**Михайлов К.Г.** 2011. Удивительная пизаура // Природа. Вып. 9. С. 77-79.



Технология такова. Путем разложения метана при 1000°С получали графеновые пленки и осаждали их на внутренние поверхности пористого никелевого шаблона, а затем покрывали тонким слоем полиметилметакрилата. Потом стравливали никель в растворе HCl или $FeCl_3$ (полиметилметакрилат нужен, чтобы препятствовать коллапсу трехмерной графеновой сетки в процессе стравливания). После удаления полиметилметакрилата ацетоном оставалась пластинка пенографена толщиной 0.1—0.6 мм и поперечным размером ~10 см.

Просвечивающая электронная микроскопия показала, что стенки графенового каркаса неоднородны по толщине и образованы в среднем тремя слоями графена. При инфильтрации графеновой пены полидиметилсилоксаном (ПДМС) получается гибкий композит графен/ПДМС, проводимость которого при содержании графена всего 0.5% составляет ~10 С/см. Это на шесть порядков выше, чем в композитах ПДМС/графен, получавшихся ранее другими методами.

Проводимость графен/ПДМС максимальна при пяти слоях графена — она почти такая же, как у чистого (без полимерного наполнителя) пенографена. Вместо ПДМС с тем же успехом можно использовать и другие полимеры (например, эпоксидную смолу). Помимо отличной проводимости композиты характеризуются высокой механической прочностью. Они могут найти применение в самых различных областях — от биомедицины до суперконденсаторов и литий-ионных батарей.

http://perst.issp.ras.ru
(2009. Т.18. Вып.11/12).

## Химия

### Золотые клетки

Как это ни удивительно, но создание настоящих золотых клеток начинается с наночастиц серебра. И никаких намеков на алхимию. Избирательное осаждение золота на серебряные десятигранники (декаэдры) с последующим их вытравливанием позволило канадским специалистам получить прекрасные образцы золотых нанокаркасов[1]. Исследователи наносили золото точно на ребра и вершины декаэдров, жестко контролируя условия процесса, а именно количество осаждаемого материала, скорость осаждения, концентрацию восстановителя и т.д. На следующем этапе серебряные шаблоны удаляли, растворяя их в перекиси водорода, и на выходе оставались лишь золотые наноклетки с толщиной «прутьев» до 1.6 нм. Структура получаемых образцов напрямую зависела от соотношения осажденного золота и серебряного шаблона. Кроме декаэдров в качестве шаблонов для получения золотых наноклеток использовали также серебряные бруски пятиугольного сечения и икосаэдры. Другие формы (например, кубы или бипирамиды) не позволили добиться желаемых результатов.

Исследователи надеются, что их методика окажется полезной для получения ультратонких металлических проволок, а также наноструктур благородных металлов для использования в катализе.

http://perst.issp.ras.ru
(2009. Т.18. Вып.11/12).

## Зоология

### Удивительная пизаура

Паук пизаура удивительная (*Pisaura mirabilis*) был описан на заре становления зоологической номенклатуры (первоначально как *Araneus mirabilis*). По прошествии еще без малого 130 лет выяснилось, что эта пизаура не зря получила свое имя! Воистину удивителен «свадебный подарок» самца пизауры самке, впервые описанный бельгийским исследователем М.ван Хассельтом[2] в 1884 г. С тех пор вышло немало работ, посвященных ритуалу ухаживания у пизауры, в том числе и добротное исследование российского арахнолога С.А.Спасского[3].

Поедание самкой самца-партнера после спаривания, во время этого акта и даже перед ним — явление у пауков достаточно обычное. В этом даже есть определенный биологический смысл, так как большинство самцов мало пригодно для следующего спаривания, а самке при созревании яиц надо хорошо питаться. Самец для нее — просто еда! Тем не менее, чтобы сохранить себе жизнь, самцы разных видов пауков идут на всяческие уловки: могут подавать специальные вибрационные, звуковые и оптические сигналы, чтобы спариться с только что перелинявшими, еще вялыми самками; повесить самку вниз головой на не очень удобной для нее паутинной нити и многое-многое другое. Но вершина эволюции такого рода поведения — конечно же, свадебные подарки пизаур и некоторых других пауков! Поймав муху или другое насекомое, самец приближается к самке, та вцепляется в презент, и тогда самец приступает к спариванию и остается цел.

Но большинство прежних наблюдений проведено в лабораторных условиях, которые не всегда соответствуют природным. Пизауры живут в гуще травостоя, а в лаборатории их сажали в контейнеры с плоским полом, где они были лишены возможности карабкаться по вертикальным поверхностям. Наиболее «биологичен» подход немецкого арахнолога Р.О.М.Ницше (Университет Кайзерлойтерна), который вот уже более 20 лет изучает биологию *Pisaura mirabilis*; недавно вышла его обзорная статья с многочисленными фотографиями[4].

Ницше разработал оригинальный контейнер для содержания

[1] *McEachran M. et al.* // J. Am. Chem. Soc. 2011. V.133. P.8066.

[2] *Van Hasselt A.M.W.* Waarnemingen omtrent anomalien van de geslachtsdrift bij spinnen-mares // Tijdschift voor Entomologie. 1884. Bd.27. S.197, 200—204.

[3] *Спасский С.А. Pisaura listeri.* Биологический очерк // Энтомологическое обозрение. 1935. Т.25. Вып.3—4. С.193—205.

[4] *Nitzsche R.O.M.* Courtship, mating and agonistic behaviour in *Pisaura mirabilis* (Clerck, 1757) // Bulletin of the British Arachnological Society. 2011. V.14. Part 4. P.93—120.

пизаур в почти природных условиях. В нем небольшие вертикальные и наклонные дощечки заменяли травинки и веточки кустарников. Наблюдения арахнолог проводил также и в террариуме с традесканциями. В этих условиях выяснилось много интересного.

Завернутый в паутину гостинец бывает шариком диаметром в несколько миллиметров, а то и ножками сверчков длиной 8 мм. Самец пизауры приходит в возбуждение даже при контакте с тем местом, где самка была недавно, причем это происходит не только днем, когда пизауры преимущественно активны, но и ночью. Кавалер может предлагать подарок неоднократно, а дама иногда просто убегает или проявляет агрессию, отбиваясь от подношения передними ногами. Но, так или иначе, без него спаривание не происходит.

У самцов всех пауков половые и копулятивные органы расположены в разных местах тела: половое отверстие — на втором сегменте брюшка, а пальпус для спаривания — на видоизмененной вершине пальпы, второй пары конечностей. «Заправить» пальпус семенной жидкостью паук напрямую не может, слишком велика дистанция до низа брюшка. Делается это с помощью особой паутинной сети (сперматической сеточки), на которую самец выдавливает капельку семени, а потом, немного сдвигая тело, закачивает ее в пальпус. Ницше выяснил, что самец пизауры заправляет пальпусы до начала поисков самки и изготовления свадебного сувенира. Опознает ее только по запаху. Возбужденный самец, приближаясь к самке с гостинцем, который держит хелицерами, а не ногами, «потирает» ногами о субстрат, дрожит пальпами, дергает телом. Возможно, эти действия видоспецифичны и направлены на снижение агрессивности самки. А она не проявляет особого возбуждения, лишь иногда слегка подрагивает брюшком. В среднем через 40 с после опознания самца она кусает подарок и немедленно начинает его поедать. Партнер, продолжая частично удерживать презент, перемещается к брюшку самки и спаривается. Сначала он опорожняет одну педипальпу, потом вторую, перед этим перехватив подарок другой хелицерой; возможны и дополнительные копуляции.

После окончания копуляции между партнерами начинается борьба за сувенир. Как правило, они отрываются от «листьев» или других вертикальных конструкций и падают на «землю», где, наконец, расцепляются. Обычно побеждает самка и сразу становится агрессивнее — кусает самца за ноги и даже за тело. Иногда он погибает. В тех редких случаях, когда подарком овладевает самец, он строит вторую сперматическую сеточку, заправляет свои пальпусы и, слегка закусив отобранным подношением, снова ищет самку.

Если кавалер предлагает даме незавернутую муху-гостинец, спаривание проходит труднее: мушиное крыло может закрыть копуляторные отверстия на ее брюшке. Зато в борьбе за подарок «побеждает дружба»: партнеры разрывают муху на две части и поэтому чаще расходятся мирно. Слишком мелкому подношению (например, дрозофиле) самка не рада и кусает самца за ноги или свободную пальпу. Раненый самец все же заканчивает спаривание и остается жив, даже бьется с обидчицей за микроподарок. Несвоевременный презент самка, которая уже чем-то питается, откладывает на потом, когда закончит трапезу. Девственные самки гораздо менее агрессивны, чем те, которые уже спаривались. Биологический смысл этого очевиден: дополнительные спаривания необходимы самкам далеко не всегда, а дополнительная пища — очень кстати.

Два самца, оказавшись перед одной самкой, чаще всего отбирают подарки друг у друга, а иногда даже пытаются спариться друг с другом. Изредка тот боец, что сильнее, убивает более старого и слабого и сворачивает из него сувенир. Ницше наблюдал двух соперников, которые сплелись в клубок вместе с подарком и самкой. Один из них только кусал презент, а другой при этом еще и спаривался с самкой...

Еще со времен Спасского известно, что, если отобрать приготовленный подарок у самца в присутствии самки, тот может завернуть в паутину буквально все что угодно. В опытах Спасского кавалеру предлагали уже завернутые щепочки и камушки, и бедняга радостно хватал их и тащил избраннице. Ницше заметил, что самец сам способен подбирать и даже иногда упаковывать в паутину предлагаемые исследователем небольшие подсохшие цветки, из которых изготавливает совершенно бессмысленные для самки цветочные подарки. В нескольких случаях спаривание все-таки состоялось, и самки даже отобрали у самцов сувениры. Некоторые самки кратко спариваются и вовсе без подношений и даже приносят потомство.

Почему у самцов пизаур развилось столь оригинальное ухаживание? Пока трудно сформулировать какую-либо приемлемую гипотезу. Но Ницше отмечает, что стремление заворачивать и припасать добычу, привязывая ее к субстрату, свойственно и самкам пизаур, и молодым особям. Такое поведение уменьшает риск потери добычи. Кроме того, автор полагает, что заворачиванием дара в паутину облегчается доступ к половому отверстию самки (крылья, ножки пойманного насекомого не торчат во все стороны), уменьшается потеря влаги и тем самым усыхание подарка.

Известно лишь несколько десятков видов пауков (из 42 тыс. описанных), которые способны преподносить свадебные подарки, но детально исследовано поведение только пизауры удивительной. На очереди — другие пауки-«джентльмены». И один из них живет не в тропиках, а в нашей средней полосе. Это осенний паук кругопряд (*Metellina segmentata*). Удивительно, что биологии этого вида посвящены буквально считан-

ные публикации. Именно здесь я вижу огромное поле для работы отечественных арахнологов.

**© К.Г.Михайлов,**
кандидат биологических наук
Москва

**Экология**

## Насекомые в экстремальных условиях

Парящие грунты термальных полей и отличающиеся по мощности, температурам и минеральному составу горячие источники на Камчатке создают разнообразные условия обитания для многих организмов.

Жизнь насекомых в экстремальной среде гидротерм Узон-Гейзерного р-на Камчатки на протяжении ряда лет изучает энтомолог Л.Е.Лобкова[1] (Кроноцкий заповедник). Здесь известны 106 видов насекомых-гидробионтов, обитающих при повышенной температуре и в химически более агрессивной среде, чем в обычных для этих видов местообитаниях. Выдающуюся устойчивость к температурам и минеральному составу воды проявляют личинки двукрылых (Diptera), живущие в термальных источниках и в их зонах подтопления. Личинки комаров-болотниц (Limoniidae, *Symplecta hibrida*) переносят температуры до 48°С, значительную минерализацию и крайне высокую кислотность воды (pH около 2). Личинки комаров-звонцов (Chironomidae), мух-береговушек (Ephydridae) и мокрецов (Ceratopogonidae) обитают в столь же кислых водоемах при несколько меньшей температуре — до 38°С. Личинки мух-львинок (Stratiomyidae, *Odontomyia microleon*) устойчивы к очень высоким температурам (до 65°С), но при почти нейтральной кислотности. Они способны не только обитать в гидротермах в толще альгобактериальных взвесей, но и благополучно переползать тонкие сливы кипятка и погибают, лишь попав в русла ручейков с температурой 80—90°С.

У личинок мух-журчалок (Sirphidae, *Eristalinus sepulchralis*) Лобкова совместно с коллегами из Института геологии СО РАН и Института вулканологии ДВО РАН выявила ряд морфологических, анатомических и физиологических адаптаций, позволяющих этим организмам жить в сероводородных источниках, где температура — 42°С, минерализация — 0.6 г/л и pH 1.5. Во-первых, тело личинок покрыто плотно расположенными короткими щетинками, на которые в водоемах оседает мелкодисперсная взвесь, создающая своеобразные «доспехи». Они изолируют организм не только от воздействия высоких температур, но и от химически агрессивных сред — даже в 70%-ном спирте личинки способны жить около 4 ч! Во-вторых, особенности дыхательной системы позволяют личинкам не только надолго погружаться в водоем для питания, но и изменять размеры и форму тела. В-третьих, неоднократные линьки избавляют личинок от накапливающихся микроэлементов (цинка, стронция, брома, кадмия и др.), содержание которых в покровах организмов во много раз превышает их концентрации в источниках. В-четвертых, личинки *E.sepulchralis* питаются обитающими в источниках микроорганизмами и полностью усваивают органическую составляющую пищи — их экскременты на 98% состоят из хорошо раскристаллизованной серы. Кроме того, обнаружены специфические микроорганизмы-симбионты, которые в дыхательной системе личинок выделяют слизь, защищающую воздуховодный канал от повреждений. Симбионты, обитающие в пищеварительной системе, не только способствуют перевариванию пищи, но, вероятно, и определяют ее выбор личинкой.

Насекомые, обитающие в термальных водоемах, — интересные модели для изучения адаптаций организмов и возможных путей эволюции. Значение Кроноцкого заповедника для сохранения естественных экстремальных местообитаний и их биоты неоценимо.

**© Н.А.Булахова,**
кандидат биологических наук
Томск

**Климатология**

## Усиление переноса тепла в Арктический бассейн водами Атлантического океана

Современное потепление климата происходит в Арктическом регионе существенно быстрее, чем в среднем по планете. Сокращение ледового покрова Северного Ледовитого океана рассматривается многими климатологами как важная положительная обратная связь, усиливающая глобальное потепление. Поэтому изменение адвекции тепла водами Северной Атлантики в арктический бассейн в историческое время (последние 2 тыс. лет) важно для понимания механизмов природной изменчивости климата и прогноза реакции климатической системы на антропогенные возмущения.

Для реконструкции температур поверхности моря и содержания $CO_2$ в атмосфере в течение этого периода международная группа исследователей под руководством Р.Шпильхагена (R.Spielhagen; Институт морских исследований им.Лейбница, Киль, Германия) изучала керны донных отложений на границе материкового шельфа к западу от Шпицбергена, в восточной части пролива Фрама. Выбор расположения скважины определялся тем, что именно здесь, у границы распространения морского льда, происходит погружение на глубину теплых соленых вод Северной Атлантики и формирование глубинных вод. В периоды холодного климата точка бурения в начале весны расположена

[1] *Лобкова Л.Е.* // Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей: М-лы IV науч. конф. Петропавловск-Камчатский, 2004. С.244—248; *Лобкова Л.Е.* и др. // Микробиология. 2007. Т.76. С.405—415; *Лобкова Л.Е.* // Состояние особо охраняемых природных территорий Дальнего Востока: М-лы науч.-практ. конф., посвященной 75-летию Лазовского заповедника. Владивосток, 2010. С.159—166.