной огневки (*Galleria mellonella*) при обычном (а) и ультрафиолетовом освещении (б). Хорошо видны поглощенные гемоцитом бактерии *Escherichia coli*, ранее помеченные флюоресцирующим красителем ФИТЦ. Световая микроскопия



Кровеносная система у насекомых не замкнута: гемолимфа (аналог нашей крови, состоящая из жидкой лимфы и многочисленных клеток разных типов — гемоцитов) свободно изливается в полость тела. Гемоциты являются вторым после хитинового покрова барьером на пути проникновения паразита в тело насекомого



Гемоциты гусеницы непарного шелкопряда (*Lymantria dispar*), опасного вредителя многих древесных пород. Гемоциты окрашены флюоресцирующим красителем — хлортетрациклином, причем уровень его свечения коррелирует с метаболической активностью клеток



Многие из гемоцитов насекомых синтезируют различные соединения, как правило, белковой природы, которые могут участвовать в различных процессах: от репарации тканей до иммунных реакций и морфогенеза. Этот гемоцит колорадского жука (*Leptinotarsa decemlineata*) синтезирует уникальный мембранотропный белок, обладающий гемолитическими свойствами. В эксперименте выделяемое гемоцитом соединение разрушает эритроциты. Подобное явление среди класса насекомых зарегистрировано впервые (Glupov, 1996)

нировании многих физиологических систем, таких как дыхательная и пищеварительная.

Возникновение достаточно жесткого внешнего скелета у насекомых привело к появлению многократных линек, заключающихся в смене старого хитинового панциря новым, большего размера. Линька у насекомых — результат действия сложного комплекса физиологических механизмов — зачастую сопровождается полной перестройкой организма.

И, наконец, кровеносная система, которая у насекомых не замкнута: кровеносные сосуды открываются у них прямо в полость тела — *гемоцель*, в котором расположено сердце, свободно омываемое кровью.

Все вышеперечисленные особенности существенным образом сказались на формировании иммунной системы насекомых. И хотя традиционно считается, что для них характерен лишь так называемый *врожденный иммунитет*, вопрос о наличии у насекомых *адаптивного иммунитета* до сих пор остается открытым.

Что же произойдет, если паразит попытается проникнуть в организм насекомого?

Сквозь хитиновые доспехи

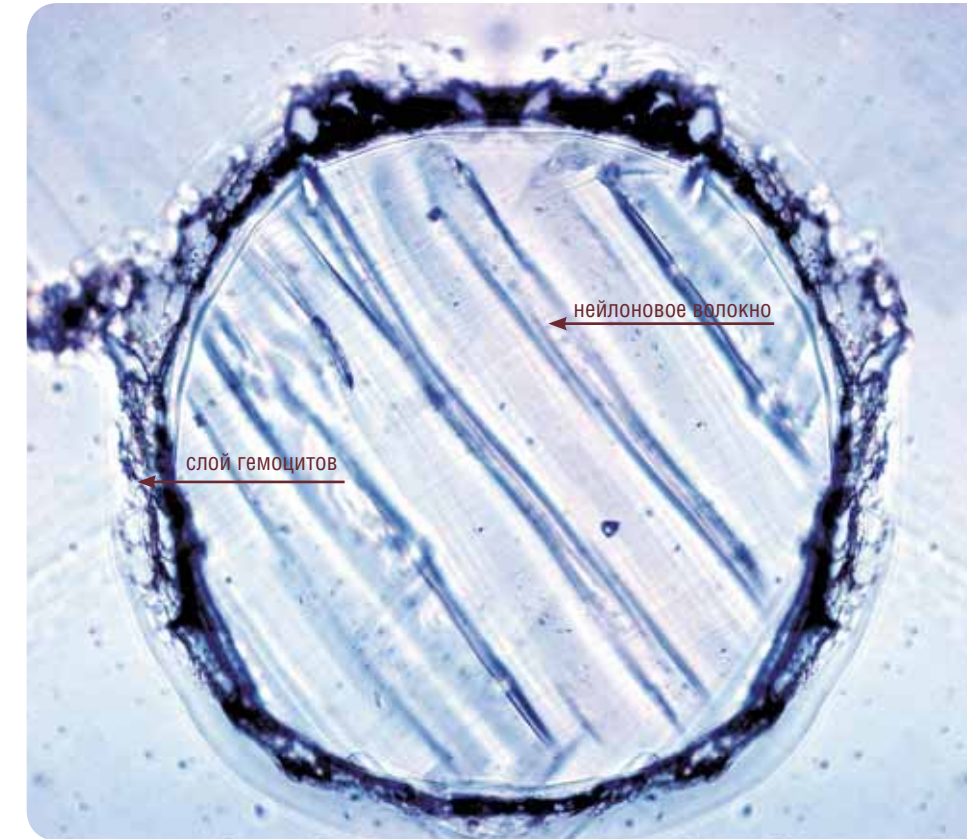
Паразиты могут попасть в организм насекомого двумя основными путями — через кишечник и кутикулу, причем эти пути принципиально различаются только на первых этапах.

Для вскрытия своеобразного хитинового «сейфа» многие паразиты используют химические «инструменты» — гидролитические ферменты, которые разрушают структурные компоненты покровов насекомых. Кроме того, паразиты могут синтезировать ряд химических соединений (*токсинов*), которые способны проникать через кутикулу и угнетать некоторые физиологические функции хозяина, в том числе работу иммунной системы.

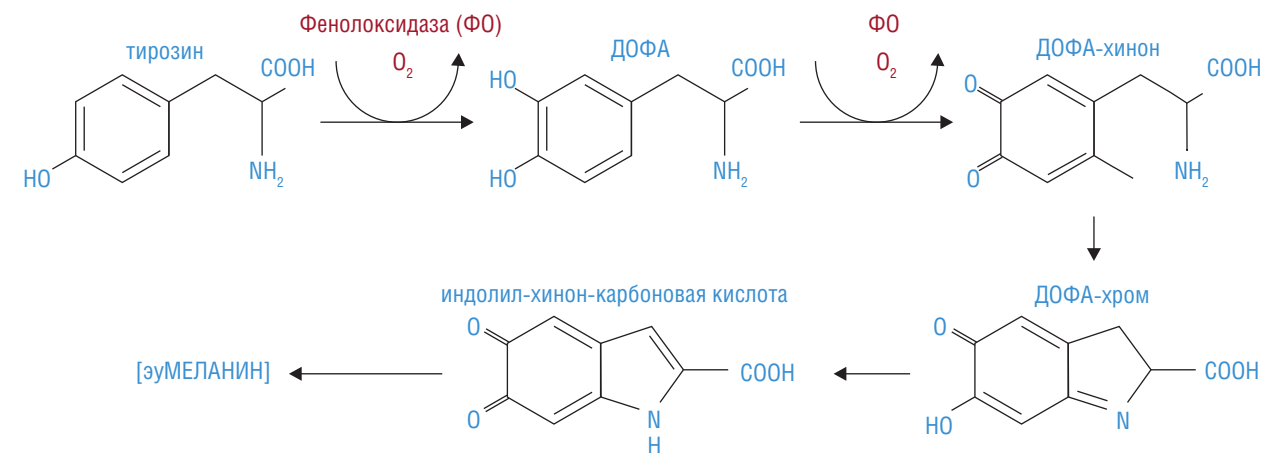
В любом случае при проникновении паразита повреждается не только сам бесклеточный покров, но и непосредственно эпидермальные клетки, подстилающие кутикулу. А это уже имеет самые серьезные последствия. К месту проникновения паразита устремляются *гемоциты* — клетки крови, среди которых есть так называемые *иммунокомпетентные клетки*, которые тут же пытаются поглотить паразита. Если это не удается по причине большого числа либо большого размера инфекционных агентов, гемоциты жертвуют собой: происходит их частичное или полное разрушение. Некоторые компоненты погибших клеток являются своего рода сигналом для гемоцитов других типов, которые также устремляются к месту чужеродного вторжения.

Одновременно в организме насекомого по каскадному принципу активируются ферменты, запускающие *меланогенез*, т. е. процесс образования вещества *меланина*.

Вокруг имплантированного личинкам большой вощной огневки нейлонового волокна уже через час начинает формироваться капсула — также, как это происходит при проникновении паразита. Световая микроскопия

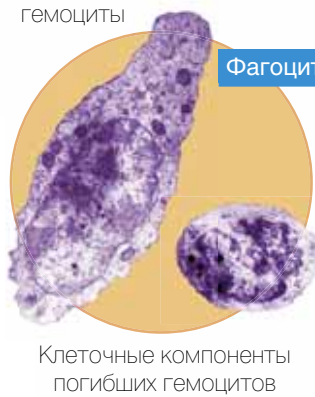


Последний представляет собой высокомолекулярный пигмент черного или темно-коричневого цвета, широко распространенный в живом мире (от бактерий и растений до животных). Ключевыми ферментами меланогенеза у насекомых являются *фенолоксидазы*, которые в неактивном виде «хранятся» в кутикуле, в клетках крови и в лимфе. Существенную роль в активации ферментов играют и различные *паттерн распознающие белки* (ПР), способные связываться с определенными веществами, входящими в состав грамм-отрицательных бактериальных и грибных клеток. Эти белки подобны тем, что участвуют в работе иммунной системы позвоночных животных.



Процесс образования пигмента меланина условно можно разделить на три этапа. Первый этап начинается с катализируемого ферментом фенолоксидазой (ФО) окисления аминокислоты тирозина. В течение первого этапа меланизации накапливается ДОФА-хром, являющийся относительно стабильным соединением. Последний этап завершается полимеризацией продуктов предыдущих реакций с образованием нерегулярного (т. е. состоящего из разных мономеров) полимера — меланина. Детали этого процесса еще до конца не изучены (Riley, 1993; Ito, 2003)

При проникновении паразита в организм насекомого у последнего активируются одновременно различные системы иммунитета. Во-первых — клеточное звено: гемоциты, клетки крови, поглощают (фагоцитируют) чужеродные клетки (бактерии, вирусы и т. д.). Если размеры паразита намного больше размеров гемоцитов, то последние частично или полностью разрушаются при контакте с паразитом. Такая запрограммированная смерть клеток крови через активацию ферментов феноксидаз стимулирует процессы синтеза меланина и ряда соединений с высокой реакционной способностью. Активации этих процессов способствуют и особые *паттерн распознающие белки* (ПРБ), узнающие определенные молекулярные структуры на поверхности бактериальных или грибных клеток. В итоге формируется многослойная капсула из гемоцитов, внутри которой находится паразит, окруженный разрушенными гемоцитами и меланином. Схожий сценарий реализуется и в случае большого числа микроскопических паразитов: в этом случае внутри капсулы (называемой уже гранулой) заключен конгломерат из «склеенных» чужеродных клеток. Одновременно в организме насекомого активируются так называемые антиоксидантная и детоксицирующая системы, защищающие его от воздействия как метаболитов паразитов, так и собственных высокореакционных соединений



Привлечение новых гемоцитов

Фагоцитоз паразитов маленьких размеров

Выброс гидролитических ферментов

Частичное или полное разрушение гемоцитов

ПР-белки

Активация феноксидаз

Синтез высокореакционных соединений

разрушение поверхностных покровов

Детоксицирующая и антиоксидантная системы

Синтез белковых антибиотиков

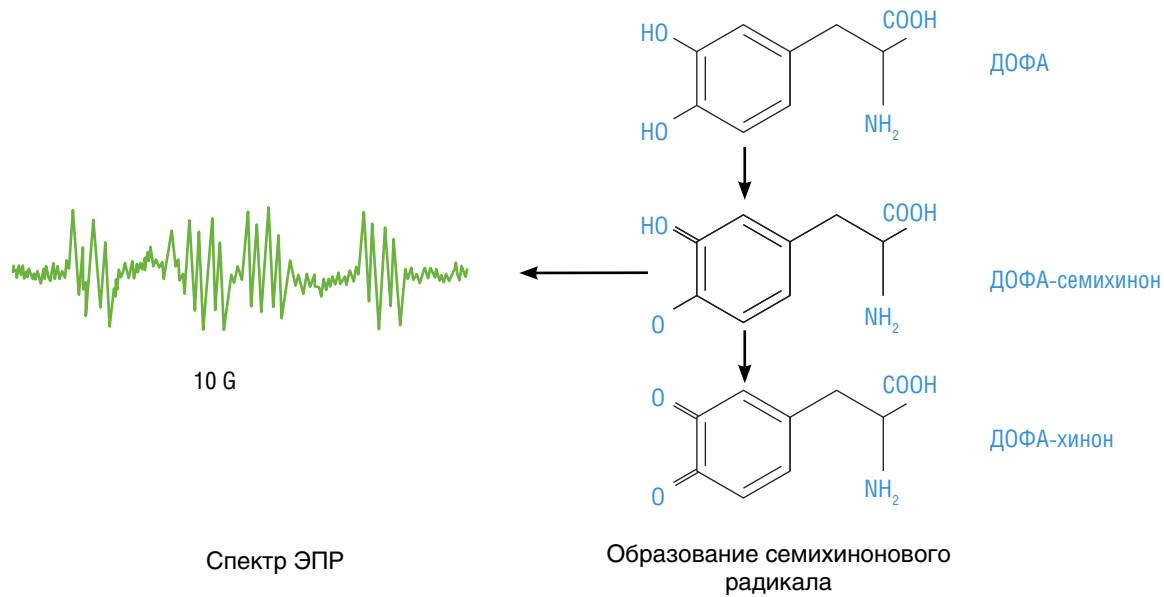
ПР-белки

Синтез меланина

Формирование капсулы (или гранулы) вокруг паразита (паразитов)

паразит

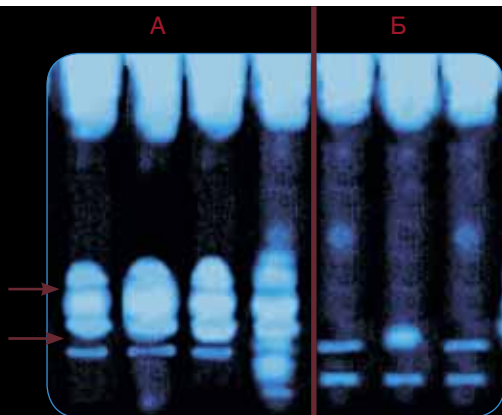
В природе среди паразитов не часто встречаются высоковирулентные виды: во многих случаях паразиту просто невыгодно убивать своего хозяина. Однако в бесконечной войне, которую насекомые ведут со своим паразитарным окружением, они несут немало потерь



Для регистрации различных радикалов используется метод электронного парамагнитного резонанса (ЭПР). Впервые семихиноновый радикал дигидрофенилаланина, образующийся в процессе меланизации, был обнаружен с помощью метода ЭПР в гемолимфе большой вошковой огневки (Slepneva, 2003). Этот радикал является высокореакционным соединением и способен взаимодействовать с различными биополимерами, от белков до нуклеиновых кислот. В результате его действия может происходить гибель патогена, проникшего в организм насекомого



Паразиты бывают большими и малыми. И микроскопический гриб белая мюскардина (*Beauveria bassiana*) (фото справа) не менее опасен для насекомых, чем гигантская личинка ежемухи (сем. Tachinidae). Развившись в теле жука листоеда (*Melasoma populi*), взрослая личинка покинула хозяина, от которого осталась практически одна хитиновая оболочка



Стрелками показана группа индуцибельных ферментов (эстераз).
 А — образцы гемолимфы, полученные от личинок, ранее инфицированных энтомопатогенными грибами или микроспоридиями;
 Б — контрольные образцы

При синтезе меланина в ответ на паразитарную интервенцию возникает каскад химических реакций, в результате чего образуется большое количество разнообразных соединений с высокой реакционной способностью. Они могут непосредственно воздействовать на паразита, вызывая его гибель

Под действием различных паразитов, а также инсектицидов и ряда других ксенобиотиков в организме насекомых индуцируется синтез ферментов детоксикации (на рис. — карбоксиэстеразы), повышается активность антиоксидантных ферментов и накапливаются окисленные неферментные антиоксиданты

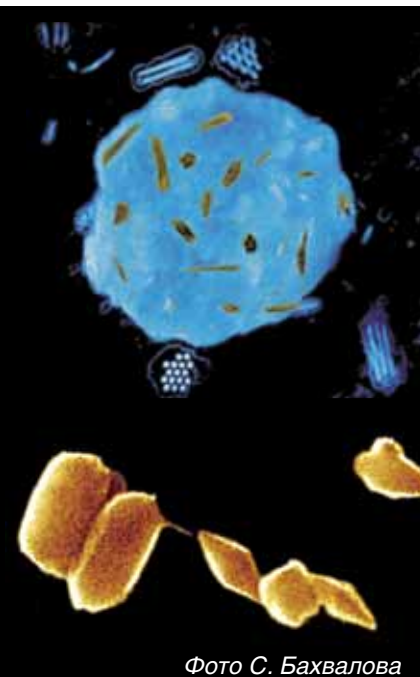


Фото С. Бахвалова

◀ Это образование — белковый матрикс, в который погружены пучки вирионов вируса полиэдроза непарного шелкопряда (*Lymantria dispar*). Белковый матрикс защищает вирусы от неблагоприятных условий. Попадая в кишечник шелкопряда, он растворяется под действием ферментов, и вирионы выходят в межклеточное пространство, затем поражают эпителиальные клетки насекомого

◀ Широко распространенные в природе бактерии *Bacillus thuringiensis* при образовании спор формируют белковый кристалл, обладающий токсическим действием по отношению к ряду насекомых. Попадая в кишечник насекомых, токсин активируется, начиная растворять клетки кишечника. На основе именно этой бактерии производится большинство инсектицидных биопрепаратов



Личинка перелетной (азиатской) саранчи (*Locusta migratoria*), погибшая от микоза, вызванного грибом зеленой мюскардиной (*Metarhizium anisoplia*). Выделил этот гриб из хлебного жука-кузьки, вредителя хлебов на юге России, известный русский ученый, нобелевский лауреат И. И. Мечников в 1880 г. Для наработки и полевых испытаний препарата на основе спор гриба он привлек И. М. Красильщика, организовавшего под Киевом биостанцию — по сути, первый в мире завод по производству биопрепаратов на основе патогенов насекомых. Биостанция просуществовала с 1883 по 1908 г. (Штерншис и др., 2001)

Фото Г. Леднева



Куколка бабочки, пораженная грибом рода *Paecilomyces*



Для насекомых меланин является поистине универсальным веществом: входя в состав кутикулы, он не только определяет ее цвет, но и служит структурным компонентом наряду со склеротином, его близким «родственником». У меланина есть еще одно важное свойство: он способен формировать вокруг паразита, проникшего в полость тела насекомых, своеобразную пигментную оболочку. И если учесть, что как полимер меланин характеризуется высокой механической прочностью, то заключенный в подобную оболочку паразит в результате оказывается полностью изолированным.

Кроме того, при образовании меланина образуется большое количество высокорекреационных соединений, в том числе ортохинонов и семихиноновых радикалов, которые при взаимодействии с кислородом способны образовывать спектр других радикалов (Nappi et al., 2000).

Погибшая личинка колорадского жука. Черное пигментированное пятно образовалось на месте проникновения энтомопатогенного гриба *Beauveria bassiana*



б

Многим паразитам невыгодна смерть хозяина, как, например, этой трематоды из сем. Prosthogonimidae (а). В жизни ей надо пройти несколько «перерождений»: в виде яйца она попадает в организм моллюска, затем в тело стрекозы, где формирует цисту (б), и лишь потом — в окончательного хозяина, как правило, различных околоводных птиц. Чтобы успешно пройти промежуточные стадии, паразиту желательно скрыться от «всевидящего ока» иммунной системы хозяина, т. е. прибегнуть к своеобразной молекулярной мимикрии. При этом паразиты используют такие поверхностные материалы (в данном случае — находящиеся на поверхности оболочки цисты), которые не способна распознать иммунная система хозяина не только «родного», но и других видов. Так, при пересадке цист этих трематод в насекомых, принадлежащих не только к разным видам, но даже к разным отрядам, классических реакций иммунной системы насекомых, как правило, не наблюдалось



а

Процесс меланизации сопровождается генерацией всем известной перекиси водорода, которая также может приводить к возникновению высокорекреационных соединений (например, гидроксильного радикала). Все эти вещества способны непосредственно уничтожить паразита как при его проникновении в организм, так и во время образования капсулы.

Необходимо отметить, что вышеперечисленные соединения не являются специфичными и способны

действию на насекомых резких переохлаждений, а также при их обработке различными инсектицидами.

Таким образом, организм насекомого при проникновении в него паразита находится под своеобразным прессом воздействия различных систем. И хотя защитные системы насекомых способны предотвратить интоксикацию организма и в ряде случаев привести к выздоровлению, сверхактивность любой из них может привести к гибели самого насекомого.



Даже эта куколка булавоусых чешуекрылых (р. *Rhopalocera*), несмотря на свой защитный кокон, может стать жертвой паразитарной интервенции. Пример тому — куколка совковидки (сем. Thyatiridae), пораженная грибом *Beauveria bassiana*



уничтожить любые клетки, в том числе и собственного организма. Для предотвращения их пагубного действия в организме насекомых формируются специальные системы, детоксицирующие (нейтрализирующие) высокорекреационные соединения меланогенеза. Одновременно они же участвуют и в детоксикации метаболитов паразитов.

Характер активации *детоксицирующей* и *антиоксидантной систем* организма зависит от вида паразита и стадии развития самого насекомого. В крови насекомых начинают появляться новые дополнительные изоформы (варианты) *эстераз* — детоксицирующих ферментов. Этот процесс, по-видимому, универсален: подобное явление ранее было зарегистрировано при

В частности, образование больших количеств высокорекреационных соединений сопровождается повреждением тканей и клеток собственного организма. И, напротив, повышенная активность антиоксидантной системы приводит к ингибированию защитной системы. Кроме того, в этом случае могут возникать существенные дисфункции ряда органов, так как определенное количество высокорекреационных соединений необходимо для нормального функционирования клеток.

Паразит — стратег и тактик

Паразит использует разные стратегии, чтобы «перехитрить» иммунную систему организма-хозяина и успешно завершить свое развитие. Один из наиболее эффективных способов — *иммуносупрессия*, т. е. ингибирование определенных звеньев иммунитета насекомых. Например, ингибирование активности ферментов феноксидаз приводит к нарушению образования меланина и свободных радикалов. Такая стратегия характерна для наиболее агрессивных паразитов, которые, как правило, приводят к гибели хозяина-насекомого.

В других случаях паразит стремится скрыться от «всевидящего ока» иммунитета: их поверхностные молекулярные структуры не распознаются иммуннокомпетентными клетками организма-хозяина. Подобный камуфляж — *молекулярная мимикрия* — свойствен в первую очередь тем паразитам, которые используют насекомое в качестве дополнительного хозяина и которым невыгодна его гибель. Примером являются паразитические черви — трематоды, окончательным хозяином которых являются позвоночные, а насекомые используются лишь в качестве транспортного средства. При проникновении в организм насекомого эти паразиты становятся неактивными и покрываются многослойными оболочками, поверхность которых абсолютно инертна.

Иногда паразит «прячется» от иммунной системы внутри клеток организма-хозяина, как, например, микроспоридия, относящаяся к простейшим (одноклеточным организм-эукариотам). Этот паразит еще и активизирует некоторые защитные звенья хозяина, в частности, его детоксицирующую систему. Подобное «подстегивание» приводит к повышению устойчивости хозяина-насекомого к повторному заражению, что избавляет паразита от возможной «внутрихозяйинной» конкуренции.

Нужно заметить, что среди паразитов высоковирулентные встречаются в природе крайне редко. И это не удивительно. Например, агрессивные микроскопические грибы — возбудители микоза насекомых могут приводить к массовой гибели последних. В результате из природных сообществ практически исчезают чувствительные к этому патогену виды насекомых, причем восстановление их численности может затянуться на годы. При это сам паразит, естественно, также элиминируется из природного круговорота.

В случае, если паразит мало активен, он также элиминируется из сообщества. Наиболее выгодна позиция паразита с «умеренной» вирулентностью: при заражении погибает лишь незначительная часть популяции хозяина, а остальная сосуществует с паразитом, платя ему своеобразную дань. Пример — те же микроскопические грибы, поражающие кутикулу насекомых. Если

такой паразит сможет удержаться в кутикуле, но не проникнет в организм благодаря активным действиям иммунной системы, то в следующую линьку насекомое от него избавится. Однако паразиту это и нужно: он уже заселил высококалорийный субстрат, и на этом «аппетитном кусочке» может успешно развиваться дальше. И насекомое также не остается при этом в проигрыше: у него синтезируются дополнительные изоформы эстераз и активируется иммунная система, что будет способствовать не только отражению атак других паразитов, но и повышению устойчивости организма к различным инсектицидам.

Однако подобная идиллия между хозяином и паразитом может легко нарушиться, если насекомое подвергнется каким-либо неблагоприятным воздействиям: резкому перепаду температур, повышенной влажности, ухудшению качества корма и т. д. Снижение жизнеспособности насекомых может повышать их чувствительность к грибу-паразиту, и тогда их отношения начинают развиваться по первому варианту. В конечном счете все заканчивается *эпизоотией*, т. е. массовой гибелью.

В результате коэволюции паразита и хозяина формируются сложные многокомпонентные системы, которым свойствен определенный уровень динамического равновесия, что позволяет существовать в природе как хозяину (насекомому), так и паразиту. Естественно, что под воздействием различных факторов системы могут изменяться, но если рассматривать их с точки зрения достаточно больших временных отрезков, то можно говорить о их некоем постоянстве в природе.

Держать на контроле

Фундаментальные исследования механизмов функционирования системы «паразит—хозяин» дают не только пищу для размышлений энтомологам, физиологам и эволюционистам. Полученную информацию можно использовать в сугубо практических целях — для разработки стратегий контроля за насекомыми-вредителями, дающими массовые вспышки численности.

В настоящее время для контроля численности насекомых используют биопрепараты на основе природных патогенов. Наиболее часто в качестве основы применяют бактерии *Bacillus thuringiensis*, образующие при спорообразовании белковый кристалл, токсичный для ряда видов насекомых. Есть биопрепараты, созданные на основе вирусов, патогенных грибов и простейших. Оказалось, что для контроля за численностью «нежелательных» насекомых можно также использовать вещества, которые будут не убивать их, а лишь ингибировать определенные звенья иммунной системы.

Например, в результате ингибирования детоксицирующих ферментов можно понизить устойчивость

насекомых к паразитам и в результате существенно повысить эффективность инсектицидных препаратов на основе природных патогенов. В частности, при испытании ряда фосфоорганических инсектицидов в крайне низких (на 2–3 порядка ниже обычной) дозах активность патогенных грибов увеличивалась в несколько раз.

Однако поскольку такие химические инсектициды экологически небезопасны даже в небольших количествах, исследователи ведут поиск альтернативных активаторов паразитов. Так, было обнаружено, что при обработке насекомых некоторыми веществами, выделенными из растений, активность ряда паразитов, в частности грибов и вирусов, повышается. Еще один путь создания эффективных инсектицидных биопрепаратов — использование одновременно двух патогенов в качестве основы (так называемые *микспрепараты*).

Особенно перспективным является использование паразитов, которые поражают различные ор-

ной саранчи, одного из массовых и опаснейших вредителей посевов. При совместном использовании этих бактерий и патогенных грибов первые вызывают гибель части насекомых уже в первые сутки болезни, тогда как в последующие дни насекомые гибнут от микоза. Причем практически сразу после инфицирования насекомых бинарной смесью их активность падает и передвижение замедляется. Последнее очень важно для предотвращения распространения и локализации очагов саранчовых.

При всех положительных сторонах биопрепаратов — экологической безопасности, возможности создания долговременных очагов циркулирующих (*персистирующих*) болезней в природных популяциях насекомых-вредителей — у них есть и свои недостатки, которые, в принципе, преодолели.

Первое — нестабильность в природных условиях. Чтобы справиться с этим, необходимо использовать различные протекторы, защищающие их, в первую очередь, от

Пока человек не использует в полной мере природный арсенал патогенов насекомых для контроля за их численностью. Результаты исследований механизмов, обеспечивающих устойчивость насекомых к паразитам, позволят в будущем увеличить эффективность подобных препаратов и обеспечить их безопасность для природных сообществ

доемкость. Снизить расходы можно благодаря использованию химических «активаторов» и протекторов патогенов, а также оптимизации технологии наработки патогенных микроорганизмов.

Таким образом, при создании биопрепаратов необходимо учитывать как биологические особенности паразитов, используемых в качестве основы, так и физиологическое состояние самих объектов — насекомых. Наиболее перспективным, по-видимому, является создание комплексных препаратов на основе не менее двух патогенов в сочетании с химическими соединениями, снижающими устойчивость насекомых к заболеваниям.

При наличии подобных химических «супрессоров» можно вовлечь в борьбу против насекомых и микроскопических обитателей природных сообществ. Например, при повторных обработках можно использовать лишь химические инсектициды (но уже в гораздо меньших дозах), предоставив остальную работу по уничтожению вредителей их природным врагам. Подобная технология является сегодня своеобразным, но вполне приемлемым компромиссом на пути достижения абсолютно безопасных для окружающей среды биологических или биохимических препаратов, избирательно направленных на одну цель — насекомое-вредителя.

Литература

Воролицова Я.Л., Ершов Н.И., Глулов В.В. Влияние микроспоридии *Vairimorpha ephestiae* (Microsporidia: Burenellidae) на активность и спектр неспецифических эстераз различных тканей личинок большой вощинной огневки *Galleria mellonella* (Lepidoptera: Pyralidae) // *Паразитология*. — 2006. — Т. 40. — С. 74–84.

Глулов В.В., Слепнева И.А. Механизмы цитотоксичности // *Патогены насекомых: структурные и функциональные аспекты*, под ред. В.В. Глулова. Москва: Изд-во «Круглый год», 2001. — С. 501–513.

Крюков В.Ю., Леднёв Г.Р., Дубовский И.М. Перспективы применения энтомопатогенных гифомицетов (Deuteromycota, Hyphomycetes) для регуляции численности насекомых // *Евразийский энтомологический журнал*. — 2007. — Т. 6. — С. 195–204.

Серебров В.В., Алексеев А.А., Глулов В.В. Изменение активности и спектра эстераз гемолимфы гусениц вощинной моли *Galleria mellonella* L. (Lepidoptera: Pyralidae) при микозах // *Изв. РАН. Сер. биол.* — 2001. — № 5. — С. 588–592.

Cerenius L., Soderhall K. The prophenoloxidase-activating system in invertebrates // *Immunol. Rev.* — 2004. — V. 198. — P. 116–126.

Dziarski R. Peptidoglycan recognition proteins (PGRPs) // *Mol. Immunol.* — 2004. — Vol. 40. — P. 877–886.

Komarov D.A., Slepneva I.A., Glupov V.V., Khrantsov V.V. Superoxide and hydrogen peroxide formation during enzymatic oxidation of DOPA by phenoloxidase // *Free Radical Res.* — 2005. — V. 39. — P. 853–858.

Nappi A.J., Christensen B.M. Melanogenesis and associated cytotoxic reactions: Applications to insect innate immunity // *Insect Biochem. Mol. Biol.* — 2005. — V. 35. — P. 443–459.

Slepneva I.A., Komarov D.A., Glupov V.V. Influence of fungal infection on the DOPA-semiquinone and DOPA-quinone production in haemolymph of *Galleria mellonella* larvae // *BBSR.* — 2003. — V. 300. — P. 188–191.

В публикации использованы фотографии В. Глулова. Фотографии клеточных препаратов с помощью световой микроскопии сделаны Н. Крюковой (ИСиЭЖ СО РАН)

Редакция благодарит сотрудников ИСиЭЖ СО РАН к.б.н. В.Ю. Крюкова, к.б.н. И.М. Дубовского за помощь в подготовке публикации



Личинка пруса (итальянской саранчи — *Caloptenus italicus*), погибшая от заражения энтомопатогенным грибом

ганы насекомых в разные временные периоды. Пример — бактерия *Pseudomonas*, обладающая высокой токсичностью для саранчовых, и в первую очередь — для перелет-

солнечных лучей. Второе — большой период «отсрочки» действия препаратов. В этом случае может помочь использование двух и более патогенов микроорганизмов при одновременном применении химических «активаторов» патогенов. И, наконец, недостатком современных биопрепаратов является, безусловно, их дороговизна и тру-



А эти личинки перелетной (азиатской) саранчи (*Locusta migratoria*) вполне здоровы и бодрны. Судя по светлой окраске, они находятся на одиночной фазе существования. При обычной скорости размножения — это мирные оседлые насекомые, не причиняющие вреда, но при массовом размножении становятся настоящим бедствием для посевов

ШЕСТИНОГОЛЯР

планета

Знаете ли вы, что каждое четвертое животное на планете — жук? Помимо жесткокрылых, класс насекомых включает более трех десятков отрядов, которые, в свою очередь, представлены в прямом смысле бесчисленным множеством видов — сами ученые-энтомологи расходятся в оценке их количества. И каждый год ученые открывают сотни и тысячи новых видов! Поистине Земля — «планета шестиногих», и уже довольно давно: насекомые появились на планете около 400 миллионов лет назад.

Среди летающих, ползающих и прыгающих созданий есть хищники и копрофаги, паразиты и опылители, кровососы и пастухи... И как бы странно ни звучало для нашего уха, но эти «малые мира сего» гораздо более значимы для биосферы, чем человек и другие млекопитающие: без них функционирование большинства природных экосистем нарушится безвозвратно. И к тому же без них планета потеряла бы многое от своей первозданной красоты...

ФОТОРЕПОРТАЖ В. ГЛУПОВА

Инстинкт продолжения рода — основной «движитель» эволюции, и проявляется он независимо от цвета, веса и вида партнеров. В этой романтической паре комаров настоящих или кровососущим (сем. Culicidae) «вампиром» является самка, самец же довольствуется нектаром цветов



А это представители наиболее известного и любимого человеком семейства пчелиных (Apidae). Конечно, самый знаменитый вид — медоносная пчела (*Apis mellifera*, фото внизу). Как сказал премудрый царь Соломон, «пойди к пчеле и познай, как она трудолюбива, какую почтенную работу она производит; ее труды употребляют в здравие и цари, и простолюдины; любима же она всеми и славна; хотя силою она слаба, но мудростью почтенна» (Притч. VI, 8)



Личинка пилильщика (сем. Tenthredinidae) внешне похожа на гусеницу бабочки. Это семейство входит в отряд перепончатокрылых (Hymenoptera) наравне с пчелами, осами и муравьями. Как все представители этого отряда, взрослая особь обладает двумя парами тонких перепончатых крыльев



▲ Шмелевидка жимолостная (*Hemaris fuciformis*) из семейства бражников (Sphingidae) в самом деле похожа на шмеля. Эта бабочка, как и все бражники, не садится на цветок, а парит над ним в воздухе как колибри, на лету высасывая хоботком сладкий нектар





У жуков-долгоносиков из родов *Polydrusus* и *Hylobium*, как и у всех их многочисленных родственников (около 85 тыс. видов) голова вытянута в длинную головотрубку, на конце которой расположены ротовые органы — отличный инструмент для прогрызания отверстий в растениях. Можно и яйца отложить, и перекусить заодно...



Личинка кобылки бескрылой (*Gomphomastax*). Эти некрупные бескрылые саранчовые не испытывают никакого желания собираться в стаи



Сверкающая драгоценность — жук-листоед (*Chrysolina graminis*). Семейство листоедов (или листогрызов), к которым относятся и гораздо менее симпатичные колорадские жуки, — одно из крупнейших среди жесткокрылых (свыше 25 тыс. видов), хотя сами жуки невелики



Насекомые составляют особый класс (латинское название *Insecta*; прежде применялось также название *Hexapoda*, т. е. шестиногие) в типе членистоногих (*Arthropoda*). Тело насекомого покрыто снаружи более или менее плотной кутикулой, которая играет роль наружного скелета и обычно образует твердый панцирь; этим насекомые отличаются от позвоночных, у которых скелет внутренний...

Подвижность тела достигается подразделением его на серию члеников, или сегментов. Однако сегменты тела у насекомых, как у высших членистых животных, уже утратили свою первичную повторяемость и объединены в три отдела — голову, грудь и брюшко...

Ходильные конечности у насекомых сохранились лишь на груди, на голове они видоизменились в ротовые органы и в пару усиков, а на брюшке вовсе исчезли...

Помимо того, на груди у громадного большинства насекомых выработались новые органы движения — крылья (Бей-Биенко Г. Я. Общая энтомология. М.: Высшая школа, 1980. — 416 с.)

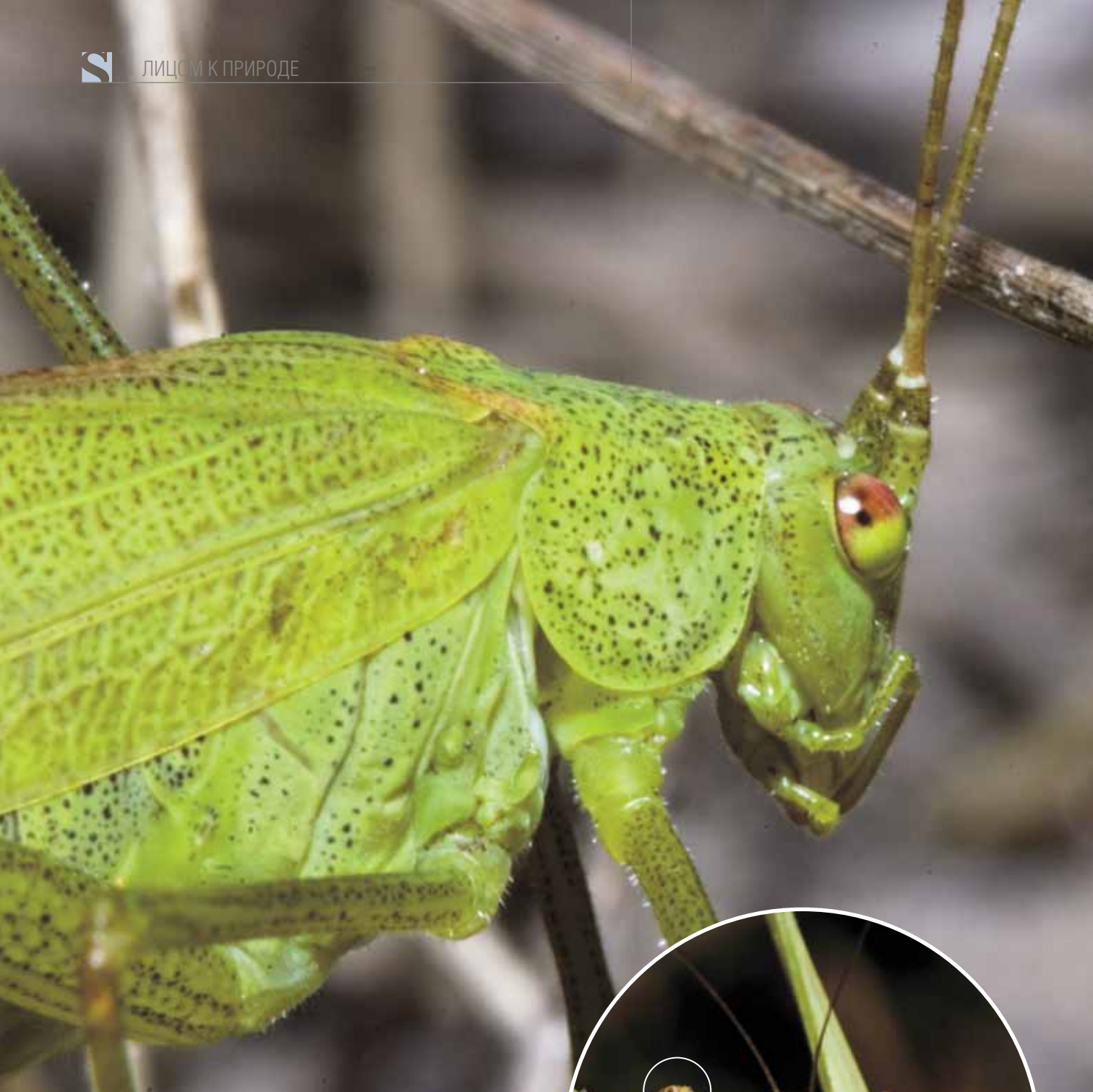


Личинки бронзовки золотистой (*Cetonia aurata*, сем. Scarabaeidae) аскетично питаются трухлявой древесиной, зато взрослые особи наслаждаются нежнейшими частями цветков ▼

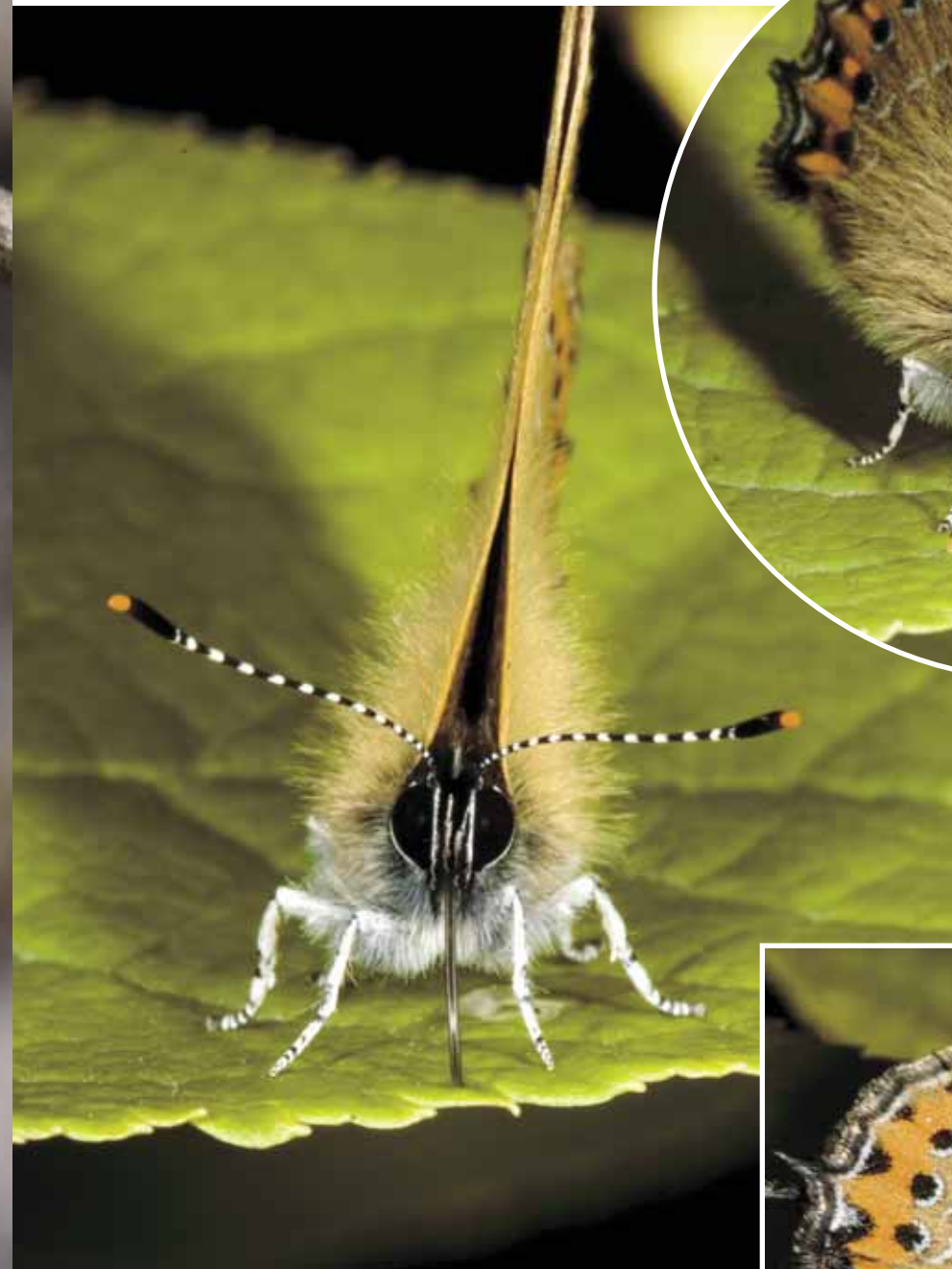


Эта шестикрылая красотка стрекоза так и называется: красотка блестящая (*Calopteryx splendens*). Она является нашим обычным речным обитателем. Парадоксально, но красочное одеяние у этой стрекозы носит самец (а), наряд самки много скромнее (б) ◀

Развитие у насекомых сопровождается прохождением трех или четырех фаз: яйца, личинки, куколки (не у всех) и взрослой фазы. Следовательно, после выхода из яйца, т. е. в постэмбриональный период, развитие насекомых протекает с превращением одних фаз в другие, а не является простым ростом и увеличением размеров тела. Такой тип онтогенеза получил название метаморфоза, или развития с превращением



▲ Этот денди в профиль и анфас — кузнечик пластинокрыл обыкновенный (*Phaneroptera falcata*), который действительно «с мухами не дружит» — при случае их съедает. Как и все другие прыгающие родственники, он может «растопырить уши», поскольку последние расположены прямо на передних лапках ▶



«Мохнатое» чудо — хвостатка сливовая (*Nordmannia pruni*) — относится к крупнейшему семейству голубянок (*Lycaenidae*). Эти небольшие дневные бабочки и их гусеницы вполне лояльны по отношению к сельскохозяйственным и огородным культурам



Мир насекомых отличается поистине бесконечным разнообразием своих свойств и играет выдающуюся роль в круговороте веществ в природе, в деятельности человека. Максимальное использование всех разнообразных полезных свойств насекомых и рациональная борьба с вредными видами составляет одну из существенных задач современности

◀ Пестрая окраска бабочек-толстоголовок (сем. *Hesperiidae*) часто служит им маскировкой. Нашу толстоголовку-морфей (*Heteropterus morpheus*) легко отличить от родственниц по пятнам на исподу задних крыльев. Сверху бабочка окрашена куда скромнее



Копуляция пары особей конька изменчивого (*Chorthippus biguttulus*) (самка слева)



▶ Саранчовые, как и многие другие насекомые, в совершенстве овладели приемами мимикрии. Личинку барабинской трещотки (*Angaracris barabensis*) почти невозможно разглядеть среди лишайников и трав Курайской степи, пока она не шелохнется

Редакция благодарит сотрудников ИСиЭЖ СО РАН к.б.н. В.Ю. Крюкова, к.б.н. И.М. Дубовского за помощь в подготовке публикации



Этот солидный «кузнечик» — личинка пустынного пруса (*Calliptamus barbarus*). Как и азиатская саранча, он относится к основным стадным саранчовым, которые могут быть серьезной проблемой для сельского хозяйства



И. В. СТЕБАЕВ

Кузнечик дорогой

Эволюционно-экологические очерки



СТЕБАЕВ Игорь Васильевич — доктор биологических наук, профессор. В течение многих лет преподавал зоологию беспозвоночных и биосферную экологию в Новосибирском государственном университете. Занимался исследованиями экологии саранчовых и кузнечиков на территории Сибири и ее сопределий, от озера Иссык-Куль в Средней Азии до озера Ханка на Дальнем Востоке. Автор многих научных и научно-популярных статей и монографий

*Кузнечик дорогой, коль много ты блажен...
Эта стихотворная строка пришла однажды в голову ученому и поэту, отделившему литературный русский язык от церковно-славянского и названному А. С. Пушкиным «первым нашим университетом» — Михайле Васильевичу Ломоносову. А случилось это по дороге из Санкт-Петербурга в Петергоф, куда он ездил пред царственные очи дочери Великого Петра хлопотать о привилегиях Императорской Академии Наук. Экипаж ученого повредился, и пока его чинили, натуралист оказался на лесной поляне с высоченными травами. Она была залита зноем августовского дня 1761 г. и до краев наполнена треском, звоном и пением кузнечиков и других им подобных музицирующих существ. Отделенный звуковым занавесом этого концерта от целого мира, Михайла Васильевич, вспоминая все, что по этому поводу знал из зоологии, продолжил так:*

*Коль больше пред людьми ты счастьем одарен!
Препровождаешь жизнь меж мягкой травой
И наслаждаешься медвяною росой.
Хотя у многих ты в глазах презренна тварь,
Но в самой истине ты перед нами царь.*

*Ты ангел во плоти, иль лучше ты бесплотен!
Ты скачешь и поешь свободен, беззаботен.
Что видишь — все твое: везде в своем дому,
Не просишь ни о чем, не должен никому...*



Возможно, что главным оркестрантом в концерте, который поляна давала Ломоносову, был настоящий кузнечик со звонким латинским именем *Tettigonia cantans*, или кузнечик певчий. Кузнечик этот, обычный в нашей средней полосе, появляется весной из яичка, запрятанного в землю. Имея уже вполне «взрослые» длинные усы и прыгательные ноги, это существо называется еще лишь *нимфою* кузнечика, так как брюшко его и, главное, крылышки еще совсем короткие.

Нимфе предстоит еще расти и несколько раз линять, сбрасывая свой старый нерастягивающийся панцирь, и обзаводиться новым, так сказать, на размер большим. Взрослые насекомые, далее не растущие и, соответственно, не линяющие, именуется *имаго*, что означает «полный образ сущего». Нимфа выходит из яичка уже очень похожая на имаго. Такой путь развития получил у насекомых название *неполного превращения*, так как в нем нет настоящей червовидной личинки или тем более куколки, как это бывает у других насекомых, например, бабочек.

Неискушенный в энтомологии человек часто называет «кузнечиками» и саранчовых, которые являются их близкими родственниками. Вместе со сверчками, тараканами, богомолами, палочниками и термитами они принадлежат к отряду прямокрылых (Orthoptera). Отличить их от древнекрылых насекомых (Paleoptera), к которым относятся, например, стрекозы, очень просто: все прямокрылые имеют складывающиеся вдоль тела крылья с преобладанием утолщенных и удлиненных прожилок, которые защищают их от потери влаги.

В дебрях трав

Саранчовые (Acrididae) начали широко распространяться из лесов вместе с травами, подобно травоядным копытным млекопитающим, всего каких-нибудь 35–40 млн лет назад, в середине третичного периода, непосредственно предшествовавшего нашему — четвертичному.

Скажем здесь несколько слов о самих травах, появившихся в эти времена из-за начавшихся несчастий деревьев, но давших своим разрастанием всей биосфере Земли новое дыхание, причем животворное. Несчастья же состояли в том, что сезонные изменения климата в ту пору становились все резче и резче, и деревья уже не успевали каждый год отплодоносить. Из-за долгого роста они также не могли ужиться в местах, подверженных смывам почв, которые участились в связи с образованием новых горных склонов — в это время начинали вздыматься горы так называемого альпийского поколения.



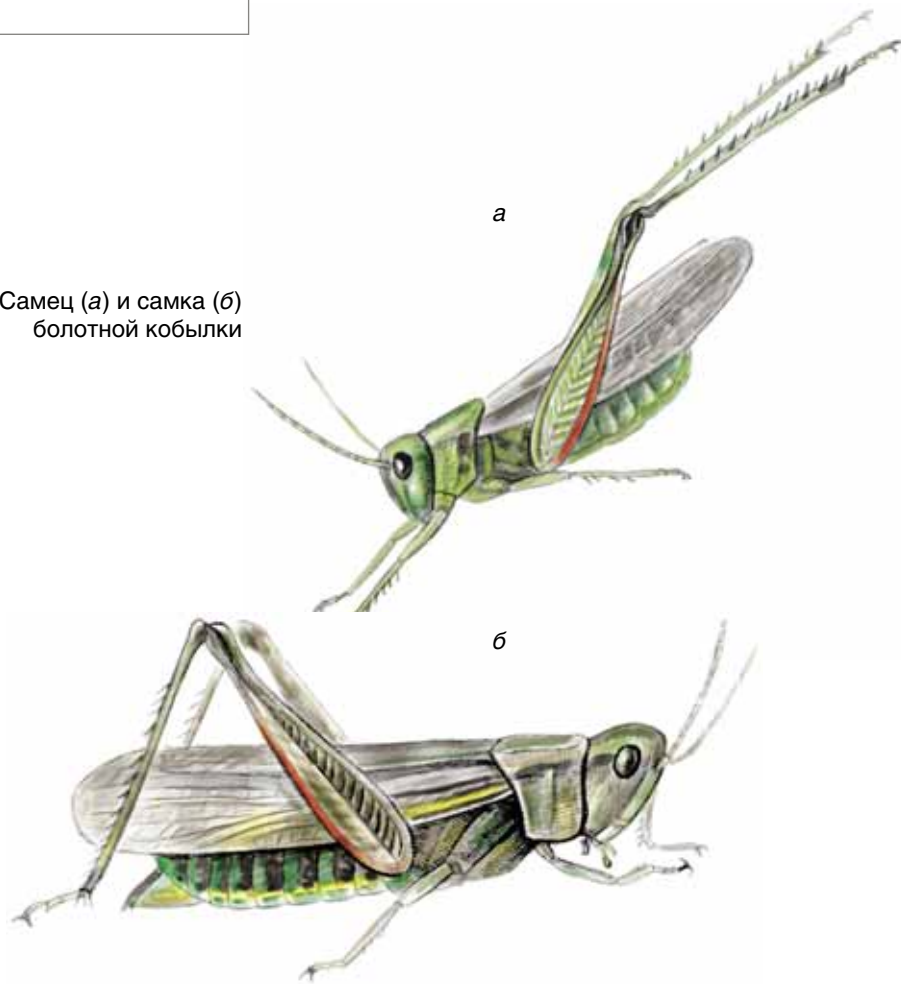
В отличие от прямокрылых, у бабочек и многих других насекомых, начиная с жуков, когда-то давно, не менее чем 320 млн лет тому назад, произошла, так сказать, «перспективная» катастрофа их эмбрионального (зародышевого) развития в яйце, или дезэмбрионизация. Возможно, она была вызвана тем, что насекомые потребляли биологически активные вещества, которыми растения начали от них защищаться.

Зародыши стали выходить из яиц все менее развитыми, все менее жизнеспособными, но все более похожими на своих отдаленных эволюционных предков, вплоть до червеобразных — таковы, например, гусеницы. Можно предположить, что именно поэтому такие зародыши не погибали, а начинали сами питаться листьями и накапливать в своем теле жир. Он играл ту же функцию, что и утерянный яйцевой желток. Это давало возможность напитавшейся гусенице и подобным ей личинкам вновь впасть в покой для внутренних превращений и становиться куколкой, то есть как бы вторым покоящимся яйцом.

В куколке те зачатки, предназначенные для образования органов взрослого насекомого, начинают развиваться заново, причем ткани самой гусеницы как бы растворяются, идя на построение органов имаго. Так через разрушение жизни первого этапа регулярно появляется новая жизнь, вылетающая из куколочки в виде жуков, бабочек, мух и других насекомых, имеющих такое непростое и до сих пор во многом загадочное *полное превращение, или метаморфоз*



Самец (а) и самка (б)
болотной кобылки



Замечательный русский энтомолог и эколог Г. Я. Бей-Биенко (1903—1971) работал в Омске, а затем в Санкт-Петербурге, в лаборатории по изучению насекомых Северной Азии в музее Зоологического института Академии наук. Он является основоположником исследований кузнечиков и саранчовых Сибири

Чудо преображения деревьев в травы похоже на чудо дезэмбрионизации личинок насекомых с полным превращением, о котором мы уже упоминали раньше. Здесь тоже происходит перенос жизненно ответственных функций на «молодежь», или ювенилизация. В данном случае всю зеленую массу (а главное — цветы и семена) начинают быстро производить проростки деревьев, еще не сформировавшие плотного ствола. Жизнь растений становится короче, но, как мы видим по цветущим лугам, куда ярче и разнообразнее. Травы успевают отложить до холодов потомство, которое покоится в виде семян в почве, и густо и быстро оплести прогалины леса. Удастся им и соткать новые, насквозь пронизанные солнцем растительные покровы лесных полян, лугов, степей и отчасти пустынь

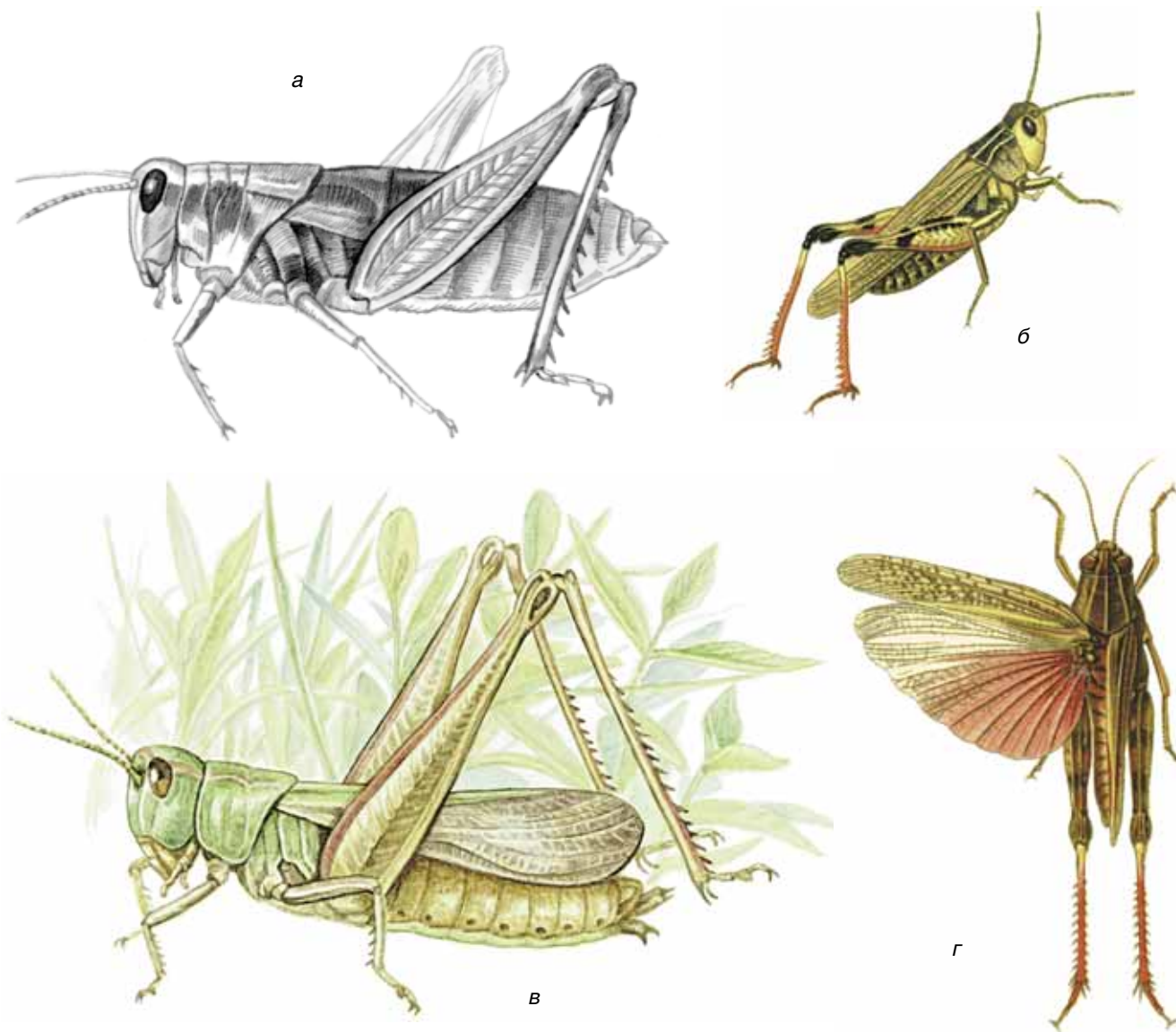
Укорачивая свою жизнь, травы не только преодолели трудности, душившие их древовидных предков, но и ускорили ежегодное поступление в почву мягкой и легко разлагающейся массы листьев и стеблей. Почвы начали обогащаться органикой (ведь в лесу они подзолисты, бедны и перегноем, и многими химическими элементами, вынесенными из них водою, и, подобно золе, богаты в основном лишь кремнием). Они становились общим резервом питательных веществ для всех растений одного луга — в то время как каждое отдельное дерево имело подобный резерв лишь в собственном стволе. Не случайно именно луга и степи, особенно на черноземах, послужили родиной животноводства и земледелия, без которых не могла бы сложиться и поддерживаться вся современная, в том числе и техническая, цивилизация.

Новые возможности были оценены травоядными копытными задолго до людей — да кое в чем и разумнее. Они постоянно меняли пастбища, чтобы дать возможность вновь отрасти травам, а не выбивали их под корень и не превращали луга и степи в так называемое

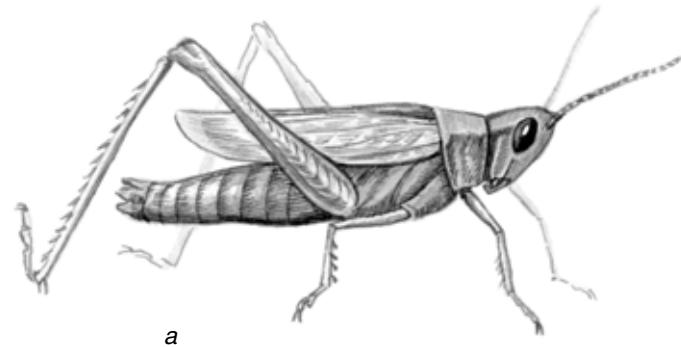
Кобылками чаще всего называют достаточно крупных саранчовых с умеренно вытянутым и округленным в своем поперечном сечении телом, имеющих яйцевидную голову. Именно подобные им насекомые в третичный период выходили из лесов и приспособлялись к жизни на полянах, в лугах и в луговых степях. Кобылки забираются на нижние части трав, но гуляют большей частью по земле, предпочитая усыпанную опавшими стебельками у подножия растений. Если при приземлении после прыжка кобылки попадают в пучки травы, то они спешат с них спуститься

тырло, которое можно видеть на присельских покотинах, да и на многих овечьих пастбищах.

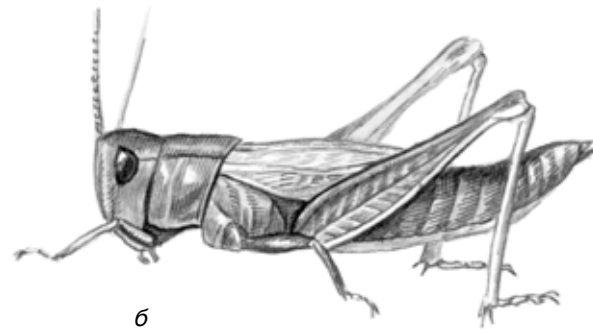
Подобными же «микрокопытными» оказались и саранчовые, недаром называемые в народе *кобылками* и *коньками*, с той лишь разницей, что им не нужны водопой. Они жадно усваивают воду из трав и, испаряя ее с поверхности своего тела, хорошо охлаждают его, то есть не боятся жары и идут навстречу солнцу по Земле, по ее тысячеверстным травянистым пространствам, украшая их своими нарядами и наполняя песнями.



Кобылки: а) бескрылая, б) пестрая, в) травянка толстоголовая, г) прус итальянский



а



б

Коньки: а) луговой, б) короткокрылый

Коньки, попав при прыжке на землю, спешат взобраться на траву, а при ходьбе стараются передвигаться по листьям, избегая земли, особенно оголенной. Такие повадки сказываются и на их облике. Тело их сжато с боков, а голова почти острровершинно треугольная. Все это удобно для движения сквозь густой строй стеблей трав

Дети Солнца

Своей погоней за листо-стеблевой водой саранчовые снискали себе славу обжор. Между тем их жадность в поедании означает всего лишь скромность в потреблении, так как помимо воды они всасывают в себя из захваченной растительной пищи лишь самые легкоусвояемые растворимые вещества (сахар, крахмал и др.). Переработка пищеварительными соками у них слаба, зато механическая переработка листовой оказалась очень сильной. Об этом можно судить по вооруженности их верхних челюстей: одна такая челюсть несет предназначенные для скусывания плоские резцы, похожие на лошадиные, и мощные уплощенные части, соответствующие коренным зубам и используемые для растирания откусанных кусочков листьев.

В результате пищевая масса в их желудках не только не обедняется, но даже обогащается — за счет тех питательных веществ, которые в растении запряжаны под его целлюлозными клеточными оболочками и потому малодоступны для микроорганизмов. Идет процесс освобождения азотистых веществ, выходящих на сво-

боду из растительных тканей, раздробленных зубами. Это благодать для бактерий-нитрификаторов, которые в считанные часы заканчивают разложение листьев на химические элементы, необходимые, кстати, для корневого питания трав.

Вот почему выбрасываемые саранчовыми из кишечника на землю волокнистые веретенца экскрементов оказываются той золотой монетой, которой они расплачиваются с травами, идущими им на угощение. Веретенца эти с помощью бактерий-сожителей саранчовых обогащаются еще и витаминами В, стимулирующими рост и прорастание трав. Вот и выходит, что прямокрылые коньки да кобылки оказываются не уничтожителями, а возделывателями трав.

А как же знаменитый вред, наносимый саранчовыми полям? Оказывается, что жить на них постоянно многие из саранчовых избегают, а мостятся в местах, где побольше сорняков, которые они заметно «пропалывают». На целине, окружающей поле, они настойчиво выбирают для питания немногие виды диких растений. Только тогда, когда их становится слишком мало, например, в случае выбоя пастбища скотом, и когда поиски этих трав отнимают слишком много сил и времени, саранчовые могут вдруг пересмотреть свою диету. Тогда в поисках заменителей природной пищи они отправляются на посевы, где этих заменителей искать уже не надо, так как они посажены там человеком как нарочно для маленьких искателей — на каждом шагу.

Так что саранчовые, эти дети Солнца, оказываются и его помощниками в обогащении биосферы.

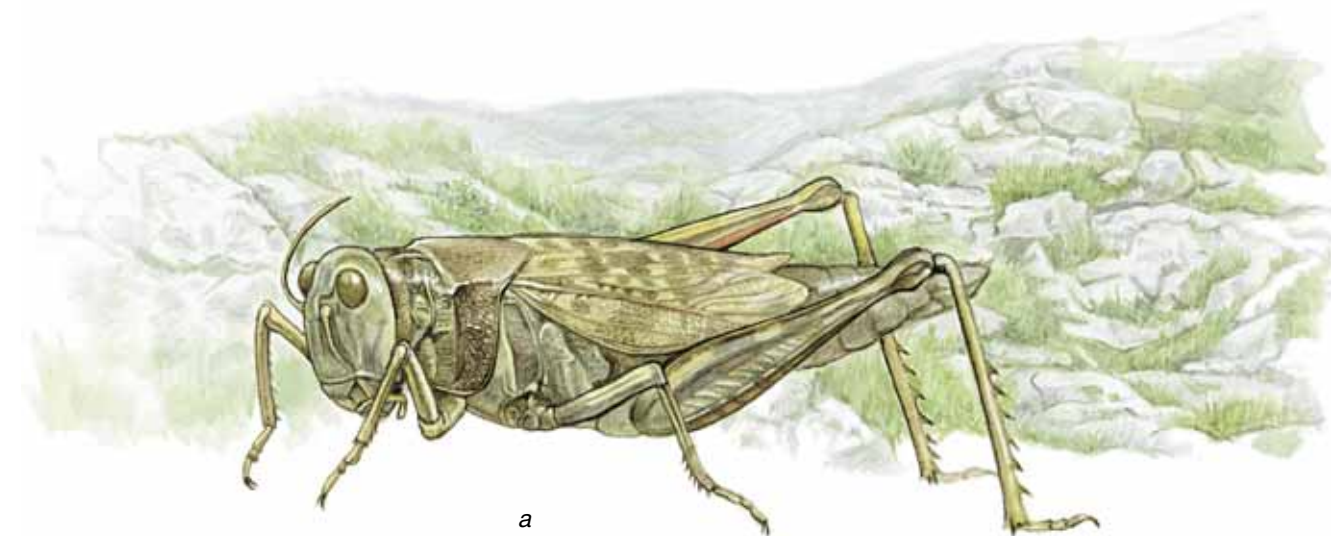
Повадки и походки

Итак, саранчовые, как и другие их сородичи, проводят свою жизнь экологически умело или даже, можно сказать, разумно. Поэтому стоит приглядеться и к тому, как они «препровожают жизнь меж мягкой травой» и как они себя в ней ведут.

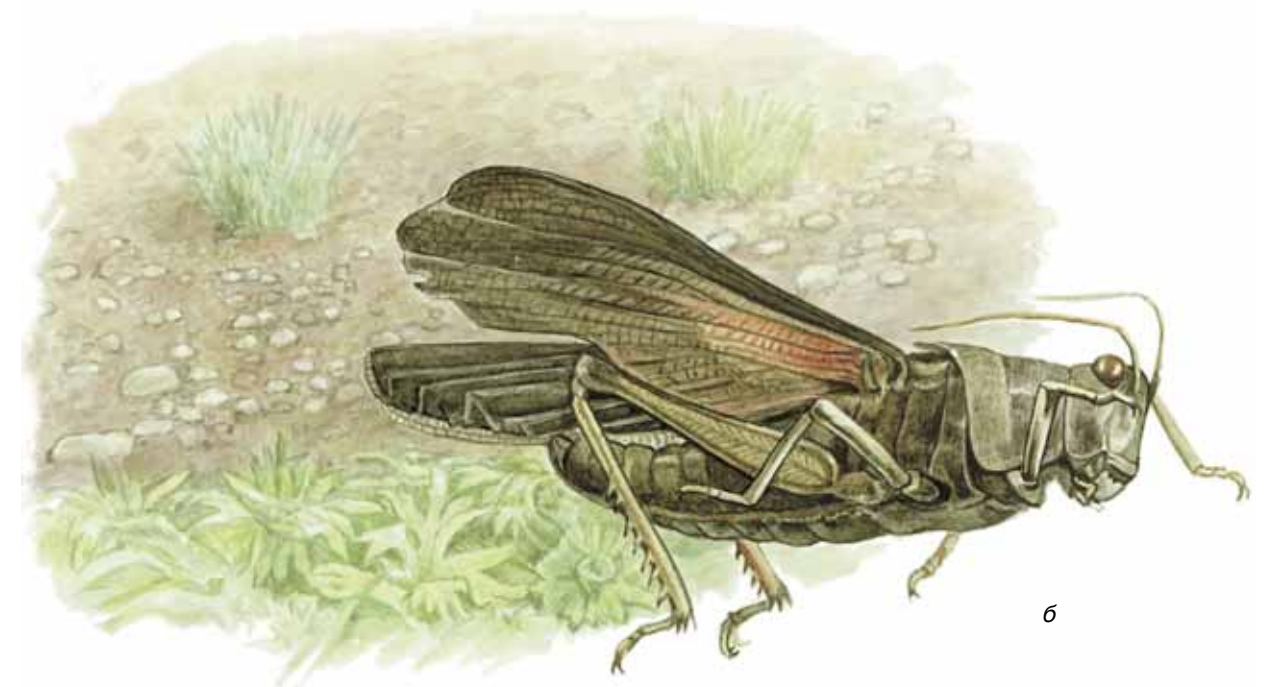
Обычай и нравы саранчовых легче всего исследовать безошибочным методом сказочного Мальчика-с-пальчик. Для этого, в первую очередь, нужно стать им, опустившись перед травой и ее обитателями на колени, и, конечно, запастись маленькими белыми камушками. Теперь заметим на земле кобылку и, не отрывая от нее взора, поползем за нею, оставляя камешки по ее пути. Тут, конечно, нужно набраться терпения — не меньшего, чем у того же Жана Анри Фабра, изучавшего инстинкты и нравы насекомых, — так как наша кобылка по пути закусывает, а иногда и подолгу отдыхает, привалившись на бочок и греясь на солнышке.

Поблуждав в «стране дремучих трав», можно заметить, что кобылка идет извилистой тропой. Но на каждом ее изломе она идет по кратчайшему пути до излюбленного ею пятнышка земли, голой или с матрасиком растительного опада, или до теневых зонтиков того или иного растения. Так может вести себя, например, любитель только яблок или только груш в смешанном саду, стараясь при наименьшей трате сил как можно скорее наполнить свою корзинку. Для кобылки, конечно, еще важно пройти этот путь так, чтобы быть не замеченной птицами. Так что у каждого вида саранчовых — своя сноровка и походка, по которым их можно узнать, даже если не удастся как следует разглядеть, что называется, в лицо.

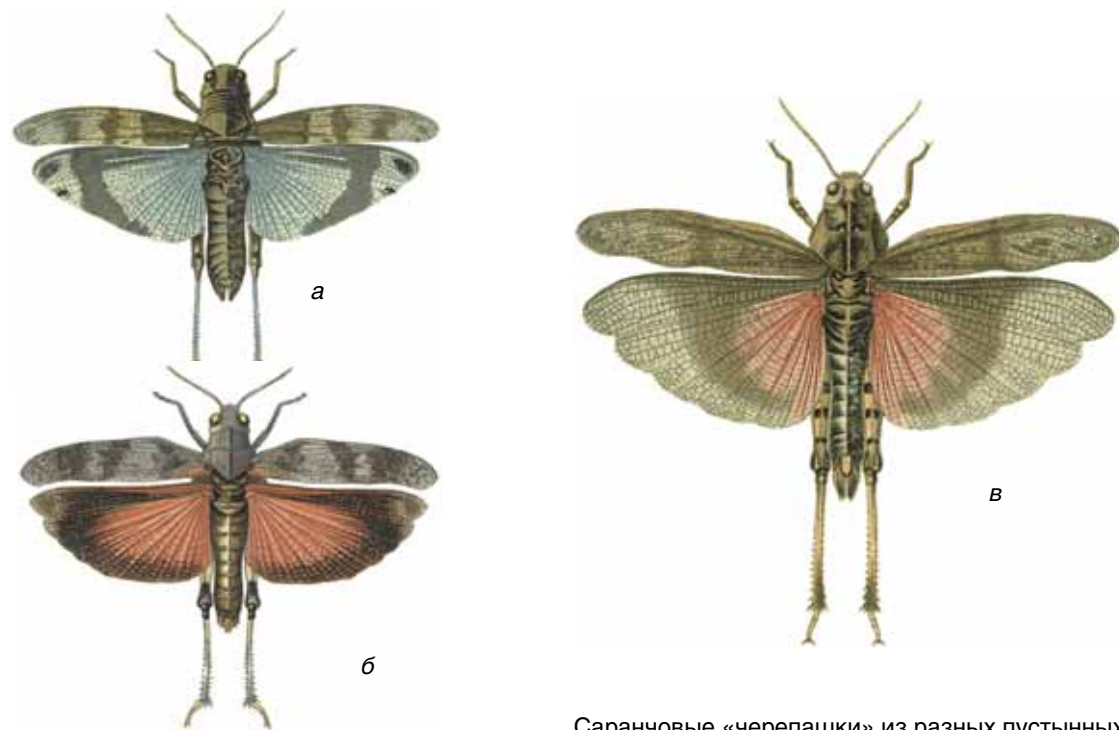
Трещотка алтайская из саранчовых «черепашек»: а) самка, б) самец



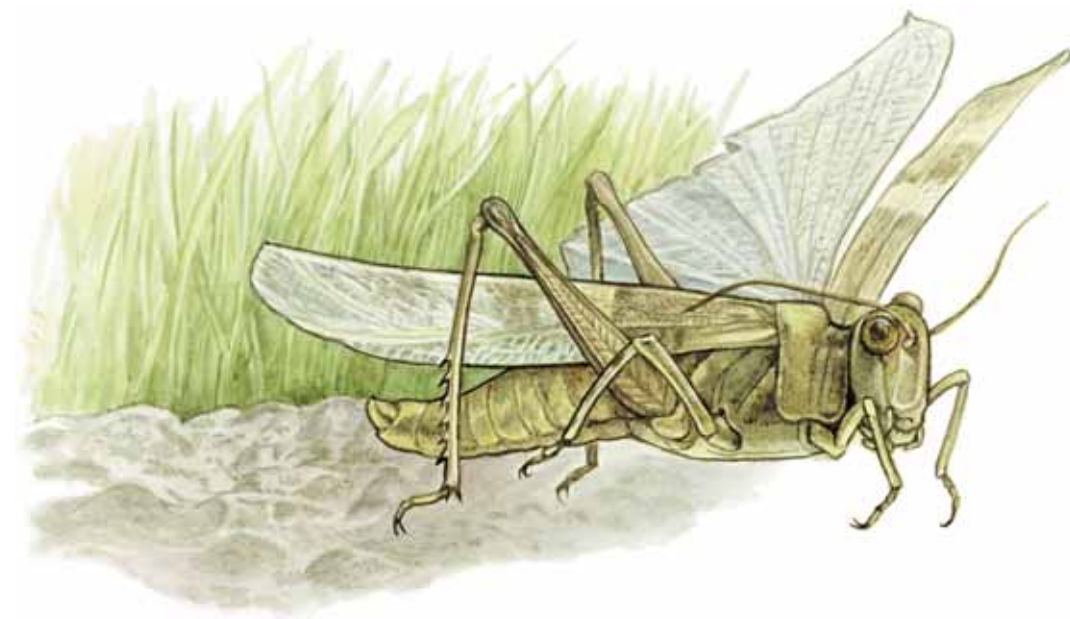
а



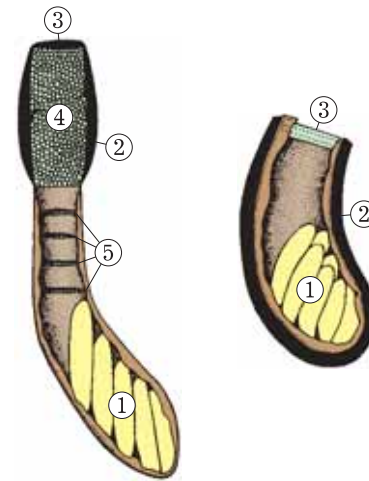
б



Саранчовые «черепашки» из разных пустынных мест: а) голубокрылая, б) краснокрылая, в) бриодема бугорчатая



Пустынница-песчанка (*Hyalorhhipus clausi* Kitt.) Самцы некоторых видов чрезвычайно летучи и длиннокрылы, отчего на земле со сложенными крыльями приобретают сходство с крокодилчиками



Яйцевые кубышки с пробками у мароккской саранчи (слева) и у видов средней полосы (справа):
1 — яйца;
2 — землистые стенки;
3 — крышечки;
4 — пенная масса;
5 — пленчатые перегородки

Черепашки — назовем их так условно — третья большая группа саранчовых, которые в отличие от других прямокрылых смело выходят в опустыненные ландшафты. Они короткоширокотелы, а снизу уплощены. Голова же у них коробчатая и туполицая. В поперечнике тело напоминает срез полукруглого каравая. Отметим, что такая форма тела способствует скрадыванию теней на голой земле. Бедр задних ног у них очень толсты, что позволяет далеко прыгать в открытом ландшафте. Окраска землистая, и они умеют просто растворяться в пустыне — там, где другим животным никак не спрятаться. Приземлившись после прыжка и полета, они сразу отбегают от растений и стараются не отрываться от уютной для них голой поверхности земли — хотя питаются они листьями

Автор этих строк вместе со своими студентами метил сотни саранчовых двух видов — лугового и степного — пятнышком краски на спинке. После этого мы выпускали их из садка в одном месте. Место это было посередине целого гектара пятнистого остепненного луга. Потом, прочесывая этот луг, мы изо дня в день считали помеченных саранчовых по клеткам натянутых на земле веревок (площадь одного квадрата 20 × 20 см), следя таким образом за их расселением. Оказалось, что «степняки» выбирают кратчайшие пути к степным пятнам через луговые, «луговики» же — наоборот. При этом чужие улочки они перебегают быстро, а по своим двигаются не спеша и не поперек, а больше — вдоль них. Подобно тому, как мы перебежали бы залитую дождем улицу по камушкам, а потом не спеша шли бы вдоль домов по сухим тротуарам.

Изо дня в день степняки стягивались со всего луга к наиболее приподнятому и сухому его углу. Здесь вероятность встретить пятнышки степной растительности была больше. Другой же вид скатывался к противоположному, пониженному углу опытной площадки.

Это означает, что саранчовые не только снуют в траве осмотрительно, но и могут ориентироваться на большом расстоянии (видимо, по рельефу) и прокладывать курсы с некоторым предвидением будущего.

Мы выяснили также, что, отродившись на теплых и сухих холмиках, где весна наступает быстрее, они по ходу летнего распускания, а затем выгорания травы постепенно переходят в западинки, где весна трав наступает позже. То есть, целеустремленно двигаясь, они как бы все время живут именно в весне. К осени же саранчовые опять возвращаются на свою микрородину. Это в миниатюре похоже на сотнекилометровые миграции диких степных копытных. Конечно, все эти повадки неодинаковы у разных насекомых и, в свою очередь, влияют на их обличье.

Спасительные стаи

Стадность саранчовых, отдаленно напоминающая общественность их дальних родственников термитов, связана, как и у термитов, с откладкой яиц. Дело в том, что самка саранчовых, так же как у кузнечика, «награждается» сперматофором самца. Он глубоко погружается в ее тело, причем в этом могут усердствовать сразу несколько самцов. Чаще самка откладывает яйца не во влажную и мягкую, как это делают кузнечики, а в сухую и твердую почву, раздвигая ее короткими пальчатыми створками яйцеклада.

Так как самке трудно «пробуриться» на большую глубину, где почва повлажнее, она старается в один присест отложить яиц побольше. При этом она выде-



Раскрытием тайн эффекта группы у саранчовых мы обязаны биологу Б.П. Уварову (1889—1970). Уральский казак, он закончил Санкт-Петербургский университет и много занимался саранчовыми в России и на Ближнем Востоке. Уваров — создатель Международного научного противосаранчового центра в Лондоне, составлявшего прогнозы перелетов этих насекомых (для этого ученые использовали появившиеся недавно радары). За свои заслуги он удостоился титула баронета и, как водится у британцев, «потеряв» свою фамилию, стал просто сэром Борисом

ляет особую слизь, которая, смешиваясь с суглинком, образует нечто вроде глиняной кубышки, внутри которой и лежит целая пачка яиц, к тому же закупоренная сложными пористыми пробками. Более того, соорудив кубышку-инкубатор, самки некоторых видов, склонных к стадности, выделяют в воздух особые летучие вещества. Они воспринимаются другими самками как сигнал «здесь можно бурить почву», и те спешат отложить свои кубышки рядом. В результате при выходе из яиц нимфы саранчовых образуют внушительные толпы.

В то же время такие запасы крупных яиц очень соблазнительны для паразитов. Таковы, например, личинки жуков-нарывников (*Meloidae*), проникающие в почву по щелкам.

Меж тем в местах массового выплода некоторых видов саранчовых зеленой пищи часто не хватает. И тогда у них без всякой внутривидовой борьбы за существование начинает проявляться эффект группы — пример согласованного общего питания, способствующего общественному спасению, в том числе и потомков. В случае эффекта группы у саранчовых начинается преобразование нимф. Они теперь не только держатся бок о бок, но и «маршируют» в одном направлении так называемыми кулигами, или кучками. Вслед за этим они меняют свою форму и окраску на необычные для них. Интересно, что для этого им необходимо много двигаться, часто видеть и касаться друг друга.

Ученым удавалось превратить в стадную фазу даже единичное насекомое: для этого его заставляли идти в белом колесе, стремясь добрести к окошечку света, от которого колесо его все время откатывало. Однако

позже было выяснено, что насекомым для такого преобразования нужно еще и дышать общей атмосферой.

Эффект группы известен и у некоторых других насекомых — например, у сибирского шелкопряда, гусеницы которого специально сползаются к одному месту и в окружении собратьев по виду заканчивают свое индивидуальное развитие до бабочек. Кроме насекомых, эффект группы у других наземных животных не обнаружен. Зато широко распространен внутривидовой общественный, или популяционный стресс — нарушение физиологических регуляций организма (что особенно характерно для грызунов), заканчивающееся даже взаимоистреблением самцов и уничтожением самками собственного потомства.

Эта атмосфера внутри кулиги должна быть напоена испарениями самих насекомых, точнее экзогормонами (т.е. «внешними» гормонами), которые, как выяснилось, способны воздействовать даже на хромосомы половых клеток саранчовых, увеличивая изменчивость их потомков. Интересно, что к сходным изменениям внешнего вида саранчовых приводит еще и простое увеличение концентрации углекислого газа в воздухе внутри кулиги.

В этом случае возникают элементы управления собственным генетическим фондом, у других животных до настоящего времени не известные. Подчеркнем еще раз, что в основе этих глубоких перестроек лежит изменение поведения часто общающихся насекомых.

Кулиги окрыляющихся саранчовых сплавиваются и уходят. Затем взрослые саранчовые как по команде поднимаются на крыло и улетают прочь от мест отрождения, где пищи после этого уже хватает для всех немногих остающихся. Улетающие стаи ищут новые временные пастбища и, как бы увлекшись путешествиями, в 3—4 раза снижают свою плодовитость. В то же время такие разлеты создают возможность колонизации новых, иногда даже заморских территорий.

И НАКОНЕЦ

Мы можем теперь сказать, что саранчовые, по ходу истории выйдя из сырых и тенистых мест на солнечные, научились мирно пользоваться травами и через почвы даже растить их. Всем своим существом они олицетворяют апофеоз жизни после того, как травы, потеснив

деревья и образовав черноземные почвы, открыли новые широкие горизонты биосферы.

Михаил Васильевич, приехав к слушанию пения, а также к экологии и этологии всяких кузнечиков, показал нам и то, о чем Федор Иванович Тютчев (1803—1873) сказал:

*Не то, что мните вы, природа:
Не слепок, не бездушный лик —
В ней есть душа, в ней есть свобода,
В ней есть любовь, в ней есть язык...*

И это все — прислушавшись и приглядевшись лишь к одним только кузнечикам и их сородичам. Но есть и другие проводники к прекрасному миру, в котором нам повезло жить. Ведь живут еще и стрекозы в небесах, бабочки на цветах, жуки в прудах и первично бескрылые насекомые в почвах. Стоит, очень стоит узнать через них обо всей огромной и удивительной Биосфере, в которой нас ждет еще много неоткрытых, затаенных уголков.

Литература

Бей-Биенко Г.Я. *Общая энтомология*. М.: Высшая школа. — 1980.

Подгорная Л.И. *Прямокрылые насекомые семейства tetrigidae фауны СССР*. Труды Зоологического института АН СССР. Т. 112. Л.: Наука, 1983.

Прямокрылые и ложносетчатокрылые / Сост. Г.Г. Якобсон, В.Л. Бианки. С-Пб.: Изд-во А.Ф. Девриена, 1905.

Фабр Ж.А. *Инстинкт и нравы насекомых*. М.: Терра, 1993.

Шаров А.Г. *Филогения ортоптероидных насекомых*. М.: Наука, 1968.

Шарп Д. *Насекомые*. С-Пб.: Изд-во акционерного общества Брокгауз-Ефрон, 1910.

Шваневич Б.Н. *Курс общей энтомологии*. М.: Советская наука, 1949.

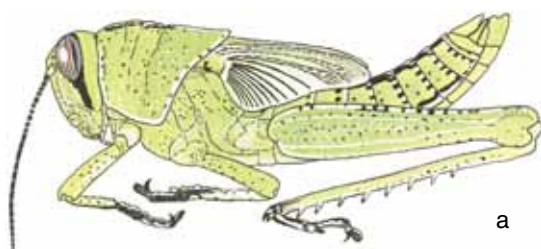
Popov G.B. *Nymphs of the Sahelian grasshoppers: an illustrated guide*. Chatham: Overseas Development Natural Resources Institute, 1989.

The Scientific Results of the Oman Flora and Fauna Survey // The Journal of Oman Studies. — Special report № 2. — 1977.

Публикация подготовлена по материалам книги: Стебаев И.В. *Кузнечик дорогой. Эволюционно-экологические очерки*. Новосибирск: Инфолио-пресс, 2000. — 64 с., рисунки В. Мочалова

Изменение окраски нимф одного вида при переходе из одиночного состояния (а) в стадное (б).

Рис. по: (Попов, 1989)



Т. Г. ТОЛСТИКОВА, А. Г. ТОЛСТИКОВ

Сладость скифского корня



Популяция солодки крупнолистовой (Восточный Казахстан). Фото А. Королюка

Солодка (или лакрица, как называли ее на Руси) — одно из древнейших известных человеку лекарственных растений. В китайской медицине солодковый корень применялся еще в III тыс. до н. э. и донныне сохранил свое значение, ценимый наряду с легендарным женьшенем. Корень солодки успешно использовался древними индийскими, японскими и тибетскими целителями, а затем и врачами Древней Греции. Обычно корень добывался на территории нынешней Средней Азии в пойме реки Аму-Дарья, нынешнем Казахстане, в пойме реки Урал, на юге России и в Китае



Толстикова Татьяна Генриховна — доктор биологических наук, профессор, зав. лабораторией фармакологических исследований Института органической химии СО РАН (г. Новосибирск). Научные интересы: физиология, фармакология, медицинская химия, биохимия. Автор и соавтор более 200 публикаций, 1 монографии, более 50 патентов



ТОЛСТИКОВ Александр Генрихович — член-корреспондент РАН, доктор химических наук, зам. главного ученого секретаря Президиума РАН (г. Москва). Научные интересы: тонкий органический синтез, металлокомплексный катализ, химия природных соединений, медицинская химия. Автор и соавтор более 500 научных публикаций, 2 монографий, более 100 патентов

Для доставки скифского сладкого корня гликея всаднику необходимо скакать 12 дней.

Феофраст, древнегреческий философ (IV—III в. до н.э.)

Под *солодкой* издавна подразумеваются корни различных растений, имеющие сладкий вкус. В языках разных народов само название растения отражает именно это свойство: в Китае — *гань-цао* (сладкое растение), на санскрите — *мадуко* (сладкое), по-болгарски — *сладунок*, на английском — *licorice* (конфета, сладость). Официальное латинское название рода солодок — *Glycyrrhiza* — происходит от греческих слов *glykys* — сладкий и *rhiza* — корень.

От Туркменистана до Сибири

Современная ботаническая наука включает в род солодок 45 видов. Исследователь из Центрального сибирского ботанического сада СО РАН В. П. Гранкина выделяет, кроме того, также два подрода — *настоящие*, или *сладкие*, солодки и *несладкие*. И на первом из них мы и сосредоточим свое внимание.

Самыми распространёнными видами сладких солодок являются *солодка голая* (гладкая), *солодка уральская*, *солодка Коржинского*, *солодка вздутая*. Они широко представлены на территории Евразии, занимая огромные ареалы, особенно первые два вида.

Солодка голая (*Glycyrrhiza glabra*) — растение с мощной корневой системой, очень широко распро-

странена в Туркменистане и Казахстане. Здесь нередко встречаются экземпляры, корни которых достигают диаметра 10—12 см, а глубина их проникновения в почву и линейная протяженность измеряются десятками и сотнями метров! В бывшем Советском Союзе более 1.5 тыс. т сухого корня солодки голой поставлялось из туркменистанского г. Чарджоу в г. Уральск, где было сосредоточено основное производство солодкового экстракта. Заготовка корня велась преимущественно в пойме Аму-Дарьи.

Богатейшими по запасам солодки являются Западный Казахстан, Уральская и Гурьевская (ныне Атырау) области. Еще знаменитый ученый-натуралист, академик П. С. Паллас (1741—1811), путешествовавший в начале XIX в. по этим местам, писал: «Три версты от Яицкого городка колкое солодковое дерево я увидел в первый раз, а далее по Яику находится больше. От Бударина вся земля солоновата, на которой много растёт каменного чаю, а наипаче простого солодкового дерева». В 60-е годы минувшего века наши видные ученые-ботаники считали, что в Западном Казахстане возможна экологически оправданная заготовка солодкового корня в количестве до 7 тыс. т в год!

В 17-м выпуске нашего журнала мы обещали читателям публикацию цикла статей династии известных российских ученых, работающих в области фитохимии и фитофармакологии. Первая статья этого цикла посвящена солодке — одному из древнейших лекарственных растений, нашедшему применение не только в медицине, но также в пищевой и парфюмерно-косметической промышленности

В главном тибетском медицинском руководстве «Джудши» указывается, что солодка «...упитывает, придает цветущий вид, способствует долголетию и лучшему отпращиванию шести чувств»



Один из самых распространенных видов солодки — солодка голая.
Фото А. Климашина

Значительные (хотя и уступающие турменистанским и казахстанским) запасы солодкового корня есть и на территории России: в пойме Нижней Волги, на Кубани, в Дагестане, Оренбургской области.

В степях Западной Сибири широко распространена солодка уральская. Она встречается обычно на солонцах, вдоль дорог и на окраинах ленточных боров. Промышленное значение могут иметь заросли на юге Красноярского края. На Южном Урале растёт солодка Коржинского, которая активно осваивает бросовые ныне земли, бывшие прежде процветающими сельскохозяйственными угодьями.

«Сладкий» ренессанс

Мы не зря так относительно подробно рассказали о распространении солодок в природе. Конечно, перечень рецептов традиционной медицины народов Евразии, в которые входит корень солодки или его экстракты, выглядит очень солидно. Но дело в том, что древнее лечебное средство в последние три десятилетия переживает подлинный ренессанс.

Современный мировой рынок солодкового корня измеряется ежегодно десятками тысяч тонн. Одна только Япония, в которой издавна тяготеют к сладкому корню, закупает его примерно 10 тыс. т в год: каждый житель этой страны ежедневно в том или ином виде потребляет продукты питания, включающие производные солодки. Согласно рекомендациям диетологов США, целесообразно каждый день употреблять продукты, содержащие не менее 200 мг глицирризина — главного ингредиента солодкового корня.

Солодковый корень входит и в отечественную Государственную фармакопею. Он рекомендуется

Есть мнение, что солодки относятся к группе древнейших цветковых растений (Круганова, 1965; Байтенов, 1991). Прасолодки, сформировавшиеся в палеогене около 70 млн лет назад, в раннетретичное время занимали обширные пространства. Однако после глобальных изменений условий среды в неогене целостный ареал рода был разорван

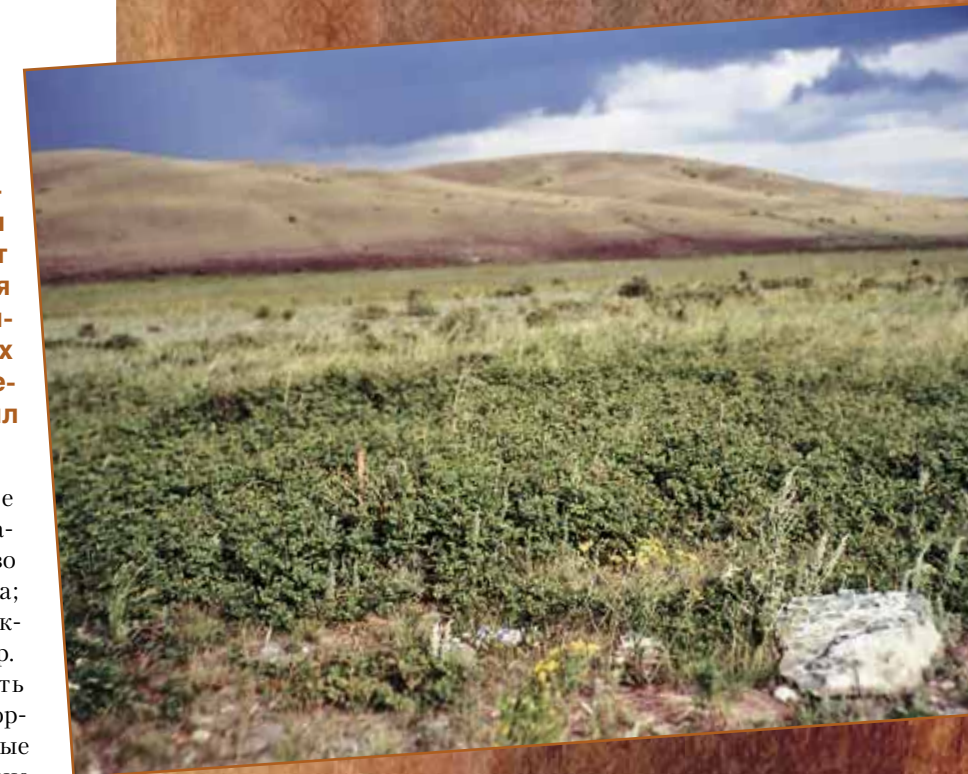
как отхаркивающее и смягчительное средство при катаральных заболеваниях дыхательных путей; как средство регуляции водно-солевого обмена; в качестве легкого слабительного, а также как основа для различных микстур.

И здесь самое время поговорить о действующих веществах сладкого корня, с которыми связываются лечебные свойства солодок. Вообще многообразие метаболитов солодки просто поражает. Это и тритерпеновые гликозиды, и сахара, и полисахариды, и фенольные соединения различных типов, а также множество других метаболитов.

Тритерпеновые гликозиды и фенольные соединения являются главными действующими компонентами солодки. Из двух наиболее представительных видов солодок — гладкой и уральской — выделено около тридцати тритерпеновых гликозидов и более сотни фенольных соединений. Причем большая часть этих метаболитов относится к так называемым *минорным компонентам*, т.е. их содержание в корне составляет от одной десятой до тысячных долей процента.

Оба эти вида сближает относительно высокое содержание главного вещества, определяющего сладкий вкус солодки, а именно — *тритерпенового гликозида глицирризиновой кислоты*. Этот компонент и его минорные спутники у солодки голой составляют большую часть метаболитов,

Ландшафты, где встречаются солодки, разнообразны: долины рек и ручьев, берега озер, обочины дорог, посевы и залежи

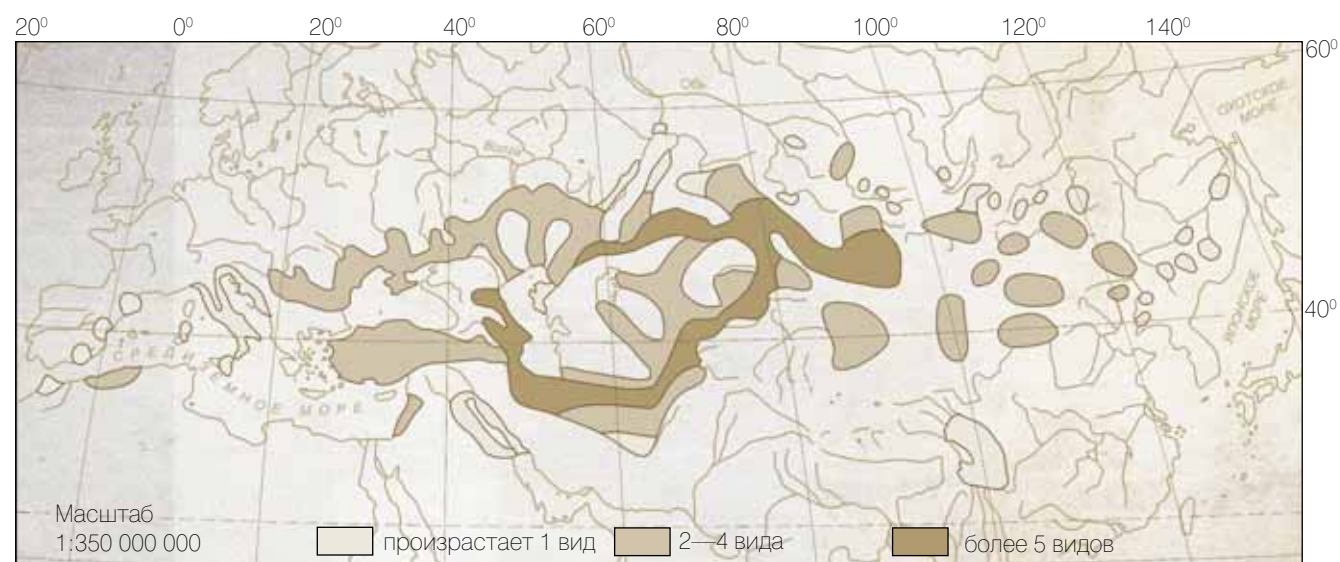


Куртины солодки Коржинского в степном ландшафте (юго-восток Башкирии). Фото А. Беляева



Солодка клейкая в межгорной котловине (Хакасия) Фото А. Касенуалиевой

Основной ареал рода солодка (*Glycyrrhiza* L.) находится на территории Евразии. По: (Гранкина, 2000)





Солодка голая (*Glycyrrhiza glabra* L.) является основным фармакопейным видом солодок. Достигает в высоту 50—150 см, цветет в мае—июне:
 1 — часть побега в фазе цветения;
 2 — плоды;
 3 — семя;
 4 — цветок;
 5 — тычинки и пестик;
 6 — часть корневища с побегами.
 По: (Мусаев и др., 1976)

а у солодки уральской доминируют фенольные вещества.

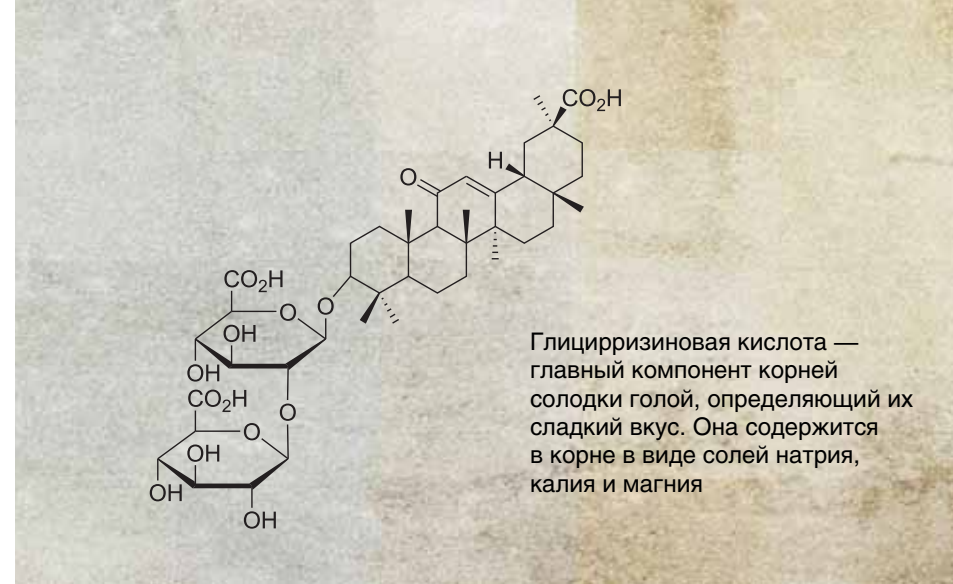
От ВИЧ до Эбола

На протяжении последних более чем четырёх десятилетий *глицирризиновая кислота* и её производные являются объектами обстоятельных фармакологических и клинических исследований. Научная литература, посвящённая глицирризиновой кислоте, насчитывает не одну тысячу источников и продолжает пополняться.

За этим метаболитом солодки признаны противовоспалительная и противоязвенная активность, антиаллергические свойства, гиполипидемическое, антисклеротическое и антиоксидантное действия.

Аммонийная соль глицирризиновой кислоты (составляющая основу препарата *глицирам*) используется в России и ряде других стран в качестве средства для лечения бронхиальной астмы, аллергических дерматитов, экземы. Ценнейшим свойством глицирризиновой кислоты является её способность защищать печень от воздействия токсических веществ. Так, в Японии для лечения гепатитов разработаны

Все солодки являются стержнеобразующими растениями. Строение, вкус и цвет подземных органов — главного «достоинства» солодки — являются важными систематическими признаками. Например, для солодки голой характерен длиннокорневищный тип. По: (Надеждина, 1966)



Из поэмы Одо из Мена «О свойствах трав»: «Истинно ведь говорится, что много имеет солодка свойств: ее жар невелик и сладка, и влажна она также. Горлу поможет тому, кто от кашля страдает, и лечит грудь, и глубины у легких, согрев, исцеляет солодка...»

и уже широко используются инъекционные препараты на ее основе.

Одна из самых перспективных областей клинического применения глицирризиновой кислоты — препараты для регуляции иммунной системы. В прямом смысле сенсацию вызвали сообщения о способности глицирризиновой кислоты ингибировать репродукцию вируса иммунодефицита человека. Это стимулировало работы по поиску новых анти-ВИЧ агентов среди производных глицирризиновой кислоты, в том числе и в нашей стране.

Одним из результатов серии исследований, выполненных под руководством академика Г. А. Толстикова (ИОХ СО РАН, Новосибирск) и глицирризиновой кислоты ингибировать репродукцию вируса иммунодефицита человека. профессора А. Г. Покровского (ГНЦ ВБ «Вектор», Кольцово) стал анти-ВИЧ препарат, запатентованный под названием *ниглизин*, показавший антивирусную активность, превышающую активность широко известного азидотимидина.

Ниглизин (в комбинации с другими лекарствами) предлагается использовать как основной препарат для лечения ВИЧ-инфекции. Особый интерес к этому препарату вызван тем, что он является индуктором интерферона гамма. Благодаря этому свойству, отсутствующему у других известных анти-ВИЧ препаратов, терапевтический потенциал лекарственных комбинаций, включающих ниглизин, повышается. Кроме того, сотрудники ГНЦ ВБ «Вектор» обнаружили, что ниглизин и другие производные глицирризиновой кислоты обладают высокой активностью в качестве ингибиторов опасных вирусов Марбург и Эбола.

Производные глицирризиновой кислоты открыли путь в химиотерапию ВИЧ-инфекции и плеяде своих «родственников», относящихся к классу тритерпеноидов. Судя по резкому росту в последние годы числа публикаций, посвященных изучению фармакологических свойств тритерпеноидов, во многих странах



Солодка джунгарская в Центральном сибирском ботаническом саду СО РАН (Новосибирск). Фото Ю. Кабаева

прилагаются усилия для вовлечения этих соединений в процесс разработки лекарственных препаратов.

Особенно большой интерес вызвали соединения бетулина, который содержится в коре берез (бересте) в количестве до 20 % от веса этого чрезвычайно доступного сырья. Сырьевые источники многих тритерпеноидов хотя и не столь впечатляюще велики, как кора березы или тот же корень солодки, но вполне достаточны, чтобы стать серьезной основой производства лекарственных средств. В России такими источниками являются жом клюквы и отходы переработки облепихи, а также ряд ландшафтных растений, продуцирующих биологически активные тритерпены.

И прекрасным тому примером служит сама глицирризиновая кислота. Так, на основе *глицирретовой кислоты* — несхаранного компонента глицирризиновой кислоты, носителя ее биологической активности — в Англии был разработан препарат *карбенексолон*, который на протяжении четверти века (до появления в 1990-е гг. препаратов нового поколения) считался лучшим средством для лечения язвы желудка.

Под руководством академика Г. А. Толстикова в конце 1960-х гг. был выполнен цикл исследований, положенных в основу разработки новых лекарственных препаратов из глицирретовой кислоты. Производящийся ныне в Казахстане препарат *глицеринин*, разработанный учеником академика профессором М. П. Ирисметовым, рекомендован для лечения дерматитов, аллергических дерматитов, нейродермитов и экзем, а также как ранозаживляющее и противоожоговое средство.

Исследователи химии и фармакологических свойств производных глицирризиновой кислоты уверены, что есть все основания рассчитывать на получение из них высокоэффективных иммуностимулирующих и психотропных препаратов.

Уникальная глицирризиновая

Глицирризиновая кислота обладает рядом интереснейших физико-химических свойств, к числу которых относится ее способность образовывать ассоциаты в растворах. Удивляться не приходится: если вы рассмотрите структуру этого метаболита, то обнаружите, что он содержит многочисленные кислородсодержащие полярные группировки. Именно благодаря наличию таких группировок глицирризиновая кислота может связывать молекулы лекарственных препаратов, или, как их часто называют, *фармаконов*.

При исследовании фармакологических свойств ряда фармаконов, вводимых в организм животных вместе с глицирризиновой кислотой, обнаружен неожиданный эффект. Например, введение известных нестероидных противовоспалительных препаратов (аспирина, вольтарена и бутадiona) вместе с глицирризиновой кислотой привело к снижению их токсичности и повышению

базовой активности. Большим сюрпризом явилось почти полное подавление такого далеко не безобидного побочного свойства фармаконов, как эрозия желудочно-кишечного тракта.

Эффект, производимый глицирризиновой кислотой на фармакологические свойства лекарственных препаратов, назван нами *эффектом гликозидного клатрирования* фармаконов. В чём же заключается его природа? Как уже упоминалось, глицирризиновая кислота образует ассоциаты, в которых есть особые «ниши» для размещения молекул фармаконов. Говоря языком химиков, происходит образование соединений типа «хозяин—гость», которые называются *клатратами*. «Хозяином» является глицирризиновая кислота, прищепливо принимающая «гостя» — молекулу фармакона. Многочисленные исследования на лабораторных животных показали, что максимальный эффект во многих случаях можно получить, если применять клатраты, в которых четыре молекулы глицирризиновой кислоты связаны с одной молекулой фармакона.

Клатрат в организме ведет себя как самостоятельный лекарственный препарат с новыми свойствами. В частности, во взаимодействии с рецепторами (это процесс и определяет фармакологический эффект) вступают не одинокие молекулы фармакона, а клатраты «целиком». Поскольку фармакон в клатрате защищен от преждевременного разрушения, то и применять его можно в значительно меньшей терапевтической дозе, а следовательно, и токсичность его снижается.

Клатратообразование с глицирризиновой кислотой позволяет в 15–20 (!) раз уменьшить терапевтические дозы антиаритмических и антидепрессантных препаратов. А в случае с так называемыми *блокаторами кальциевых каналов* (средствами, применяемыми для лечения гипертонии и ишемической болезни), результаты еще более ошеломляющие: судя по всему, клатратообразование с метаболитом солодки позволит снизить терапевтическую дозу фармакона более чем в 100 раз!

Но эффект клатрирования не исчерпывается снижением дозы фармакона. Два соединения, связанные в клатрат, обнаруживают новые свойства при совместном действии. Так в случае с нестероидными противовоспалительными препаратами они защищают слизистые оболочки от изъязвления.

Одним из примеров практической реализации эффекта гликозидного клатратообразования являются

Эффект гликозидного клатрирования (связывания), впервые обнаруженный новосибирскими учеными у глицирризиновой кислоты — метаболита солодки, можно использовать в фармакологии для создания препаратов с новыми свойствами на основе уже известных лекарственных средств

Солодка уральская (*Glycyrrhiza uralensis* DC):
1 — часть побега в фазе цветения;
2 — часть побега в фазе плодоношения;
3—6 — части цветка;
7 — прицветник.
Рис. А. Касенуалиевой

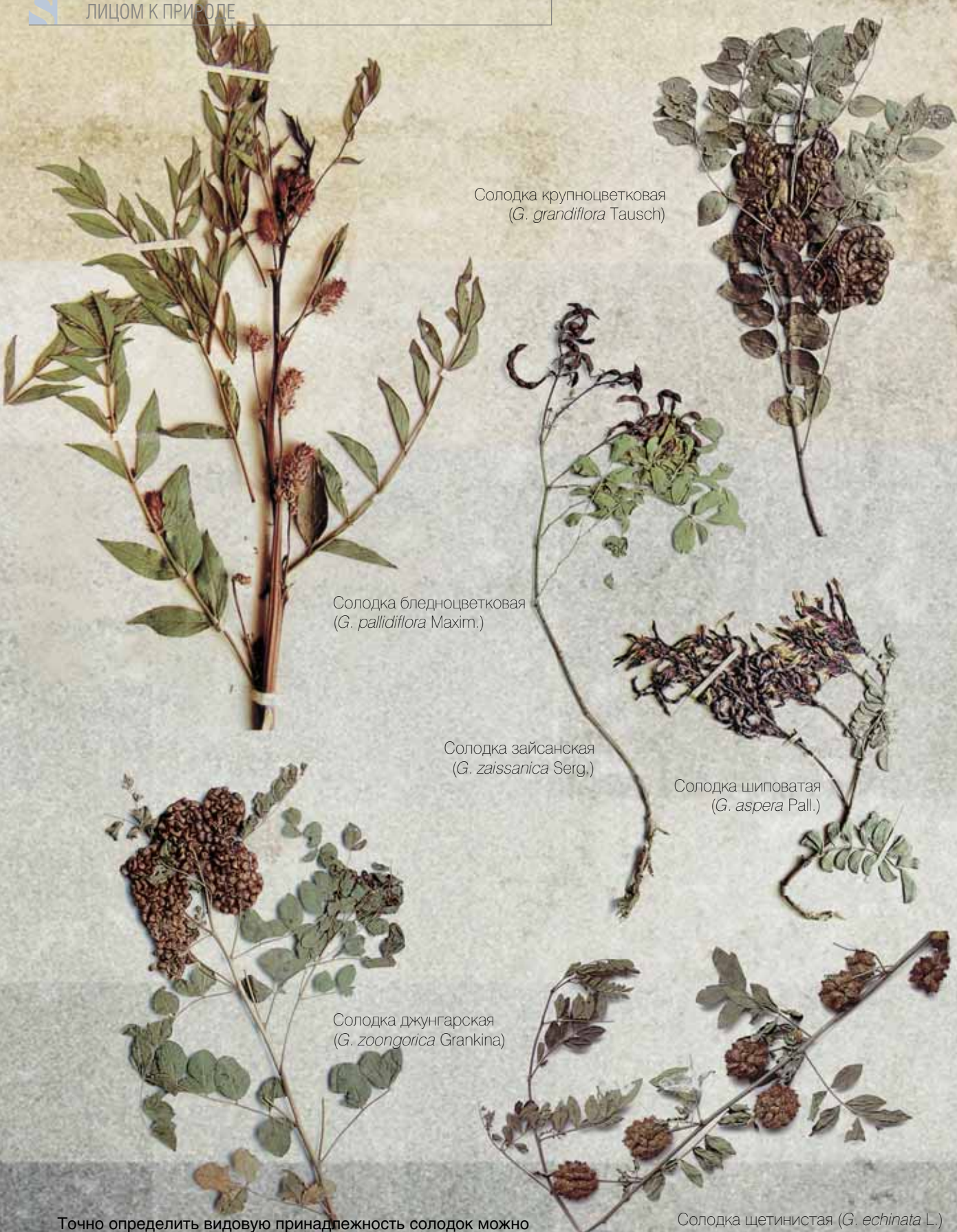


Когда речь идет о сырье солодкового корня, то имеются в виду три так называемых фармакопейных вида: солодка голая, солодка уральская и солодка Коржинского. При промышленных заготовках в районах совместного произрастания (например, в Казахстане) эти виды не различаются

В фармакопее под названием солодка уральская понимаются солодки, произрастающие на просторах Сибири, Центральной и Средней Азии (за исключением пойм рек).

В России разведанные запасы солодки уральской составляют 1960 т (в воздушно-сухом весе), в том числе в Новосибирской области — 1211 т.

По: (Грубов, 1982; Семиотрочева, 1962); рис. Н. Прийдак



Солодка крупноцветковая
(*G. grandiflora* Tausch)

Солодка бледноцветковая
(*G. pallidiflora* Maxim.)

Солодка зайсанская
(*G. zaissanica* Serg.)

Солодка шиповатая
(*G. aspera* Pall.)

Солодка джунгарская
(*G. zoongorica* Grankina)

Солодка щетинистая (*G. echinata* L.)

Точно определить видовую принадлежность солодок можно лишь с помощью определителя. Фото В. Гранкиной

По сравнению с данными 1976 г. суммарные площади зарослей солодки на территории бывшего СССР сократились почти на 40%, а запасы сухого солодкового корня уменьшились на 45% и составляют сегодня около 180 тыс. тонн

простагландиновые препараты *клатирам* и *клатрапростин* для животноводства и ветеринарии. Последний препарат (намного превосходящий по эффективности импортные аналоги) производился в начале перестроечных 1990-х гг. в объеме, покрывавшем существенную часть потребности сельского хозяйства страны.

Наши исследования показали, что эффект гликозидного клатрирования, впервые обнаруженный в случае глицирризиновой кислоты, наблюдается и у других растительных гликозидов. Например, стевиозид из «сладкого» растения стевии (*Stevia rebaudiana*), который используется в качестве подсластителя пищевых продуктов, также перспективен для связывания фармаконов в клатраты.

Фенолы против рака

Рассказывая о гликозидах солодки, мы отставили в сторону ее фенольные метаболиты, но они также заслуживают внимания. Первый опыт их практического использования уже имеется: так, сумма фенольных соединений, извлечённых из корней солодок голой или уральской, стала основой препаратов *ликвиритон* и *флакарбин*. Они рекомендуются для лечения язвенной болезни желудка и двенадцатиперстной кишки, а также гиперацидных гастритов.

Говоря о химической природе фенольных метаболитов солодки, еще раз отметим, что ни один из них не может сравниться по содержанию в корне с глицирризиновой кислотой. Содержание лишь немногих из них в растительном материале достигает 1–2%, а для большинства оно не превышает и 0,01%.

Тем не менее исследовать эти минорные компоненты солодки необходимо, поскольку среди них могут оказаться и вещества с уникальными свойствами. Так, среди них уже удалось выявить мощные анти-ВИЧ агенты, причем структура их не настолько сложна, чтобы нельзя было синтезировать искусственно.

Кроме того, исследования последнего десятилетия показали, что ряд фенольных метаболитов солодок голой и уральской (например, *ликвиритигенин*) препятствует образованию злокачественных опухолей. Множится число патентов, в которых фенольные компоненты солодок заявляются как средства для лечения раковых заболеваний.



Сырье солодки голой, заготовленное в пойме р. Амударьи (Туркменистан) 1988 г.
Фото Т. Надежиной

На примере всего лишь одного растения мы пытались показать, как отечественные исследователи, не уступая в уровне и результативности ученым, принадлежащим к самым видным зарубежным школам, делали и продолжают делать все от них зависящее, чтобы флора нашей страны стала одной из надежнейших опор здравоохранения России. И то, что на этом пути далеко не всегда все получается, зачастую — не вина ученых. Однако это предмет уже совсем другого разговора.

Литература

- Гранкина В.П. Проблема вида и видообразования. Томск: Изд-во ТГУ, 2000. — С. 38–40.
Надеждина Т.П. Вопросы изучения и использования солодки в СССР. М.: Наука, 1966. — С. 87–91.
Толстикова Т.Г., Толстиков А.Г., Толстиков Г.А. На пути к низкодозным лекарствам // Вестник РАН. — 2007. — № 77 (10). — С. 867–874.
Nomura T. Fukai T. Progress in chemistry of organic natural products. New-York: Springer-Verlag, 1998. — V. 73. — P. 1–140.

В публикации использованы иллюстрации из монографии: Толстиков Г.А., Балтина Л.А., Гранкина В.П. и др. Солодка: биоразнообразие, химия, применение в медицине. Новосибирск: Акад. изд-во «Гео», 2007. — 311 с.



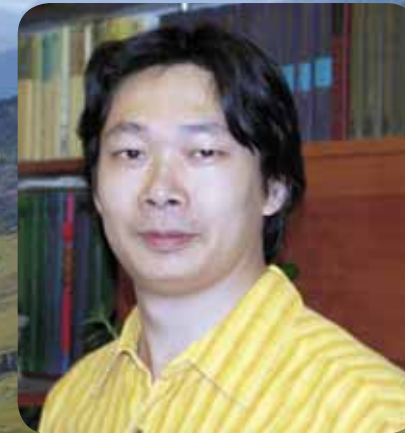
В. И. ХАРУК, С. Т. ИМ

ВСЛЕД ЗА ЛЕСОМ

В ГОРЫ

Танну-Ола

Мы идем по хребту Танну-Ола — южной границе сибирской тайги... Этот водораздел между бассейном Ледовитого океана и бессточными котловинами Центральной Азии — переходная зона между бореальными лесами и степями Монголии. Наш путь лежит к вершине Чангыз-тайги (по-тувински «тайга» означает «горный лес»). Верхняя граница леса и есть конечный пункт нашей экспедиции: наша цель — попытаться разобраться, как горная лесотундра реагирует на изменения климата, так тревожащие современное человечество



ИМ Сергей Тхекдеевич — кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории мониторинга леса Института леса им. В. Н. Сукачева СО РАН (Красноярск). Сфера научных интересов: дистанционное зондирование. Автор и соавтор более 30 научных публикации



ХАРУК Вячеслав Иванович — доктор биологических наук, профессор, заведующий отделом экологии и мониторинга леса Института леса им. В. Н. Сукачева СО РАН (Красноярск), заведующий кафедрой ГИС в СибФУ. Автор и соавтор более 130 научных публикаций

В сентябре в горах снег уже лежит, в мае — еще лежит... Но и на этих суровых краях отразилось глобальное потепление: за последнее столетие в горах Тувы температура повысилась в среднем примерно на 1 °С для снежного периода, и на 0.4 °С — для летнего. Как же сказались такое, кажущееся небольшим, потепление на судьбе нашего «зеленого» друга — леса?

За ответом на этот вопрос мы и отправились в горную лесотундру на юге Тувы. Но почему именно в горы? На альпийской границе рост и распространение деревьев по высоте лимитируется температурой: эта зона наиболее чувствительна к изменениям климата. Горная лесотундра — намного более удобный



Речка Чамга, прорезающая горную тайгу на хребте Танну-Ола

Вячеслав Харук:

«Идем по маральной тропе, а где она исчезает — карабкаемся по осыпям. Мои коллеги «в разы» моложе меня. Пока что не отстаю от них, хотя иногда подумается: что я тут забыл? Сидел бы в кабинете, подписывал бумажки — пусть молодые стараются...

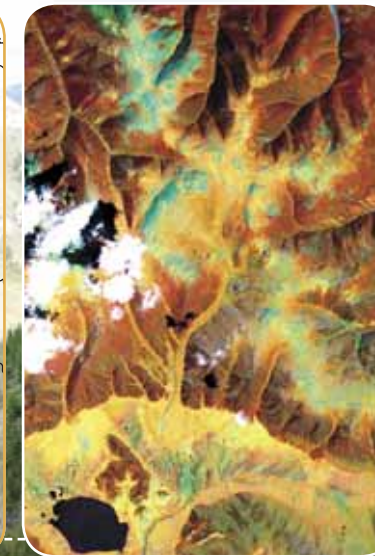
Зато — какая вода в речке Чамге! (Чамга — Селенга — Волга: случайное ли созвучие?). Она набирает совершенно необыкновенный вкус, протекая по кремешкам, кварцевым камешкам (а вот у «известняковых» ручьев вкус — никакой).

Вдоль Чамги — заросшие шурфы: следы старателей. Ниже по течению золотишко мыли гидромониторами. Не удержался и я «постараться», однако в итоге на дне чашки — лишь несколько

тяжелых крупинок неопределенного происхождения.

Панорама, открывающаяся с Чангыз-тайги, заслуживает пролитого при восхождении пота. Взор охватывает тувинскую котловину, синюющие хребты на горизонте, далекое марево над монгольскими степями...

Тува — это тысячелетия истории, золото скифов, руины уйгурских крепостей, походы Сабудай-богатура, правой руки Чингиз-хана, превзошедшего самого покорителя Вселенной в военном деле. Сабудай-богатур (хитрый, коварный богатур) был потом и верховным полководцем Батыя. Природа также не обделила этот благословенный край: — здесь есть все — тайга и степи, чистые реки и озера, горы и солончаки... »



ТАННУ-ОЛА, хребет в горах Южной Сибири, на юге Тувы. Протяженность 300 км, высота до 3061 м. Делится на Зап. и Вост. Танну-Ола. На северных склонах — кедрово-лиственничная тайга, на южных — степи. Район исследований выделен прямоугольником. Вставка: фрагмент снимка, полученного со спутника Landsat

объект для исследования по сравнению с северной: температурные градиенты в ней «сжаты» до десятков и сотен метров, что соответствует десяткам километров на севере.

Жизнь в горах

Жизнь деревьев в горах нельзя назвать легкой. В первую очередь, это низкие зимние температуры, от которых напрямую зависит выживаемость подростка, особенно наиболее молодого.

Второй неблагоприятный фактор внешней среды — холодный ветер, который иссушает хвою и побегу деревьев, оставшихся выше уровня снега, а снежинки как наждаком шлифуют, сдирают с них кору. Согласно известному эмпирическому правилу, каждые 2 м/с зим-

Пример «диффузной» границы леса на склоне, где отсутствует микрорельеф поверхности: лиственницы, «карабкающиеся» по градиенту высоты

При выраженном микрорельефе горной местности верхняя граница леса мозаичная: растения укрываются от ветра в складках местности, за камнями и скалами, а иногда и за своими предшественниками.

На «гладких» подветренных склонах граница леса обычно диффузная: наблюдается «градиент концентрации» деревьев на пути к вершине



Нелегко быть первопроходцем, как этот кедр. В горах нередко можно встретить таких великовозрастных (до 500 и более лет) одиноко стоящих патриархов в окружении молодой поросли. Их стволы и ветви иссечены зимней вьюгой, часть ветвей засохла, вершина нередко обломана, но они упорно сопротивляются непогоде, живут и плодоносят, прикрывая подрост



Очевидцы и жертвы изменений климата — лиственницы на хребте Сенгилен, погибшие в «малый ледниковый период» (XVII — начало XIX вв.). Бывшая граница редколесий «маркирована» упавшими деревьями

него ветра эквивалентны понижению температуры на 1 °С. Поэтому снежный покров, прикрывающий подрост от метелей, не менее значим для него, чем благоприятные температурные условия.

Хотя и избыток влаги в виде снега для деревьев нежелателен. Например, позади «продвинутого» подроста образуются сугробы, в результате чего снег в этой зоне тает более медленно. Это приводит к сокращению периода вегетации и, следовательно, к гибели зеленой «молодежи».

Деревья, как могут, стараются противостоять напору стихий. Адаптацией к вымораживающему действию зимнего ветра можно назвать *кластеризацию* деревьев — формирование ими группировок определенной геометрии. Внутри подобных кластеров-куртин ветровая нагрузка на отдельные деревья уменьшается, что препятствует иссушению и снежным «абразивным» повреждениям коры деревьев. Благодаря этому подрост лучше выживает, становясь по мере «взросления» более устойчивым к экстремальным воздействиям среды.

Еще одно приспособление деревьев к жизни в горах — образование *стлаников*, особой древесной жизненной

формы. Эти низкорослые, стелющиеся по земле деревца имеют горизонтальные или приподнимающиеся осевые побеги, которые надежно укрыты от действия зимних холодов и ветров под снежным покровом. Деревья-стланики могут жить и плодоносить сотни лет.

Горная тайга меняет облик

Судя по результатам экспедиции, благодаря потеплению и более мягкой зиме деревья в горах юга Сибири отвоевали у высоты почти сотню метров. Повышение температуры на 1 °С способствует продвижению подроста примерно на 75 м по градиенту высоты. Сегодня молодые деревца растут уже на 10–90 м выше прежней границы редколесий. (Линия прежней границы прослеживается по упавшим, а изредка по еще стоящим стволам деревьев. В условиях горной лесотундры эти останки сохраняются столетиями. Подрастающие же молодые деревья пока не достигли размеров своих предшественников.)

Благодаря смягчению условий зимнего периода «обморачивание» верхушечных побегов и хвои происходит



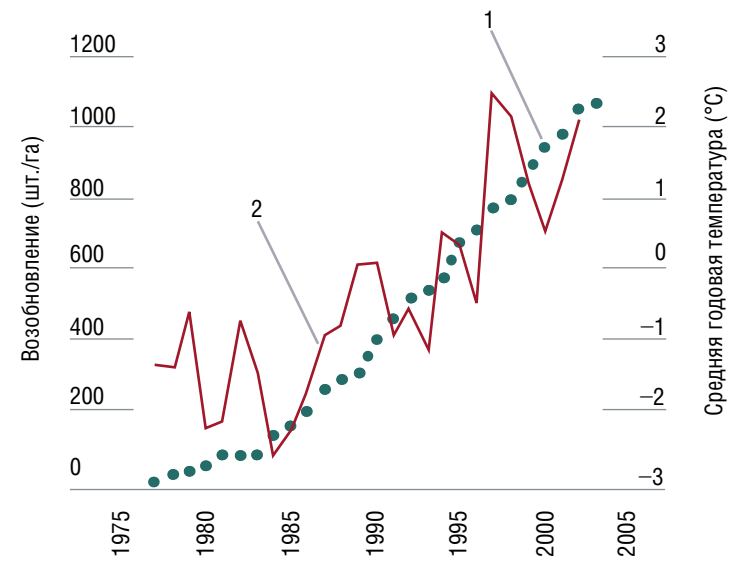
Отшлифованный метелями плодоносящий кедровый стланик, возраст которого превышает две сотни лет. Такая жизненная форма характерна для кедра (*Pinus sibirica*), растущего на пределе произрастания

в меньшей степени. Это способствует сохранению фотосинтезирующего аппарата деревьев и их выживанию на большей высоте. Продвижению подроста вверх способствует и наблюдаемое ныне (а также предсказываемое в будущем) повышение уровня осадков: благодаря более мощному снеговому покрову подрост лучше защищен от метелей.

Деревья отвоевывают не только вершины, но и распадки, где накапливается снег. Благодаря потеплению сход снежного покрова ускорился, что благоприятствует освоению этих мест деревьями.

Еще одна примета потепления — так называемые *пост-стланики*, т.е. сформировавшие вертикальный ствол стланиковые формы деревьев, в большом количестве присутствующие в переходной зоне (*эктоне*) между лесом и горной тундрой. Судя по динамике

Низкие температуры в сочетании с метелями вымораживают хвою и побеги, не защищенные снежным покровом, и в этом смысле явное преимущество в горах имеют стланиковые формы деревьев. Потепление, начавшееся в 80-х годах прошлого столетия, привело к формированию ствола у стланиковых форм кедра и лиственницы



Численность подроста лиственницы и кедра (1) увеличивается с ростом средней годовой температуры (2)

Лиственница — чемпион по устойчивости к холодам, ветрам и недостатку влаги. Этому способствует ее листопадность и покрывающая ствол плотная корка, защищающая от вымораживания. Более холодостойкая, лиственница представлена стволовой формой там, где кедр — стланиковой



апикального (верхушечного) и радиального приростов древесных растений, этот процесс начался примерно в 80-х гг. прошлого столетия.

Наша экспедиция проходила в зоне «контакта» двух деревьев: лиственницы сибирской (*Larix sibirica*) и кедра сибирского (*Pinus sibirica*). Лиственница — уникальное дерево, настоящий лидер по устойчивости к холоду, ветру и недостатку влаги (она способна выживать при «полупустынном» уровне осадков, т.е. менее 250 мм/год). Именно лиственничные леса стоят на страже северной лесной границы в Азии. К востоку

от Танну-Ола, на хребте Сенгилен, лиственница поднимается на высоты свыше 2600 м.

Кедр менее холодостоек и весьма влаголюбив: это «дерево туманов» предпочитает высокую влажность (осадки до 1000 мм/год и более). Лиственница, превосходя кедр в холодостойкости, представлена стволовой формой там, где кедр — стланиковой.

Однако несмотря на различия в экологических нишах, смягчение климата благоприятствует, хотя и в разной степени, продвижению обоих видов в горы.



«Материнская» лиственница — вековая поддержка продвижения подроста в горную тундру



В горной лесотундре микрорельеф местности исключительно важен для выживания деревьев, укрывающегося от зимних вьюг за камнями и скалами, как эта молодая лиственница, возраст которой примерно 50 лет

Лиственница и кедр: кто кого

Быстро использовать новые возможности, открывшиеся при потеплении, позволяют «продвинутые» в тундру деревья-семенники. Ведь зачастую освоение тундры лимитируется именно недостатком семян. Это особенно важно для лиственницы: ее легкие семена, которые она «сеет» в течение всей зимы, разносятся метелями на сотни метров от материнского дерева.

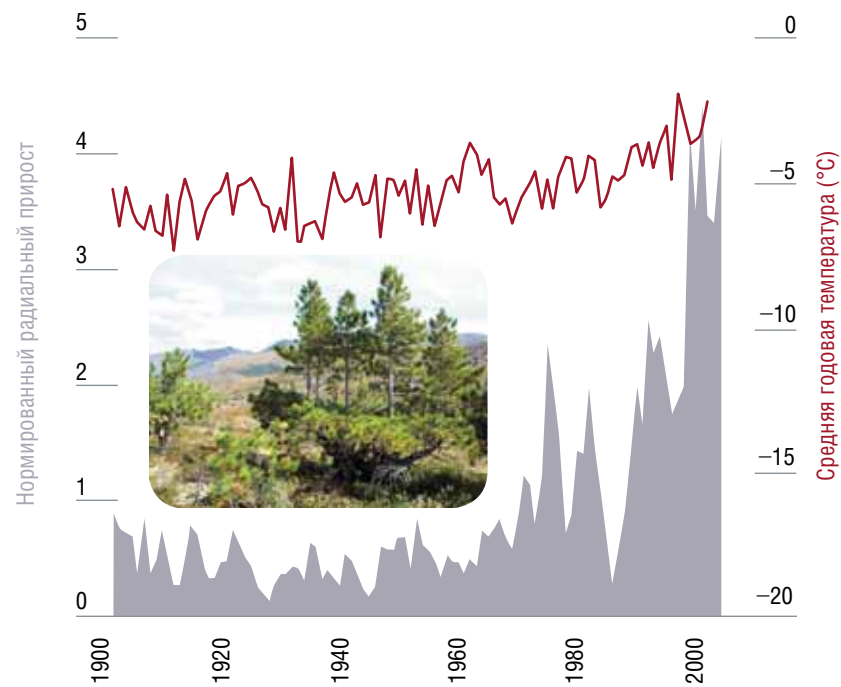
Кедр, в отличие от лиственницы, расселяется преимущественно с помощью кедровки (*Nucifraga caryocatactes*), этой неутомимой труженицы. Она запасает кедровые орешки (обычно в местах, благоприятных для их прорастания) в радиусе 1–2 км от материнских деревьев, и забывает о части запасов. К тому же в урожайные годы кедровка запасает гораздо больше, чем способна употребить: так, одна птица может «захоро-

нить» до 60(!) кг орехов — такого количества пищи ей хватило бы на четыре года (Бех и Таран, 1979).

Величина радиального прироста ствола представляет собой важнейший индикатор, отклик древесного растения на повышение температуры. Этот показатель у кедра выше, чем у лиственницы, что дает этому виду конкурентные преимущества в меняющемся климате.

Увеличение уровня осадков также должно благоприятствовать более влаголюбивому кедру. То же самое можно сказать и в отношении еще одной лесной характеристики — *сомкнутости* древесного полога, которая при потеплении возрастает. Процесс этот может неблагоприятно сказаться на лиственнице: она, как исключительно светлюбивый вид, не выносит затенения.

Все эти факты говорят в пользу того, что доля кедра в составе сибирской тайги будет возрастать. Свидетельства этому уже обнаружены на южной границе зоны



Вызванное потеплением увеличение радиального прироста ствола у деревьев в 80-е годы прошлого века совпало с началом формирования ствола у стланиковых форм кедра

Кедр сибирский (или сосна сибирская кедровая) может достигать свыше 40 м в высоту и 1,8 м в диаметре ствола. Но в экстремальных условиях горной лесотундры он не вырастает выше 1 м. Этому малютке-кедрику, укрывшемуся в камнях, уже под сотню лет!

В отличие от лиственницы, имеющей легкие «летучие» семена, кедр расселяется преимущественно с помощью кедровки



доминирования лиственницы (Центральная Сибирь), где кедр вместе с другими хвойными (пихтой и елью) формирует второй ярус под пологом лиственницы (Kharuk et al., 2007). Добавим, что преобладание в составе леса кедра европейского (*Pinus cembra*) при снижении доли лиственницы европейской (*Larix decidua*) (видов, аналогичных сибирским) прогнозируется и для Альп (Bugmann et al., 2005). Конечно, лиственнице не грозит исчезновение: она всегда будет доминировать там, где ее непревзойденная устойчивость к экстремальным воздействиям дает ей преимущества над конкурентами.

Каким может быть результат этого процесса? Возрастание доли «темнохвойных» видов древесных растений, таких как кедр, пихта, ель, а также проникновение древесных растений в каменистую тундру, очевидно, повлечет уменьшение альбедо (отражательной способности) земной поверхности, что увеличит поглощение солнечной радиации. Таким образом может сформироваться положительная обратная связь, усиливающая эффект потепления на региональном уровне.

Таким образом, лиственница и кедр высокогорий откликаются на изменения климата повышением сомкнутости древостоя, увеличением годичного прироста ствола, возрастанием численности подроста, а также трансформацией стланиковых форм в стволовые. В результате потепления альпийская граница леса перемещается вверх по градиенту высоты. Схожие изменения происходят и на другом конце Евразии, в горах Скандинавии и в Альпах (Kroger, 2005; Kullman, 2007).

Если температура воздуха будет повышаться и в дальнейшем, то насколько высоко в горы могут «продвинуться» леса? В северном полушарии самая высокогорная граница леса проходит в сухих субтропиках на высоте около 4,5 тыс. м. Очевидно, это и есть тот естественный предел продвижения деревьев «к звездам», выше которого они погибают от заморозков высокогорий (Wieser, Tausz, 2007). Этого предела не достигает ни одна из вершин Тувы. И все же не верится, что когда-нибудь тувинцы назовут высочайшую из своих вершин Монгун-тайгу, названную «серебряной» за сияющие ледники, Ноган-тайгой — Зеленой горой.

Литература

Бех И.А., Таран И.В. Сибирское чудо-дерево / Отв. ред. В.Е. Кулаков. Новосибирск: Наука, 1979. — 125 с.

Харук В.И., Двинская М.Л., Им С.Т., Рэнсон К.Дж. Древесная растительность экотона лесотундры Западного Саяна и климатические тренды // Экология. — 2008. — № 1. — С. 10—15.

Bugmann H., Zierl B., Schumacher S. Projecting the impacts of climate change on mountain forests and landscapes // U. M. Huber et al. (eds.) // Advances in global change research. Global Change and Mountain Regions, 23. Dordrecht. Springer. — 2005. — P. 477—487.

IPCC, 2007: Climate Change 2007: Synthesis Report. Valencia, Spain, 12—17 November. 2007.

Kharuk V., Ranson K., Dvinskaya M. Evidence of Evergreen Conifer Invasion into Larch Dominated Forests During Recent Decades in Central Siberia // Eurasian J. For. Res. — 2007. — V. 10, № 2. — P. 163—171.

Korner C., Paulsen J. A world-wide study of high altitude tree line temperatures // J. Biogeography. — 2004. — V. 31. — P. 713—732.

Kroger T. The green cover of mountains in a changing environment // U. M. Huber et al. (eds.) // Advances in global change research. Global Change and Mountain Regions, 23. Dordrecht. Springer, 2005. — P. 367—375.

Kullman L. Tree line population monitoring of *Pinus sylvestris* in the Swedish Scandes, 1973—2005: implications for tree line theory and climate change ecology // J. Ecology. — 2007. — V. 95. — P. 41—52.

Wieser G. Tausz M. Current concepts for treeline limitation at the upper timberline (G. Wieser and M. Tausz eds) // Trees at their upper limit. Netherlands. Springer, 2007. — 232 p.

В публикации использованы фотографии В. Харука

ЗА «КАДРОМ» АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ СЕНСАЦИЙ

*Какие ветхие шелка! Какие древние одежды!
Не покидает нас надежда, что жизнь в них теплится
пока к ним прикасается рука...
И виден выцветший узор, сплошь из драконов,
С давних пор живущих в Поднебесной*

В 12-м номере нашего журнала д-р ист. наук Н.В. Полосьмак и канд. ист. наук Е.С. Богданов рассказали об уникальных находках, обнаруженных сибирскими археологами при раскопках одного из курганов хунну в горах Ноин-Улы (Северная Монголия) во время экспедиции в 2006 г. В этом выпуске мы предлагаем читателям совместную публикацию специалистов из Института археологии и этнографии СО РАН, посвященную скрупулезнейшей работе реставраторов, дающих найденным вещам вторую жизнь

Многие считают, что предметы, обнаруженные в древних погребениях и поселениях, изначально выглядели такими же, какими их видит посетитель музея. Мало кто представляет реальную картину археологической находки. Очень редко случается, что вещи, найденные в земле, не нуждаются в реставрации. Это относится в основном к изделиям из золота, камня и керамики. С другими предметами специалистам приходится работать, чтобы они приобрели свой первоначальный вид.

Работа реставратора очень часто остается «за кадром», хотя только благодаря квалифицированной реставрации древняя вещь обретает вторую жизнь, сохраняясь уже на века. Ни один уважающий себя

археолог не может приступить к раскопкам не будучи уверен в том, что все обнаруженное в погребении или на поселении будет должным образом восстановлено и сохранено.

Начиная в 2006 г. большой проект по исследованию курганов знатных хунну на памятнике Ноин-Ула в горах Северной Монголии, мы, конечно, отдавали себе отчет в том, какого рода материал может быть обнаружен в ходе раскопок, и были готовы к его немедленной консервации и дальнейшей реставрации. Но археология прекрасна неожиданностью возникающих ситуаций. Условия нахождения древнего погребального инвентаря в 20-м Ноин-улинском кургане заставили ломать привычные стереотипы. Герметичность сделанной из сосновых брусьев двойной погребальной камеры, установленной на глубине более 18 м, была нарушена древними грабителями, которые проникли в нее, прорубив потолок. Камера не устояла под напором многотонного давления заполнивших могильную яму плотно утрамбованной глины и камней и сложилась, как карточный домик. Все находившиеся внутри пред-

Работа реставраторов значительно облегчается благодаря современному оборудованию для промывки текстиля. На фото Наталья Полосьмак и Марина Мороз промывают фрагмент войлочного ковра на оборудовании фирмы MUSEUM Services Corporation (США)



«В горы Ноин-Улы — живописнейшее место Северной Монголии — мы, то есть экспедиция Института археологии и этнографии СО РАН, приехали для раскопок одного из курганов хунну — народа, создавшего первую в мире кочевую империю, более известного по китайским хроникам, нежели по археологическим находкам.

Древние погребения на севере Монголии были случайно открыты еще в 1912 г. техником золотопромышленной компании А.Я. Баллодом. Заложив шурф в одной из громадных, заросших кустарником и вековыми соснами ям, он обнаружил древние орудия, золотые изделия, сосуды, остатки шелковых материй и многое другое. Так были открыты ставшие впоследствии всемирно известными Ноин-улинские курганы. К сожалению, исторические события, вскоре захлестнувшие Россию, отодвинули их изучение на десятилетия. Несколько забытых курганов были раскопаны уже в 1924—1925 гг. экспедицией известного путешественника и ученого П.К. Козлова, которая и установила, что в курганах, затерянных в укромных лесных падах, похоронены представители высшей знати хунну. Результаты раскопок были сенсационны: произведения не известного ранее анималистического искусства, текстиль из Средиземноморья и Средней Азии, китайские шелка, войлочные ковры с аппликациями в «зверином стиле»... Предметы, прекрасно сохранившиеся благодаря суровому климату и глинистым почвам, «рассказывали» не только о кочевниках хунну, но и о современном им мире древних цивилизаций Запада и Востока.». (Полосьмак Н.В., Богданов Е.С. На 18 метров в глубину веков // Наука из первых рук. — 2006. — № 12. — С. 14—23.)



Реставратор Ольга Швец и к. и. н. Евгений Богданов рассматривают одно из главных сокровищ эпохи Хань — лаковую чашечку



Реставрация покрытой лаком деревянной спицы зонта колесницы эпохи Хань. Навершие спицы сделано из позолоченной бронзы. На снимке реставратор Людмила Кундо

меты в большей или меньшей степени подверглись механическим повреждениям. Но и это не все. Внутри камеры стояла вода. Она способствовала консервации изделий из лака и сохранила текстиль — то, что практически никогда доходит до нас из столь глубокой древности. В то же время вода размыла и затянула внутрь мелкодисперсную светло-серую глину и уголь, слои которых были уложены строителями могилы между стенками погребальной камеры и могильной ямы. Эта вязкая агрессивная масса покрыла и пропитала все содержимое погребальной камеры, все вещи, которые сопровождали похороненного в ней человека, нанеся им за две тысячи лет, прошедших со времени совершения захоронения, непоправимый урон.

Особенно пострадал текстиль. Фрагменты ковров, занавесей, одежды были взяты из погребения вместе с глиной. Собственно говоря, это были просто комья глины, в которых едва угадывался текстиль. Ситуация усугублялась тем, что когда мы дошли до пола камеры, был уже октябрь, и ночные заморозки намертво связали мокрые глину и угольную пыль с тонкими серебряными бляхами, медными пряжками от конской упряжи и тканями. Днем было не намного теплее, работать с вещами стало невозможно, поэтому была проведена только подготовка их для отправки в Новосибирск. Для каждой категории предметов создали наиболее благоприятную среду, чтобы они не пострадали в пути. Так, например, лаки, дерево должны были находиться во влажной среде, тогда как металлические изделия должны были оставаться сухими. В таком виде все эти уникальные изделия и прибыли из Улан-Батора в наш институт.

Раскопать памятник только полдела. Сохранение материала, полученного в ходе раскопок, его безупречная консервация, а затем реставрация — вот главные задачи, к выполнению которых готовы далеко не все. Для того чтобы сохранить уникальный материал, который был получен в Монголии, необходимы усилия коллектива высококвалифицированных исследователей-реставраторов. В ИАЭТ СО РАН этот коллектив сложился еще во время выполнения проекта по исследованию пазырыкских памятников Горного Алтая. Тогда был приобретен бесценный опыт работы с текстилем и мокрым деревом.

Нынешняя коллекция невероятно сложна для работы. Это определяется составом, состоянием и количеством вещей. Кроме того, найдены совершенно новые, не известные нам ранее вещи — лакированные изделия, опыта работы с которыми у нас не было. Необходимость выполнения большого объема высококвалифицированной работы по реставрации уникального и сложного материала в короткие сроки (так как коллекцию нужно уже этой осенью, т. е. через два года после раскопок, вернуть в Монголию) заставила нас обратиться за помощью к ведущим российским специалистам — реставраторам мирового уровня Н. П. Сеницыной (Государственный научно-исследовательский институт реставрации) и В. Г. Симонову (Всероссийский художественный научно-реставрационный центр им. ак. И. Э. Грабаря). С их стороны нам была оказана неоценимая и бескорыстная помощь в реставрации текстиля и лака, вызванная их личной профессиональной заинтересованностью столь необычным древним материалом. А главное — мастер-классы, которые они провели для наших реставрато-

Наталья Сеницына — крупнейший специалист в области реставрации текстиля — дает вторую жизнь уникальной находке из 20-го Ноин-улинского кургана. Сейчас уже трудно представить, что этот великолепный текстиль еще совсем недавно был просто комком мокрой глины

ров. Руками Натальи Павловны и Олеси Сергеевны Поповой были возвращены из небытия фрагменты уникального шерстяного вышитого полотнища — поистине сенсационной находки.

Спасти от разрушения ханские лаковые чашки, покрытые росписью и отмеченные редчайшими хуннскими тамгами и иероглифическими надписями, помог В. Г. Симонов, который разработал методику сохранения подобных изделий.

Параллельно с реставрацией происходит и исследование всего разнообразия вещей и веществ из 20-го Ноин-улинского кургана комплексом физико-химических методов. Но это уже другая тема.

Д. и. н. Н. В. Полосьмак, главный научный сотрудник Института археологии и этнографии СО РАН (г. Новосибирск)

Какие ветхие шелка...

При реставрации археологического текстиля в первую очередь следует оценить саму возможность ее проведения, так как некоторые образцы могут просто не поддаваться никакому механическому воздействию. Это относится к случаям, когда волокна ткани разрушены настолько, что связующим компонентом между ними является грунт или оксиды металла. Тогда имеет смысл говорить о консервации образца при помощи реактивов, позволяющих сделать эту связь еще более прочной.

Если же эластичность текстильного волокна допускает производить какие-то манипуляции, то в любом случае начинать приходится с механической очистки поверхности ткани с одновременным ее распрямлением или выравниванием, учитывая наличие швов, слоев и деталей.

Механическая чистка может проводиться кистью, мягкими губками и даже пылесосом с регулируемым режимом мощности всасывания и специальными насадками.

Закончив механическую очистку, необходимо оценить возможность влажной чистки или мытья изделия, а также способа проведения этой операции. Если

Мастер-класс по работе с восточно-азиатскими лаками проводит единственный в России специалист в этой области Владимир Симонов (Всероссийский художественный научно-реставрационный центр им. академика И. Э. Грабаря)





Фрагмент полы верхней одежды из кургана 20-го могильника Ноин-Ула до проведения реставрационных работ выглядел как сильно загрязненный кусок плотной ткани, отороченной мехом, ворс которого также был забит грунтом, и окантованный вслед за меховой оторочкой полосой более тонкой ткани, тоже сильно загрязненной. Все изделие было словно покрыто коркой высохшего «илистого» (мелкодисперсного) грунта. Сохранность изделия позволяла провести осторожную, но достаточно тщательную обработку. Для предварительной очистки ткани и меха использовались кисти различной толщины и качества ворса, а также толстая игла с отшлифованным до шарообразной формы кончиком, которым приходилось аккуратно раздвигать нити ткани, разрушая засохшую пленку грунта. После этого грунт удалялся кисточкой и пылесосом. Проведя таким способом очистку окантовки изделия, удалось разглядеть на ней сложнотканый рисунок. Меховая часть также была подвергнута механической чистке с помощью иглы, кисточек различной толщины и «выбиванием», подразумевающей следующую процедуру. Ворс поднимается кисточкой и иглой, изделие переворачивается мехом на сетку или фильтровальную бумагу, затем аккуратными ударами кисточек из него выбиваются фрагменты грунта. После этого мех тщательно «причесывается» кистью. Верхняя часть полы изделия была покрыта стежками вышивки, поэтому раздвигать нити иглой не было

возможности — чистка была проведена простым «выметанием» грунта кистью и пылесосом. После механической очистки вещь уже выглядела вполне презентабельно, проявился рисунок на шелковом канте, мех стал более блестящим и ярким, четко прослеживался рисунок вышивки. Тем не менее ее сохранность позволяла применить и чистку водой. Для этого весь фрагмент был зашит между двумя слоями мелкоячеистой сетки и помещен в дистиллированную воду с небольшим количеством моющего средства (Hostapoon). Мягкой губкой, как тампоном, были обработаны обе стороны изделия, затем многократной сменой воды его прополоскали от остатков грунта и пены моющего средства. Сушка изделия производилась на стеклянной поверхности, после удаления сетки. Все детали фрагмента одежды были расправлены, растянуты до их реальных размеров и прижаты стеклянными грузиками (исключая меховую оторочку). Результаты проведенной работы можно посмотреть на фотографиях и сравнить их с первоначальным видом изделия. Хочется отметить, что при реставрации не использовались химические реактивы, пропитки и клеевые составы, благодаря чему исследования текстиля на красители и способы обработки при ткачеестве должны дать достоверные результаты. За сохранность изделия можно не беспокоиться при условиях стабильного температурно-влажностного режима в хранилище, изготовлении специальной упаковки и в условиях отсутствия солнечного света

Слева — подол верхней одежды из 20-го Ноин-улинского кургана до того, как его коснулась рука реставратора. Справа — тот же фрагмент, но уже восстановленный художником-реставратором Еленой Шумаковой

погружать изделие в воду, даже с использованием поддерживающих средств, нельзя из-за вероятности больших потерь, то влажная чистка производится тампонами или промыванием на промокательной бумаге или сетке. В случае более хорошей сохранности изделие можно промыть, погружая его в воду и даже используя нейтральное моющее средство (Hostapoon). После промывания и «прополаскивания» (сменой воды до отсутствия осадка или пены) текстилю необходимо придать его изначальную форму, если это целое изделие, или просто разгладить, если это фрагмент. Такую операцию можно проводить на стекле или пленке: еще влажная ткань помещается на гладкую поверхность и аккуратно распрямляется в направлении нитей основы и утка до ее реальных размеров и формы. Затем поверхность ткани покрывается стеклом (листы прямоугольной формы нужных размеров с отшлифо-

Елена Шумакова занята прорисовкой вышитой на шерстяной ткани уникальной композиции, смысл которой пока еще остается загадкой





ванными краями), между которыми оставляют небольшие промежутки. Этого бывает достаточно, чтобы при высыхании складки и заломы, образовавшиеся в результате длительного пребывания ткани в погребении, не стянули ее в прежнее положение. Если необходимо, то поверх стекол можно положить небольшой груз. После высыхания и удаления стекол и груза (если основные и уточные нити тщательно выровнены) ткань выглядит хорошо разутюженной.

Как показал опыт, ткани, обработанные подобным способом, остаются эластичными, не теряют яркости и блеска более длительное время, чем текстиль, обработанный закрепляющими и увлажняющими составами или клеем для дублирования. Конечно, немаловажную роль в этом играют и условия правильного хранения.

Цель реставрационных работ с текстилем — сохранить его в неизменном, а по возможности и улучшенном состоянии на как можно более долгий срок. Это дает возможность продолжить изучение данного образца текстиля или его фрагмента всеми известными на сегодняшний день методами, провести его реконструкцию и понять, как его применяли в прошлом. А также — сберечь его для исследований в будущем.

Е. В. Шумакова, художник-реставратор Института археологии и этнографии СО РАН (г. Новосибирск)

▲ Фрагмент шелковой китайской ткани с вышивкой. На ткани можно рассмотреть нанесенный черной тушью рисунок, по которому древние мастерицы вышивали шелком замысловатый узор

▼ Фрагмент покрытого шерстяной тканью войлочного ковра после работы реставраторов Марины Мороз и Ольги Швец и их ученицы и помощницы — студентки археологического отделения ГФ НГУ Елены Бочкаревой



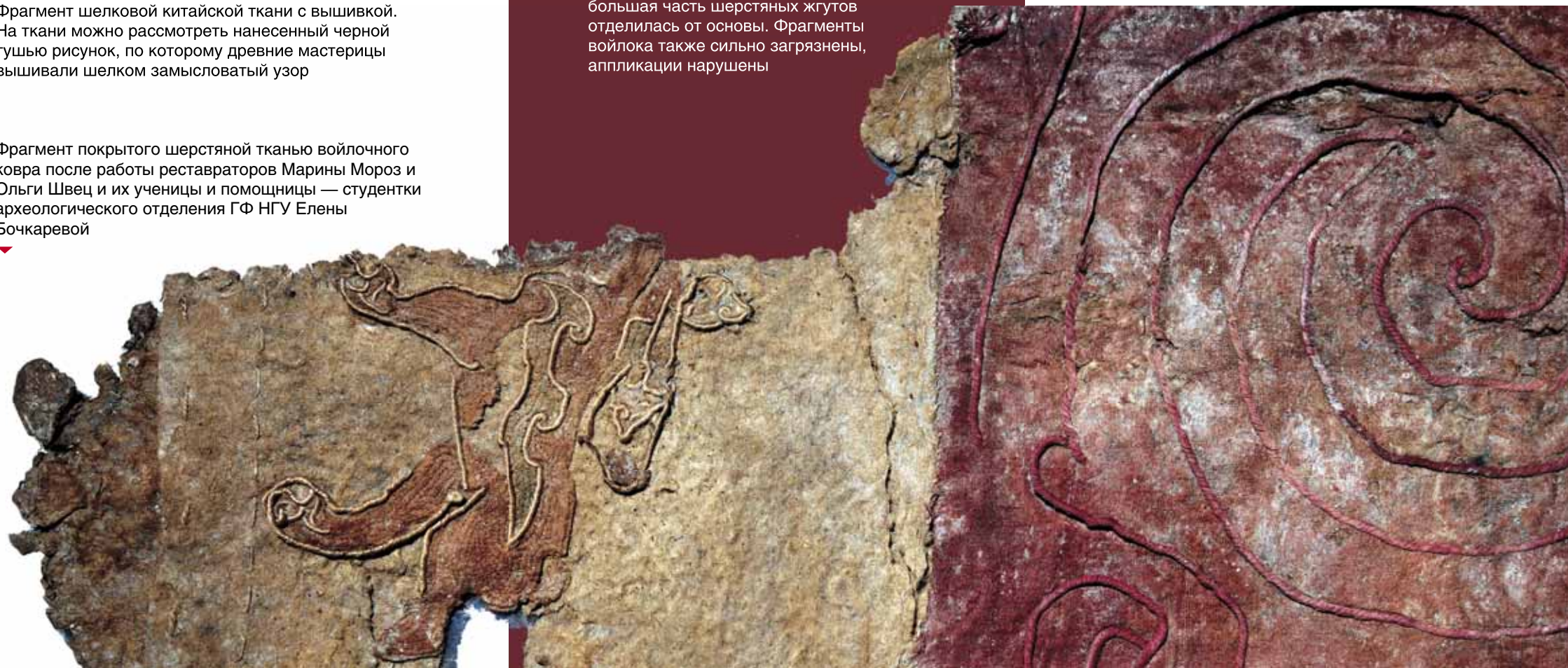
▲ Большая часть фрагментов была насквозь пропитана глиной, которая высохла плотной коркой и практически лишила ткань пластичности. На фрагментах шерстяного полотна много прорех и утрат, ткань сильно смята, большая часть шерстяных жгутов отделилась от основы. Фрагменты войлока также сильно загрязнены, аппликации нарушены

Тайна восемнадцати фрагментов

На реставрацию поступили 18 крупных и средних фрагментов и множество мелких обрывков и жгутов от ковра, представлявшего собой прямоугольное шерстяное полотно красного цвета, орнаментированное параллельными рядами кругов, выложенных шерстяными жгутами. Полотно было закреплено на двух слоях войлока черного и светло-коричневого цвета. По краям полотна шерстяной нитью пришит войлочный бордюр, орнаментированный аппликациями.

Для очистки и промывки фрагментов ковра была использована методика реставрации древнего текстиля крупнейшего в Европе Реставрационного центра Abegg-Stiftung (Швейцария). Эта методика многие годы успешно применяется нами для реставрации тканей и войлоков из замерзших курганов пазырыкской культуры.

Для фрагментов ноин-улинского ковра прежде всего была необходима тщательная механическая сухая очистка, что обеспечивало в дальнейшем успешную его промывку. Глиняная корка на поверхности изделий разбивалась деревянными палочками или толстой тупой иглой, грязь удалялась пылесосом с тонкими





насадками на малой мощности. Таким образом фрагменты ковра были очищены с обеих сторон. Путем частичного увлажнения из пульверизатора ткань была распрямлена в местах заломов, а орнаментальные жгуты — уложены по сохранившимся на шерстяной основе следам. Для предотвращения потерь и деформации ткани при промывке все фрагменты были с двух сторон по периметру зашиты в капроновую сетку.

Промывка изделий производилась в специальной промывочной ванне дистиллированной водой с применением нейтрального моющего средства Nostaroon. Порошок вспенивался с помощью губки в небольшом количестве теплой дистиллированной воды. Разложенные в ванне изделия покрывали пеной и оставляли на 30 минут, после чего ванна заполнялась водой до уровня, необходимого, чтобы полностью покрыть изделия. С помощью губки поверхность ткани слегка отжималась, сильно загрязненные места промывались мягкой кистью. Затем воду спускали, изделие переворачивали, снова покрывали пеной, и процесс повторялся. После этого ткань тщательно прополаскивалась путем многократной смены воды до полного удаления грязи и моющего средства.

Сушка фрагментов производилась на стеклянной поверхности, избытки влаги удалялись с помощью фильтровальной бумаги. Во влажном состоянии ткань распрямилась, в местах прорех нити были уложены по направлению утка и основы, детали орнамента разложены по своим местам.

Высушенные фрагменты текстиля частично или полностью дублировались на натуральный шелковый газ, окрашенный в коричневый цвет и напыленный тонким слоем полимера А-45К. Дублирование производилась с помощью электрошпателя. При нагревании дублировочной основы полимер расплавляется и газ приклеивается к ткани (пользуясь случаем, выражаем нашу глубокую благодарность и восхищение Наталье Павловне Сеницыной, познакомившей нас со своей методикой реставрации и реконструкции древнего текстиля и любезно предоставившей нам свои материалы для работы). Орнаментальные шнуры на фрагментах шерстяного полотна подклеены на клей Laskaux. Фрагменты войлочного бордюра также продублированы на основу. По возможности восстановлены войлочные аппликации.

М.В. Мороз, реставратор Института археологии и этнографии СО РАН (г. Новосибирск)

Рабочий момент — промывка фрагмента войлочного ковра.
Внизу — фрагмент ковра после первичной обработки



Лакированная чашка в погребальной камере 20-го Ноин-улинского кургана



И после реставрации

Лаковая чашечка — вызов реставраторам

Задача сохранения лаковых изделий была для нас новой. Поэтому еще до начала раскопок, предвидя находки из лака, мы обратились за помощью к известному специалисту по восточно-азиатским лакам В. Г. Симонову — ведущему реставратору Всероссийского художественного научно-реставрационного центра имени академика И. Э. Грабаря. В этом центре восточно-азиатские лаковые предметы реставрируются с 80-х годов прошлого века. Однако в нашем случае проблема заключалась в том, что деревянная основа лакированных предметов имела максимальную влажность. Задача консервации таких предметов возникла в отечественной реставрации впервые. Мы оказались перед серьезной проблемой создания новой методики.

Условия залегания найденных лаковых предметов в погребении были достаточно жесткими. Лаковые чашечки, оказавшись под давлением грунта, деформировались: лишились ручек, стали более плоскими, «приплюснутыми», или распались на фрагменты. Лак частично отслоился, в разломах хорошо определялась их деревянная основа. Чтобы исключить быстрое высыхание и последующее отслоение лака, было решено провести превентивную или полевую консервацию.

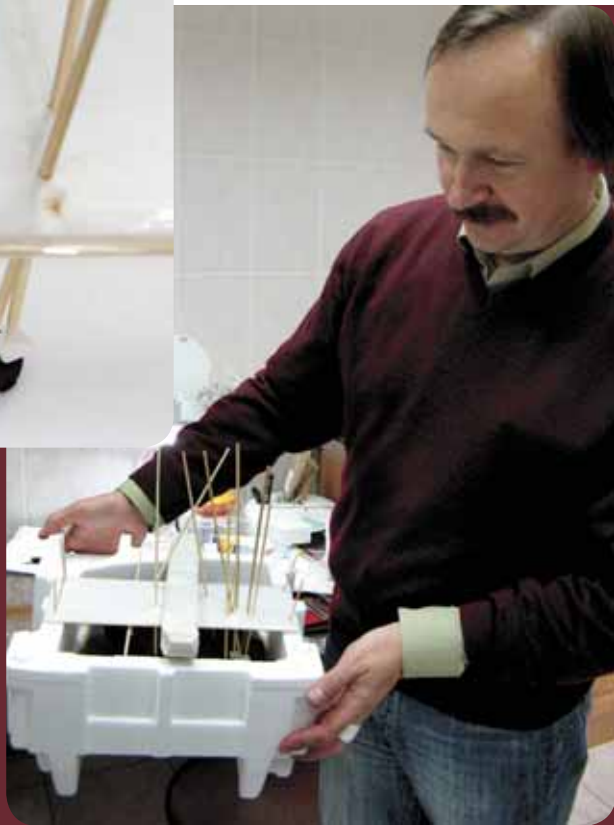
Полевая консервация деревянной основы лаковых предметов состояла в очистке от глины и пропитке кистевым способом 10–20% водным раствором полиэтиленгликоля (PEG-400). Пропитанные предметы хранились и транспортировались в герметичных кюветах.





«Скорая помощь» — набор археолога для полевой консервации мокрой деревянной основы лакированных предметов водным раствором PEG-400

Сушка лакированных чашек в импровизированном устройстве для фиксации лака. Материалы: фильтровальная бумага, сорбент — силикагель КСКГ Vпор = 0,8 см³/г (справа)



Укрепление лакового слоя с помощью проглаживания тепловым шпателем

Следующий этап — консервация в лабораторных условиях — решал задачу дальнейшей стабилизации структуры древесины чашечек. Для этого использовали тот же консервант — полиэтиленгликоль, но с большей молекулярной массой (PEG-400). Подобная методика используется для укрепления мокрой археологической древесины из «замерзших» пазырыкских курганов Горного Алтая.

Далее возникала проблема сушки, т. е. удаления влаги из объектов с наименьшими изменениями их внешнего вида. Чтобы при высыхании лак не скручивался, необходимо зафиксировать его на основе с самого начала сушки. Однако мокрая деформированная деревянная основа и отдельные ее фрагменты, а также конфигурация лаковых слоев были таковы, что фиксация лака обычным способом (т. е. грузом — мешочком с песком и т. д.) не представлялась возможной. Для этого было сконструировано и изготовлено в материале специальное устройство для фиксации отслоившегося лака на сложных рельефных и сильно наклоненных поверхностях. Влага удалялась путем заполнения пространства вокруг объекта сорбентом с последующим периодическим контролем его состояния и количеством влаги. В качестве укрепляющего состава был предложен рыбий клей с антисептиком, способный склеивать лак в случае

когда другие клеи не эффективны. Чтобы при высыхании объекта лак не вспучивался и не коробился, под него следовало ввести раствор рыбьего клея, прижать его и зафиксировать с помощью упомянутого устройства. Тогда бы клей высыхал одновременно с объектом и сохранял лак на поверхности, приклеив его к основе. Так как подвести клей под отслоившийся лак повсеместно из-за влажного состояния объекта невозможно, то фиксация происходила сначала лишь в отдельных местах, чтобы в дальнейшем провести полное укрепление. Благодаря такому подходу ни один фрагмент лака не был сломан или утерян.

Следующим этапом стало укрепление лакового слоя на высохших чашечках и их фрагментах. В этом случае использовались разработанные ранее и ставшие уже традиционными методы, применяющиеся при работе с музейными экспонатами. В зависимости от технологических особенностей нанесения лаковых слоев применялись разные варианты. Более толстый и жесткий лак укреплялся на воскосмоляную мастику. Расплавленная мастика подпускалась под лак, после чего поверхность проглаживалась тепловым шпателем. Таким способом можно укладывать и выравнивать серьезные коробления лака. По-другому этого сделать нельзя, так как восточно-азиатский лак не размягчается

ни одним растворителем, допустимым в реставрации, а только под действием тепла. Мастика оказалась также удобна тем, что при укреплении одновременно заполнялись неровности, впадины деструктурированной уже, но пропитанной полиэтиленгликолем деревянной основы. В целях защиты лакового слоя (порой выходящего за пределы основы фрагмента) от механического воздействия по краям делалась бортовка.

Одним из сложных моментов в работе оказался процесс восстановления формы предметов путем склейки фрагментов — подобно тому, как склеивается разбитая чашка. Однако на наших фрагментах не было четких краев, поэтому не было возможности зафиксировать их для склейки. Склейку приходилось проводить буквально на руках. Для этого необходим был клей высокой вязкости. После апробации нескольких видов клея наиболее удачным оказался рыбий клей высокой концентрации. Благодаря ему фрагменты чашечек последовательно соединялись друг с другом и благополучно удерживались в этом положении до полного высыхания клея. Неплотность прилегания фрагментов была такова, что порой они соединялись друг с другом лишь по двум-трем точкам касания. Надо отметить, что сочетание множества различных укрепляющих материалов на одном объекте, нежелательное в обычной

ситуации, в данном случае строго обуславливалось спецификой работы. Использование нами белкового клея при фиксации лака во время сушки и фрагментов во время сборки вместе с синтетическими клеями или воскосмоляной мастикой вполне допустимо, когда нет другого пути для сохранения артефакта.

Работа по сохранению уникальных памятников китайского происхождения эпохи Хань еще не окончена, но основное направление решения этой проблемы на сегодняшний день найдено.

*Л. П. Кундо, реставратор Института Археологии и этнографии СО РАН Россия (г. Новосибирск),
В. Г. Симонов, Всероссийский художественный научно-реставрационный центр имени академика И. Э. Грабаря Россия (г. Москва)*



Реставратор Галина Ревуцкая за работой



Ржавеет золото и истлевает сталь...*

Почти все металлы подвержены коррозии, т. е. потере металлических свойств с последующим образованием минеральных наслоений.

В земле коррозия металла усиливается в зависимости от кислотности почвы, её пористости и присутствия растворимых солей. Эти соли во влажной почве проводят электрический ток, являясь электролитом. Происходит электрохимический процесс — взаимодействие двух неоднородных металлов в присутствии соляного раствора, и менее благородный металл корродирует, а более благородный не поддается коррозии. И в этом случае Анна Ахматова не права — золото не ржавеет. Распределяются металлы в такой нисходящей последовательности: золото, серебро, медь, свинец, олово, железо.

Извлеченные из земли металлические предметы всегда бывают покрыты слоем оксидов, различными солями, налипшим грунтом и т. п., что изменяет их форму и искажает поверхность, а при изменении влажности и присутствии кислорода воздуха процессы разрушения усиливаются и могут привести к полному разрушению предмета.

Г. К. Ревуцкая, реставратор Института археологии и этнографии СО РАН (г. Новосибирск)

Фрагмент позолоченного бронзового конского налобника.

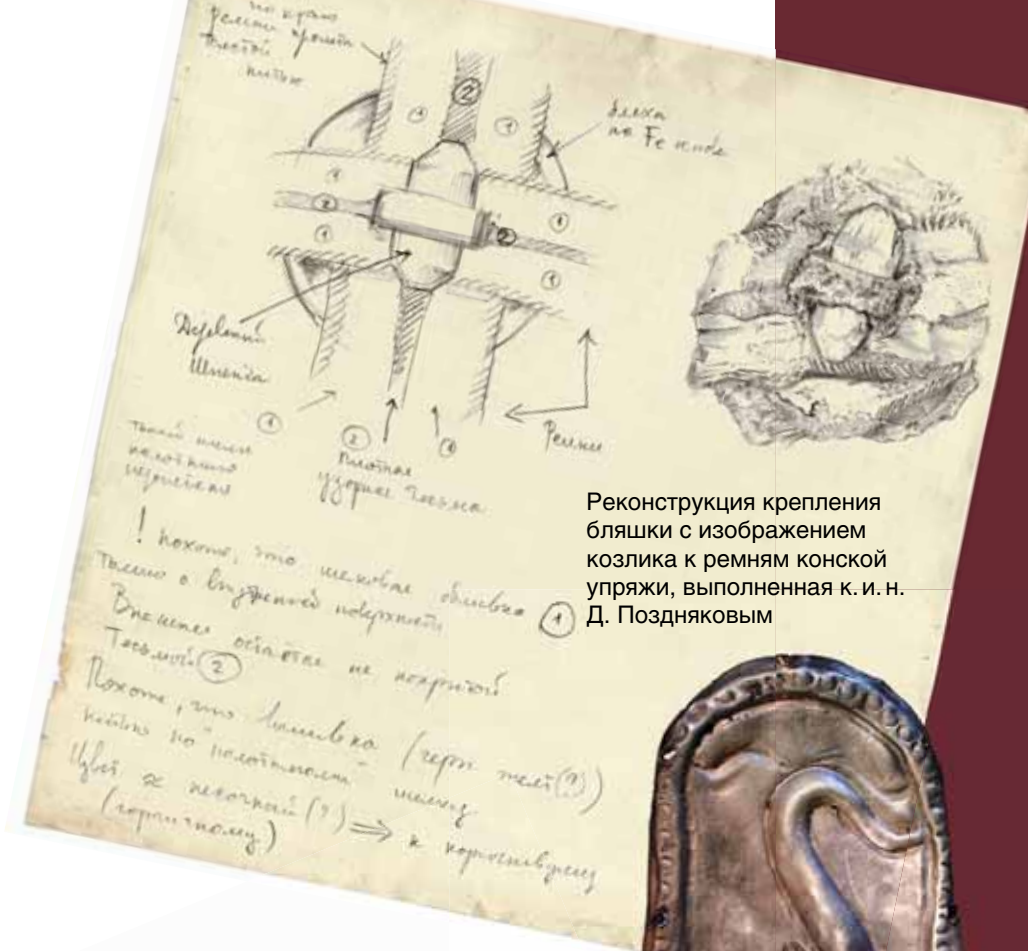
Пластина была покрыта плотным слоем оксидов, после удаления которых выявлена позолоченная поверхность. Золото нанесено методом горячего золочения. Слой золота частично утрачен из-за коррозионных процессов медного сплава — образовались очаги на поверхности и под слоем золота, которые удалялись с помощью компрессов.

▶ После расчистки на поверхности был выявлен гравированный рисунок — птица (см. прорисовку)

Серебряная бляшка с изображением единорога. ▶ С обеих сторон была покрыта толстым слоем рыхлых наслоений желто-коричневого цвета, скрывающих оригинальную поверхность.

В процессе расчистки удалены слои глины, окрашенной солями железа, а также остатки корродированных железных пластин, на которые крепилась бляшка. Железо, как менее благородный в данной паре металл, почти полностью разрушилось, продукты коррозии железа попали через трещины на лицевую сторону серебряной бляшки. Все наслоения с лицевой стороны были удалены с помощью мягких кистей и ватных тампонов раствором теплой муравьиной кислоты. Обратная сторона очищена от разрушенных фрагментов железа раствором щавелевокислого калия

* А. Ахматова



Реконструкция крепления бляшки с изображением козлика к ремням конской упряжи, выполненная к. и. н. Д. Поздняковым



Бляшка с изображением козлика. Поверхность окисленная, с трещинами, изломами. На оборотной стороне удалось сохранить фрагменты крепления из различных материалов — обломок деревянного язычка продет в бронзовую петлю, детали кожаного ремня и текстиля



В публикации использованы фото Л. Кундо, С. Зеленского, Д. Ануфриева

Фоторепортаж В. Короткоручко



«При проведении международного космического проекта «Матрешка-Р» по исследованию уровней радиационного воздействия ионизирующего космического излучения на организм человека были выбраны термолюминесцентные дозиметры на основе LiF типа ДТГ-4 производства Ангарского электролизного химического комбината...» (Карцев, 2008).
Вот оно — признание в космическом масштабе!

В 17 номере нашего журнала была опубликована статья «Комбинат №820», посвященная Ангарскому электролизному химическому комбинату (АЭХК). До середины 1980-х гг. комбинат входил в число предприятий, участвовавших в создании ядерного щита нашей Родины. Во второй половине 80-х здесь начали производить топливо для атомных электростанций и детекторы нового поколения. На сегодняшний день комбинат широко известен в нашей стране и за рубежом не только своей уникальной технологией переработки гексафторида урана, но также производством современных монокристаллических детекторов, дозиметров и автоматизированных комплексов индивидуального дозиметрического контроля. За разработку и организацию серийного производства комплекса средств термолюминесцентной дозиметрии внешнего облучения постановлением Правительства РФ № 109 от 2 марта 2005 г. объявлено присуждение премии Правительства РФ 2004 г. в области науки и техники и присвоено звание «Лауреат премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники» работникам нескольких учреждений, занимавшимся этой проблемой. И в их числе творческий коллектив из АЭХК

Внимание! РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Монокристаллы фторида лития, активированные магнием и титаном, и готовые к использованию детекторы ДТГ-4 на их основе

А. А. КОЗЛОВ, В. Д. БОГДАН-КУРИЛО



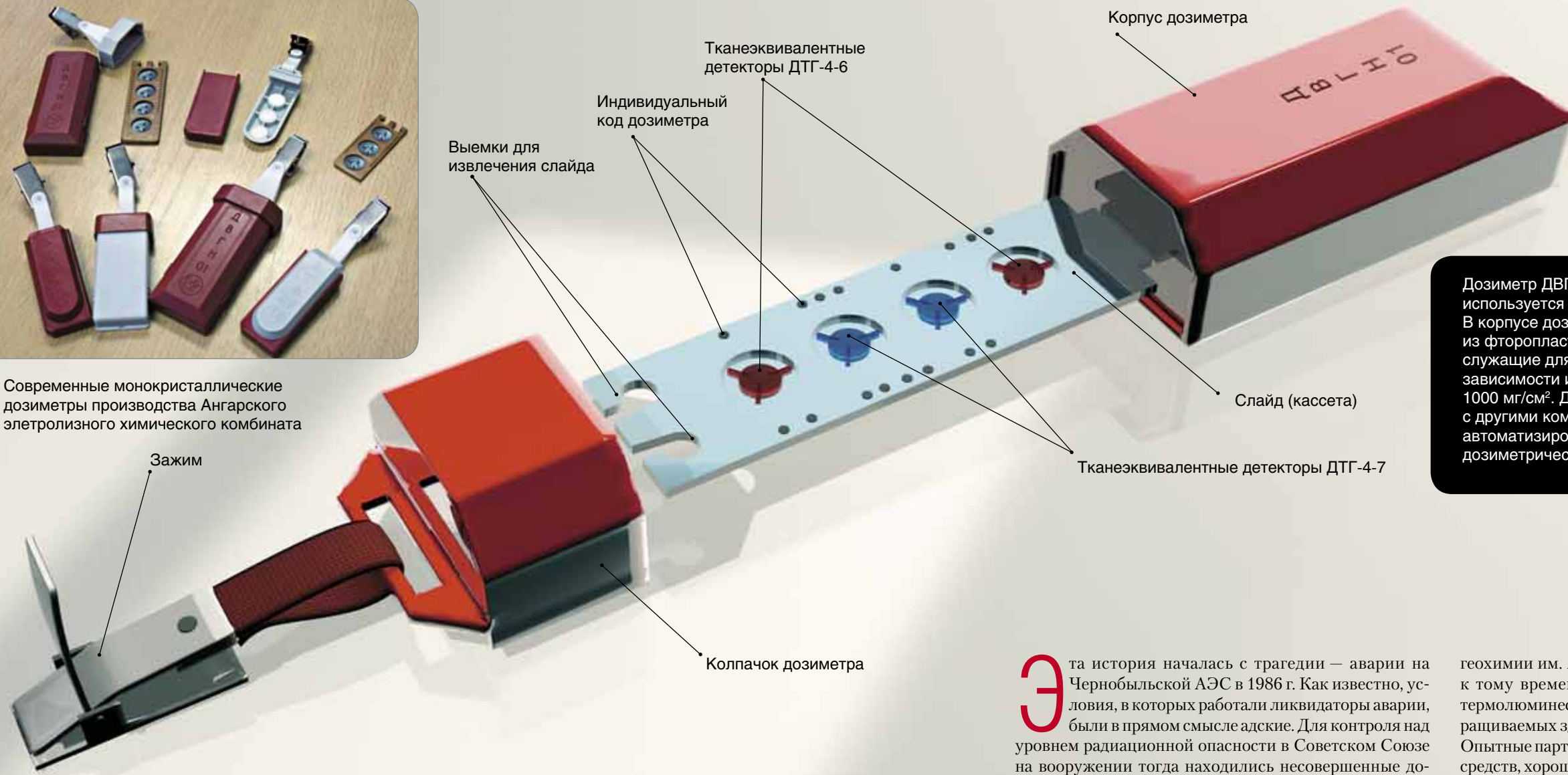
КОЗЛОВ Александр Александрович — кандидат технических наук, заместитель технического директора АЭХК, лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники, заслуженный эколог РФ



БОГДАН-КУРИЛО Владимир Данилович — начальник специального конструкторского технологического бюро АЭХК, лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники



Современные монокристаллические дозиметры производства Ангарского электролизного химического комбината



Дозиметр ДВГН-01 обеспечивает измерение дозы радиационного излучения $1,0 \text{ г/см}^2$ на глубине в соответствии с действующим ГОСТом. Он размещается на теле человека или на фантоме в контролируемой точке.

В дозиметре используются два детектора ДТГ-4-6 (${}^6\text{LiF-Mg,Ti}$) и два детектора ДТГ-4-7 (${}^7\text{LiF-Mg,Ti}$), закрепленные на подложке (никелевой чашке), помещенной в слайд.

В крышке слайда располагаются полиэтиленовый замедлитель быстрых и промежуточных нейтронов, борный поглотитель падающих нейтронов и медный фильтр, уменьшающий энергетическую зависимость при измерении фотонного излучения. По краям длинных сторон слайда расположены

отверстия, используемые в качестве шестнадцатиразрядного индивидуального кода дозиметра. Соответствующий коду десятичный номер, нанесенный на тыльную сторону слайда, виден через окно корпуса дозиметра. Чашки из никелевого сплава представляют собой элемент системы нагрева. При считывании информации чашка с детектором помещается напротив индуктора. При пропуске через него переменного тока в чашке за счет электромагнитной индукции возникают вихревые токи, происходит ее разогрев и, соответственно, детектора. При нагревании детектора возникает вспышка света, пропорциональная дозе поглощенного излучения. Таким образом последовательно обрабатываются все детекторы дозиметра

Дозиметр ДВГ-01 отличается тем, что в нем используется три детектора ДТГ-4 (LiF-Mg, Ti). В корпусе дозиметра располагается также вставка из фторопласта и фильтр из медной фольги, служащие для уменьшения энергетической зависимости и обеспечения эффективной толщины 1000 мг/см^2 . Дозиметры ДВГН-01 и ДВГ-01 вместе с другими комплектующими входят в состав с автоматизированного комплекса индивидуального дозиметрического контроля АКВДК-301

Эта история началась с трагедии — аварии на Чернобыльской АЭС в 1986 г. Как известно, условия, в которых работали ликвидаторы аварии, были в прямом смысле адские. Для контроля над уровнем радиационной опасности в Советском Союзе на вооружении тогда находились несовершенные дозиметры, которые проявили себя не с лучшей стороны. А отсутствие надежных детекторов и автоматических считывающих устройств, способных оперативно определять дозу ионизирующего излучения, делали работу ликвидаторов еще более трудной.

Государственная комиссия по ликвидации последствий Чернобыльской аварии была создана на следующий год после трагедии. Одним из результатов ее работы стало постановление Совета Министров СССР от 10 ноября 1987 г. (№ 1269—308), в котором отдельной строкой было записано: «Создать в г. Ангарске производство детекторов нового поколения».

Почему выбор пал на иркутский регион? В то время в г. Усолье Сибирское на химическом комбинате уже работал цех по производству сцинтилляционных детекторов ионизирующих излучений. А в Институте

геохимии им. А. П. Виноградова СО РАН (г. Иркутск) к тому времени были разработаны так называемые термолюминесцентные детекторы ДТГ-4 на основе выращиваемых здесь же монокристаллов фторида лития. Опытные партии этих детекторов, в отличие от штатных средств, хорошо зарекомендовали себя во время ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС.

Так на территории Ангарского электролизного химического комбината (АЭХК) за три последующих года было создано специальное конструкторско-технологическое бюро (СКТБ) со своим опытным участком, цель которого заключалась в налаживании промышленного выпуска эффективных приборов индивидуального дозиметрического контроля.

Монокристаллическое «сердце» дозиметра

Что же представляют собой детекторы — главная часть дозиметра ионизирующего излучения? Действие всех детекторов основано на ионизации или возбуждении заряженными частицами атомов вещества, за-

полняющего рабочий объём детектора. Прохождение заряженных частиц через вещество сопровождается различными эффектами, в том числе химическими, тепловыми и световыми.

В *сцинтилляционном детекторе* свет, который излучило вещество детектора при поглощении им ионизирующего излучения, собирается на фотоприёмнике, где преобразуется в импульс тока, усиливается и записывается регистрирующей системой.

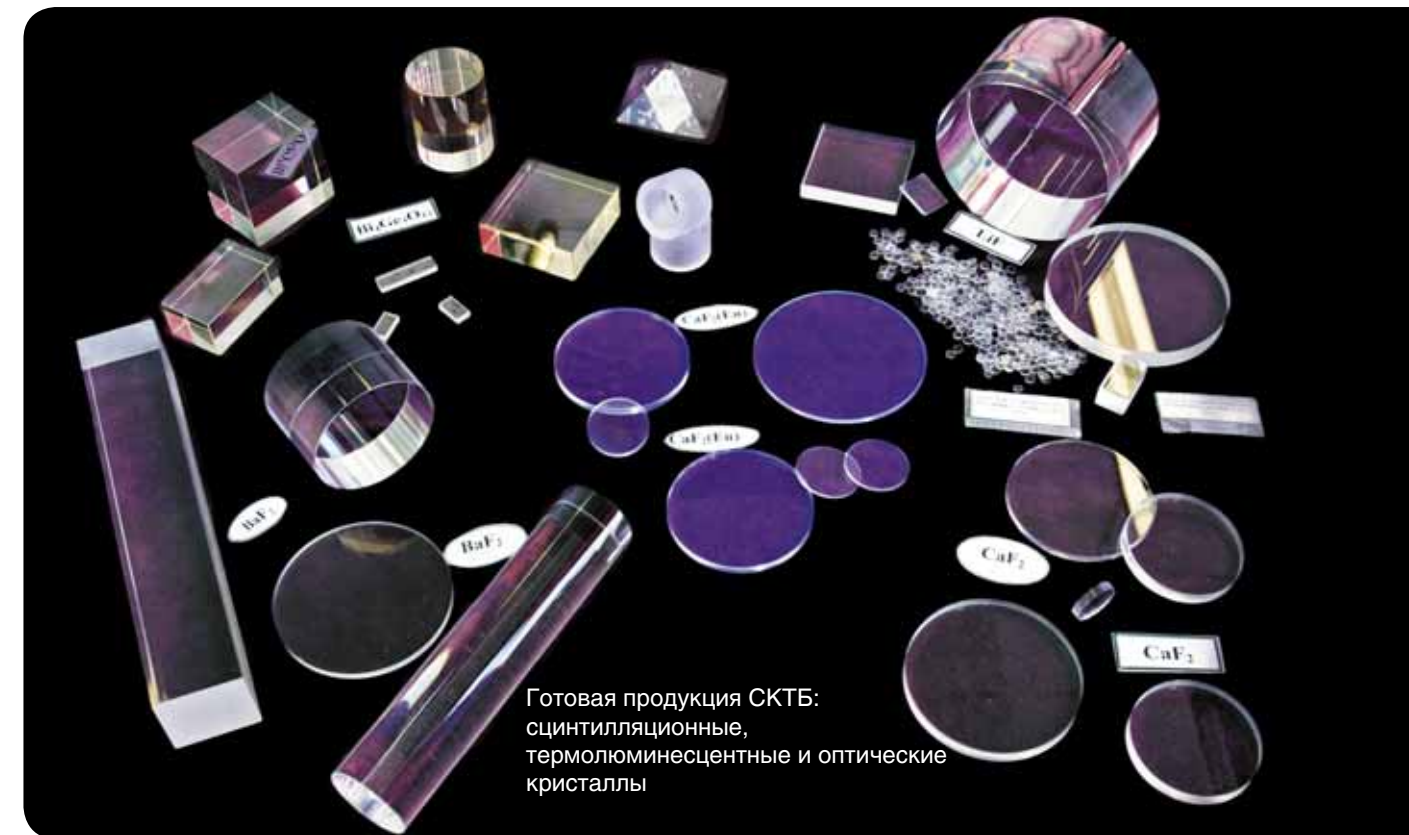
По восприятию ионизирующего излучения ДТГ-4 является эквивалентом биологической ткани человеческого тела. Основными преимуществами данного типа детекторов также является высокая чувствительность, малая погрешность при обработке результатов, освоение серийного производства, приемлемая стоимость, большое количество циклов использования



В лаборатории дозиметрического контроля АЭХК, где установлены дозиметрические комплексы АКВДК-201 и АКВДК-301, проводят дозконтроль двух тысяч работников самого комбината и персонала других предприятий Иркутской области. Единственная ручная операция — снятие крышечки с детектора и его установка в приемное устройство считывателя, поэтому для обеспечения работы достаточно двух операторов

Принцип действия *термолюминесцентного детектора* основан на способности некоторых веществ накапливать энергию ионизирующего излучения, а затем при резком нагреве отдавать ее в виде светового излучения (вспышек света), которое регистрируется специальными системами. Таким образом, термолюминесцентный детектор интегрально «запоминает» дозу, полученную человеком, и при нагревании до определенной температуры эту дозу можно «считывать», измеряя силу световой вспышки.

В качестве рабочего вещества термолюминесцентного детектора часто используется фторид лития, активированный магнием и титаном. Под воздействием излучения в нем возникают свободные электроны и «дырки», которые локализуются на ловушках, образованных примесными атомами (магний, титан) в кристаллической решетке фторида лития. Электроны, попавшие в ловушки, могут находиться там длительное время. Их освобождение происходит лишь при нагревании детектора, причем каждый акт освобождения электрона



Готовая продукция СКТБ: сцинтилляционные, термолюминесцентные и оптические кристаллы

сопровождается испусканием кванта света. Количество электронов, захваченных ловушками, а значит, и количество испущенных при нагревании квантов света будет пропорционально поглощенной энергии излучения, воздействовавшей на монокристалл фторида лития.

Фторид литий может при этом находиться в разных видах: прессованном, плавленом или, наконец, монокристаллическом. Чем плох прессованный детектор? Во-первых, он непрочный. Вот пример: до Чернобыльской аварии у нас в СССР изготавливались в промышленных масштабах лишь прессованные детекторы в НИИ люминофоров (г. Ставрополь). Для считывания информации детектор, внешне напоминающий небольшую пуговицу, нужно было извлечь и поместить в считывающее устройство. Автомата для считывания в то время не существовало, что существенно снижало достоверность полученной информации и, соответственно, увеличивало погрешность измерений. К тому же случалось, что информация о дозе облучения терялась, что могло иметь трагические последствия для конкретного человека.

В отличие от прессованного, монокристаллический детектор очень прочен, к тому же не собирает влагу из воздуха, поэтому у него отсутствует погрешность от хемилуминесценции. В настоящее время в мире (США, Китае, Японии и др.) широко используются детекторы

Помимо аппаратуры для дозиметрического контроля СКТБ при АЭХК производит сцинтилляционные, термолюминесцентные и оптические монокристаллы различного состава, которые могут быть использованы для разных целей. Например, оптический монокристалл фторида кальция (CaF_2) обладает отличными механическими, техническими и эксплуатационными характеристиками, что в сочетании с прозрачностью в широком спектральном диапазоне, высокой оптической однородностью и радиационной устойчивостью позволяет использовать его для нужд квантовой и силовой оптики, микроскопии, спектрофотометрии, астрономии, в оборудовании для космических станций и т. д. Сцинтилляционный монокристалл фторида бария (BaF_2) применяется для изготовления быстродействующих и радиационно-прочных детекторов для позитронно-эмиссионной томографии, ядерной калориметрии, гамма-спектроскопии, идентификации заряженных частиц и нейтронов. А сцинтилляционный монокристалл ВГО ($\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$) используется в детекторах для регистрации гамма-излучения в физике высоких энергий



На участке обработки монокристаллов ДТГ-4 производится первичная разбраковка заготовок детекторов по чувствительности, геометрическим размерам, массе и качеству поверхности

из плавленного фторида лития, которые также мало впитывают влагу, но они, конечно, не настолько «совершенны», как монокристаллы. Дело в том, что технология изготовления последних крайне сложна: иркутские ученые из Института геохимии им. А. П. Виноградова СО РАН на сегодня единственные в мире, кому удалось вырастить подобные кристаллы. В процессе внедрения в практику эта технология была усовершенствована уже в СКТБ при Ангарском комбинате (на выставке «Брюссель-Эврика» в Бельгии в 1997 г. эта разработка была удостоена Золотой медали).

«Оправа» для детектора

Но даже самый лучший детектор без соответствующей считывающей аппаратуры — как драгоценный

камень без оправы. Поэтому на повестку дня перед разработчиками была поставлена задача создания считывающего автоматического комплекса, с которой они успешно справились. И в настоящее время АЭХК — единственное в России предприятие, производящее подобные дозиметрические комплексы; что же касается монокристаллических дозиметров — то единственное и в мире.

Таким образом, помимо более «привычных» дозиметров для наручных считывателей на АЭХК сегодня выпускается гордость разработчиков — *автоматизированные комплексы индивидуального дозиметрического контроля* (АКИДК-201 и АКИДК-301). Нужно добавить, что за разработку этой аппаратуры создатели получили Золотую медаль на всемирной выставке в Женеве в 2003 г.

АКИДК-301 предназначены для измерения индивидуального эквивалента дозы в смешанных гамма-нейтронных полях (в комплекте с дозиметром ДВГН-01) и в полях фотонного излучения (в комплекте с дозиметром ДВГ-01). Их используют для индивидуального дозиметрического контроля персонала атомных станций, радиохимических производств, а также населения в неблагополучных районах.

В состав комплекса входят термолюминесцентный считыватель, дозиметры, компьютер, принтер. Следует заметить, что для такой установки нужно было разработать и особую конструкцию дозиметра, в том числе узла, в котором с помощью «усиков» надежно закреплены прозрачные «пуговицы» детекторов. И качество этой конструкции оказалось высоким.

Сама считывающая аппаратура невелика (чуть больше компьютера), зато умеет многое. После того как корпус дозиметра со слайдом установлен в ее приемник, она автоматически их нагревает и считывает интенсивность светового излучения. С помощью специальной разработанной программы производится расшифровка информации — величины дозы радиационного облучения, полученной владельцем дозиметра. После считывания информации детектор можно использовать снова. Комплекс поставляется в комплекте с дозиметрами: к одному прибору их может прилагаться до 10 тысяч!

В дозиметре ДВГН-01 в качестве детекторов используются монокристаллы на основе фторида лития, активированного магнием и титаном — ДТГ-4-6 и ДТГ-4-7. Детекторы ДТГ-4-6, изготовленные из обогащенного по шестому изотопу лития, позволяют регистрировать фотонное и нейтронное излучение, а детекторы ДТГ-4-7 (из лития, обогащенного по седьмому изотопу) — только фотонное излучение. По разнице между измерениями, полученными от разных детекторов, можно определить величину дозы нейтронного излучения.

Планы и перспективы

Правительство РФ высоко оценило работу коллектива Ангарского электролизного химического комбината, производство которого отвечает самому современному уровню развития техники и безопасности человека. Но производители и разработчики дозиметрической техники не собираются почивать на лаврах. В СКТБ не только ведется непрерывная работа по совершенствованию уже существующей аппаратуры, но и разрабатывается новое уникальное оборудование.

Например, сегодня АЭХК совместно с Институтом геохимии им. А. П. Виноградова СО РАН и Байкальским институтом природопользования СО РАН создает автоматизированный комплекс, предназначенный для определения индивидуальных эквивалентных доз слабопроникающего излучения в коже и хрусталике глаза. Аналогов такой аппаратуры фактически не существует, а необходимость в ней возникла в связи с Требованиями ныне действующих Норм радиационной безопасности. Особенность этой работы заключается в том, что измерения необходимо делать в очень тонком слое, имитирующем чувствительный кожный покров человека. Аналогом кожи может стать полиамидная пленка, в состав которой включен борат магния, активированный диспрозием.

Кроме того, сегодня в СКТБ идет работа над радиометром, который будет измерять загрязненность почвы, металлолома и т. д. И хотя приборы такого типа разрабатываются во многих странах, наши производители надеются, что их разработки окажутся лучшими для российских условий. И надо сказать, что для этого есть все основания, недаром в течение более 15 лет АЭХК с успехом удерживает лидирующие позиции в производстве очень сложной и наукоемкой продукции.

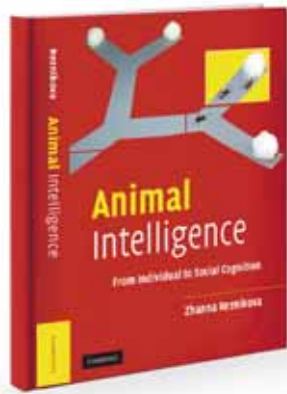


Под воздействием радиационного облучения во фториде лития образуются несколько типов центров окраски, что значительно расширяет область применения этих монокристаллов

Литература

- Иванов В. И., *Дозиметрия ионизирующих излучений*. М. — 1964.
- Карцев И. С. *Измерение поглощенной дозы в условиях космических полетов // Ядерные измерительно-информационные технологии*. — 2008. — № 1.
- Нормы радиационной безопасности (НРБ-99) СП 2.6.1.758-99.*
- Патент № 2091514 на изобретение «Способ получения термолюминесцентных детекторов». Москва 27 сентября 1997 г.
- Патент № 2174240 на изобретение «Термолюминесцентный дозиметр» Москва 27 сентября 2001 г.
- www.aecc.ru — Сайт Ангарского электролизного химического комбината.

ИНТЕЛЛЕКТ ЖИВОТНЫХ: ОТ индивидуума ДО социума



ANIMAL INTELLIGENCE
From Individual to Social Cognition
by Zhanna Reznikova
Cambridge University Press, 2007. — 488 p.
ISBN 978-0-521-82504-7 hardback
ISBN 9978-0-521-53202-0 paperback
Product Dimensions: 9.7 x 7.5 x 1.1 inches (hardback)
Product Dimensions: 9.5 x 7.4 x 0.9 inches (paperback)

Жизнь животных — от муравья до кита — заполнена непрерывным потоком принятия жизненно важных решений, как сиюминутных, так и нацеленных в будущее. Съесть или выплюнуть, драться или скрыться, подчиниться или подчинить, поделиться или отнять... Годится ли партнер для создания пары, а еще лучше — для совместного выращивания потомства... Воспитывать этих потомков или родить новых, а, может, вообще не размножаться и посвятить свою жизнь помощи близким родственникам? Какую роль в принятии этих решений играет интеллект, и вообще — что такое интеллект животных?

Книга «*Animal Intelligence: From Individual to Social Cognition*» («Интеллект животных: от индивидуума до социума») новосибирского этолога Ж. И. Резниковой вышла в свет в августе 2007 г. в издательстве Cambridge University Press (Кембридж). Она позиционируется издательством как учебник для аспирантов и в то же время как книга для широкого круга читателей. Это — первый случай когда книга российского автора для данной области знаний (этология, экология, эволюция) издана в Кембридже. Предисловие написал известный приматолог, профессор Кембриджского университета Уильям Мак-Грю. Он отметил, что российскому автору, стоящему «над схваткой» европейской и американской научных школ, занимающихся проблемами теории обучения, и который к тому же привлекает пионерные результаты российских исследователей (включая и множество собственных), впервые удалось найти взвешенный и плодотворный подход к исследованию интеллекта животных. Кроме того, при описании интеллектуальных достижений животных наконец удалось «уравнять в правах» позвоночные и беспозвоночные организмы

Метод как точка опоры

Огромная доля поведенческих реакций животных основана на врожденных поведенческих стереотипах и не требует приобретения опыта. Способность животных к обучению, делает их поведение более гибким и адаптивным. За счет этого осуществляется доводка генетически запрограммированного поведения до требований изменчивой среды обитания. Интеллект же помогает животным применять полученные навыки в незнакомых, а часто и в принципиально новых ситуациях. На основе этих представлений автор предлагает новую, оп-

тимизированную классификацию форм обучения у животных.

Большим достоинством новой книги является то, что в ней представлены не только современные представления об интеллектуальных возможностях животных, но и новые методы их исследования. Это очень важно, поскольку все революционные изменения в представлениях об интеллектуальных возможностях животных происходили тогда, когда появлялся новый метод экспериментальных исследований.

Яркий тому пример — развитие подходов к исследованию коммуникации животных. Так, Карл фон Фриш описал «язык танцев» пчел

РЕЗНИКОВА Жанна Ильинична — доктор биологических наук, профессор, заведующая кафедрой сравнительной психологии Новосибирского государственного университета, заведующая тематической группой этологических основ интеграции сообществ животных Института систематики и экологии животных СО РАН (Новосибирск). Специалист в области экспериментальной этологии и экологии, член международного консулата общества по изучению поведения животных. Автор более 200 научных публикаций, нескольких учебников и монографий



Профессор Сью Сэвидж-Румбо общается с шимпанзе с помощью набора лексиграмм. Фото Д. Румбо. Copyright © 2006 Great Ape Trust





Социальное обучение у австралийских попугаев кеа: внимательно наблюдая за действиями сородича, птица учится манипулировать рычагами, чтобы достать приманку. Фото предоставлено Л. Губером (Институт зоологии, Вена)



еще в начале 20-х гг. Он получил Нобелевскую премию после бурных полувекowych дискуссий лишь в 1973 г., но окончательно мир признал наличие символического языка за такими скромными созданиями, как пчелы, лишь в 1990-е гг. Это произошло после того, как датский ученый А. Михельсен создал пчел-робота, передающую живым пчелам в улье сигналы о том, куда лететь за нектаром.

Огромные изменения в наших представлениях о коммуникативных и тесно связанных с ними когнитивных (познавательных) способностях животных произвели исследования, связанные с использованием языков-посредников, изобретенных (или адаптированных) людьми для общения с животными. Эксперименты Улановой, Гарднеров, Премака, Пепперберг, Сэвидж-Румбо, Хермана с обезьянами, серыми попугаями, дельфинами показали, что животные способны формировать новые понятия, комбинируя освоенные ими слова, сообщать о прошедших и ожидаемых событиях, и более того — обманывать, шутить и ругаться! Однако эти результаты не дают представления о степени сложности естественных коммуникативных систем животных.

Для решения этой проблемы автором книги совместно с известным специалистом по теории информации Б.Я. Рябко предложен принципиально новый подход к изучению «языка» животных. Исследователи не стали пытаться расшифровать сигналы животных и использовать язык-посредник, а начали «просить» своих подопытных передавать заранее заданную ин-

Эта галка — обитатель затерянного в океане о. Новая Каледония к востоку от Австралии — достает корзинку с приманкой, используя проволочный крючок собственного изготовления.

Фото предоставлено А. Вейром (Оксфорд, Великобритания)

Этот мудрый кролик — иллюстрация к главе, посвященной альтруистическому поведению животных

формацию, измеряемую в битах. Применение идей и методов теории информации позволило выявить у нескольких видов муравьев систему коммуникации, не уступающую по сложности языку танцев пчел.

Оказалось, что при передаче сообщений муравьи способны проявлять чудеса интеллекта, сравнимые с достижениями высших позвоночных животных: улавливать закономерности и использовать их для кодирования информации, оценивать число объектов и даже прибавлять и отнимать небольшие числа.

На следующем этапе исследований этологи научились использовать механизмы коммуникации муравьев для изучения общих свойств интеллекта. Выяснилось, что муравьи становятся настоящими «гениями общения» и могут решать сложнейшие пространственные задачи, но только в ситуациях, связанных с добычей пищи.

Качество Cambridge

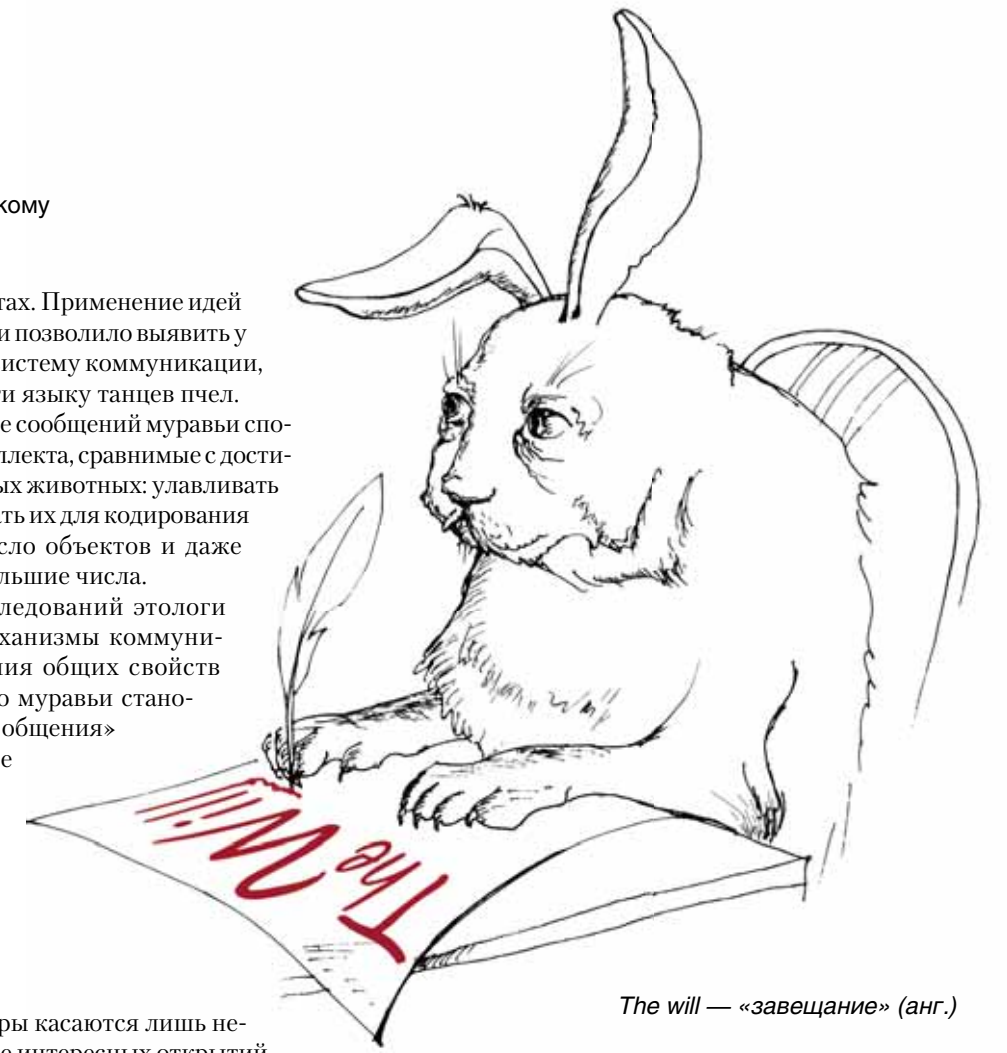
Приведенные выше примеры касаются лишь небольшой части захватывающе интересных открытий, связанных с интеллектом животных.

В книге также освещаются новейшие достижения и дискуссионные проблемы в области экспериментального исследования таких сложных форм поведения животных, как орудийная деятельность, подражание, новаторство, способность к сопереживанию, умению «лгать» и «плести интриги» («макиавеллизм»).

Новая, прекрасно изданная книга достаточно весома (она включает 488 стр.) и замечательно иллюстрирована многочисленными фотографиями этологических экспериментов, предоставленными ведущими исследователями из разных стран. А несколько забавных иллюстраций, выполненных новосибирским дизайнером П. Рябко, заставляют читателя улыбнуться в самых неожиданных местах.

Книга написана живым языком, с большим количеством примеров и адресована всем, кто интересуется проблемами поведения животных, поведенческой и эволюционной экологии, эволюционными истоками поведения человека, биологическими основами психологии.

Немало полезного найдут в ней и специалисты в области физиологии высшей нервной деятельности, теории обучения и «машинного интеллекта», работо-



The will — «завещание» (анг.)

техники, теории информации и криптографии. Лингвисты найдут в ней новые подходы к исследованию языка и новые данные об эволюционных истоках языка человека, а социологов наверняка заинтересует биологическое обоснование сложных форм взаимодействия в сообществах.

Резюмируя вышесказанное, можно утверждать: англоязычным читателям новой книги по этологии скучать не придется! Тем же, кто хочет ознакомиться с другими книгами автора, изданными на русском языке, можем порекомендовать следующие издания:

Резникова Ж.И. Интеллект и язык животных и человека: введение в когнитивную этологию. Учебное пособие для вузов (Гриф Минобробразования РФ). М.: ИКЦ «Академкнига», 2005. — 588 с.

Резникова Ж.И. Между драконом и яростью. Этологические и эволюционные аспекты межвидовых отношений животных (гипотезы и теории, хищники и жертвы). М.: Научный мир, 2000. — 208 с.

Резникова Ж.И. Популяции и виды на весах войны и мира. Этологические и эволюционные аспекты межвидовых отношений животных. М.: Логос, 2001. — 270 с.



Фото В. Глутова

Голубянка (Lysaeinidae) — представительница крупнейшего семейства дневных бабочек