**Паутина в жизни пауков**

**В.Е.Ефимик**

Пауки обитают в различных биотопах. На суше они встречаются от пустынь до тундр. Существует много околоводных форм, а есть и поистине водный - паук-серебрянка (Argyroneta aquatica). Несмотря на большое разнообразие жизненных форм, паук всегда оставался пауком. Он всегда, во всех главных жизненных проявлениях, поддерживающих существование вида (добывании пищи, размножении, расселении и переживании неблагоприятных условий), пользовался паутиной. Из нее он делает убежище и ловчее устройство, плетет яйцевой кокон и зимовочный мешок, с ее помощью у пауков происходит сложная процедура спаривания, на ней молодь разносится ветром.

Даже название классу паукообразных, в который пауки входят в ранге отряда, дано благодаря способности пауков плести паутину. В греческом мифе о молодой девушке по имени Арахна повествуется о превращении ее в паука за то, что она осмелилась соперничать с богиней в искусстве ткачества. Так ей было суждено всю жизнь плести паутину, а паукообразных стали называть в ее честь - арахнидами.

**Эволюционное значение паутины для пауков**

Паутина имела решающее значение в эволюции пауков. Как уже отмечалось, пауки постоянно так или иначе используют ее. Можно сказать, что они взаимодействуют с окружающим миром посредством своих паутинных приспособлений. В связи с этим пауки, приспосабливаясь к новым условиям, изменяли прежде всего свои паутинные приспособления, мало изменяясь сами, а значит, сохраняли общий тип организации. Действительно, пауки при большом видовом разнообразии сохраняют единство в особенностях биологии, типе питания, индивидуального развития. В этом плане показательно сравнение их с клещами. Разнообразие способов питания и образа жизни клещей повлекло за собой значительные изменения в их организации. Отличия между биологическими группами клещей настолько велики, что среди них систематики различают три самостоятельных отряда, различных по строению и образу жизни [2].

Большое значение паутины в жизни и эволюции пауков объясняется особенностями организации самих пауков. Паутинный аппарат у них образовался в удобном месте - на брюшке. Несклеротизированное, способное растягиваться брюшко легко вмещает объемистые паутинные железы, обеспечивающие обилие паутины. Функцию выведения секрета желез выполняют брюшные конечности, превратившиеся в паутинные бородавки и, что очень важно, сохранившие подвижность. А главное, подвижным стало брюшко, поскольку соединяется с головогрудью тонким стебельком. Плюс ко всему семичлениковые конечности головогруди обеспечивают высокую подвижность всему телу. В итоге получается достаточно объемный и чрезвычайно подвижный агрегат по производству шелка и прядения разнообразных паутинных конструкций. Подвижные паутинные бородавки обеспечивают прицельное попадание шелковых выделений. Немаловажно наличие специальных чесальных и прядильных инструментов: гребенчатые коготки и ряды щетинок на ногах для расчесывания паутины.

Справедливости ради надо отметить, что паутиной пользуются не только пауки, но и их ближайшие сородичи - ложноскорпионы и паутинные клещи. Но расположение паутинных желез в передней паре конечностей - хелицерах не позволило достичь им такого развития, как у пауков. Гусеницы некоторых бабочек тоже выделяют много шелка, но шелковые железы у них располагаются спереди и, что важно, не сохраняются у взрослых насекомых, а значит, применение шелка ограничено плетением кокона. У пауков же, развивающихся без метаморфоза, паутинные железы сохраняются на всех стадиях жизни.

Подведем итоги. Хотя способность вырабатывать шелк не является исключительной чертой пауков, эти своеобразные членистоногие усовершенствовали производство шелка и паутинных конструкций до такой степени, что сетестроение стало их отличительной особенностью.

**Гипотезы происхождения паутинного шелка**

Вопрос происхождения шелка у пауков, давно волновавший специалистов-арахнологов, остается актуальным и сегодня. Прямых доказательств происхождения паутины, из чего она появилась, нет. Ведь паутина не сохраняется в ископаемом состоянии. Поэтому ученые могут предложить только гипотезы происхождения паутинного шелка, опираясь на изучение анатомии пауков и особенности их паутинной деятельности. Наиболее вероятной является гипотеза Г. Мак-Кука (Henry McCook), в которой американский исследователь поведения пауков сделал предположение о том, что примитивные первопауки, подобно современным многоножкам, во время движения оставляли следовые метки экскреторными выделениями специальных желез, расположенных в основании ног. По мнению Мак-Кука, экскреторная функция этих желез со временем полностью перешла к передним (у ныне живущих пауков в основании первой пары или первой и третьей пар ног находятся выделительные коксальные железы), часть редуцировалась, а оставшиеся на брюшке сохранили способность к следовому мечению. Следовые выделения были заменены эластичным протеиновым шелком, а некоторые из брюшных придатков преобразовались в паутинные бородавки. И сегодня большинство пауков постоянно тянут за собой паутинную нить во время передвижения, а нити самок могут быть хорошим проводником для самцов в их поиске полового партнера. Подтверждением данной гипотезы является доказанное на основе изучения индивидуального развития происхождение паутинных бородавок от рудиментов брюшных конечностей [1].

Другие гипотезы не имеют широкой научной поддержки. Так, например, Р. Покок (R. Pocock) и В. Бристоу (W. Bristowe) предполагали, что паутина выделялась из ротового отверстия для смазывания кладки яиц. Голландец Артур Дикэ (Arthur Decae) предложил "морскую" гипотезу, по которой паутина у первопауков появилась еще до того, как они стали наземными. В водной среде, считает А. Дикэ, паутина могла сохранять норы, сделанные в морском грунте от разрушения или заполнения осадком.

**Химический состав и физические свойства паутины**

Секрет паутинных желез представляет собой вязкую, отчасти резиноподобную массу, быстро застывающую при соприкосновении с воздухом. По химическому составу паутина близка к шелку гусениц шелкопрядов, отличаясь меньшим содержанием серицина - склеивающего вещества, растворимого в воде. Основу паутинного и гусеничного шелка составляет не растворяющийся в воде фиброин, состоящий из сложного комплекса альбуминов, альфа-аланина и глютаминовой кислоты. По физическим свойствам паутиновые нити отличаются от гусеничного и искусственного шелка большей прочностью. Так, разрывное усилие, выраженное в кг на 1 мм2, у пауков колеблется от 40 до 261, а у гусеничного и искусственного шелка соответственно не превышает 43 и 20 [5]. Паутина обладает антибиотическими свойствами, в особенности та, которая идет на изготовление кокона, предохраняя яйца от губительного действия бактерий и плесневых грибков.

При необходимости паук может выделять липкую или сухую нить определенной толщины и цвета. Сухая (не клейкая) нить используется для изготовления кокона, для постройки вертикальных колесовидных тенет у пауков-кругопрядов. Последние из таких нитей натягивают каркас сети и ее внутренние радиусы. Основу клейкой нити составляют двойные шелковые волокна, покрытые слоем липкого слизистого секрета. Вскоре после формирования этих нитей липкий слой фрагментируется вследствие поверхностного натяжения, образуя мельчайшие капельки (будто бусинки на ниточке). Это липкое покрытие недолговечно и высыхая теряет свои свойства. Поэтому большинство пауков, плетущих сети из такого шелка, должны периодически обновлять липкую нить.

Совершенно особый случай представляет собой "пряжа" или "кружево" крибеллятных пауков (пауки, имеющие перед паутинными бородавками небольшой склерит - крибеллятную пластинку с тончайшими отверстиями, из которых выделяется специальный шелк). Две или четыре нити окружаются широкой слизистой муфтой. В нее погружена еще одна закрученная в многочисленные петли нить. Благодаря такому строению к паутине не только прилипают, но и запутываются в ней своими щетинками и волосками насекомые, а ее клейкая слизь долго не высыхает.

**Паутинные приспособления, связанные с размножением и расселением**

Как уже отмечалось, паутина используется пауками в период их размножения. Именно благодаря паутине этот процесс по своей сложности и своеобразию стал уникальным среди подобных явлений, свойственных членистоногим. Для пауков характерно внутреннее оплодотворение, которому предшествует спаривание. Но копулятивные органы самцов (бульбусы) находятся не на брюшке, а на передних конечностях - педипальпах или ногощупальцах (не путать с четырьмя парами ходных ног). Для переноса спермы с нижней стороны брюшка, где расположено мужское половое отверстие, в спермофор бульбусов используется так называемая сперматическая сеточка. Часто это небольшая нежная сеточка треугольной или четырехугольной формы, растянутая горизонтально в виде гамачка. Прижимаясь брюшком к сеточке, самец оставляет на ней капельку семенной жидкости и погружает в нее концы педипальп. Сперма заполняет узкий канал спермохранилища благодаря его капиллярности.

Во время поиска самки паук-самец руководствуется главным образом обонянием. Но, столкнувшись на своем пути с паутинной нитью, он безошибочно находит самку, оставившую ее. Обнаружив половозрелую самку, самец начинает за ней ухаживать, и это проявляется у различных пауков по-разному. Опишем только те случаи, при которых используется паутина. Самцы некоторых тенетников (сем. Theridiidae) плетут по соседству с сетями самки маленькие брачные сети, на которые ее заманивают ритмическими движениями ног. Вместо брачных тенет самцы пауков-крестовиков (рода Araneus) к радиальным нитям сети самки натягивают горизонтальную паутинную нить и, расположившись поудобнее, начинают барабанить по ней ногами. Следует заметить, что движения ног, совершаемые самцом, не беспорядочны, как у бьющейся в сетях жертвы, а довольно ритмичны и состоят из повторяющихся мелодий, представляющих собой специфический сигнал, который свидетельствует о присутствии половозрелого самца того же вида. Если самка готова к спариванию, то рано или поздно она покидает свое убежище или центр сети и спускается к месту прикрепления нити-струны, не проявляя агрессии к самцу-музыканту.

Оплодотворенные яйца откладываются кучкой в коконе, сделанном самкой из одного или нескольких слоев паутины. Собственно кокон - это оболочка, непосредственно облегающая яйца, и состоит обычно из основной и кроющей пластинок, соединенных краями. Такое строение кокона объясняется способом его изготовления. Самка из паутинного шелка делает сперва основную пластинку (аналог сперматической сеточки самцов) и откладывает на нее яйца, а затем заплетает их сверху паутиновой кроющей пластинкой.

Стенка кокона обычно делается из плотно прилегающих прямых нитей и часто пропитывается застывающим секретом, выделяемым через рот. В этом случае оболочка кокона плотная и напоминает пергаментную. В других случаях паутинная ткань для кокона рыхлая и пушистая наподобие ваты. Формы коконов различны: дисковидные, шарообразные, грушевидные.

Вылупившаяся молодь одной кладки какое-то время держится вместе, затем паучки расходятся. У некоторых видов расселение происходит на паутинках по воздуху. Молодые паучки забираются на возвышающиеся предметы и, подняв брюшко, выпускают паутинную нить. При достаточной длине нити, увлекаемой токами воздуха, паучок отцепляется и уносится на ней. У некоторых видов, особенно мелких, на паутине расселяются и взрослые формы. Пауки могут подниматься токами воздуха на значительные высоты (до 2-3 км) и переноситься на большие расстояния. Известны случаи массового залета мелких пауков на суда, находящихся в сотнях километров от берега.

**Паутинные приспособления и постройки, связанные с защитой**

Всех пауков можно разделить на две группы: тенетные пауки, делающие ловчие сети (тенета), и нетенетные формы, во время охоты не использующие паутинные приспособления.

Даже представители второй группы пауков используют паутину в такие периоды жизни, когда те наиболее беззащитны. Во время отдыха, линек и зимовок они плетут паутинные мешки или полотнища-покрышки.

С характерной особенностью пауков использовать в минуты опасности страховочную нить знаком каждый, кто когда-нибудь пытался поймать паука. Пауки-тенетники при опасном приближении к ним падают вниз, оставляя за собой паутинную нить, по которой, как по канату, поднимаются обратно на сеть. Возвращаясь по страховочной нити, паук не забывает сматывать ее и съедать.

Свободноживущие пауки тоже используют страховочную нить. Так, например, пауки-скакунчики прикрепляют такую нить к субстрату перед тем, как резко прыгнуть на добычу [4]. Подобной страховкой пользуется южнорусский тарантул (Allohogna singoriensis). Когда в спокойной обстановке паук отходит от норы, он тянет за собой незаметную паутинную нить, по которой возвращается обратно. Если такую нить порвать, тарантул оказывается не в состоянии найти свою норку и отправляется путешествовать в поисках нового убежища [3]. Некоторые виды скакунчиков рода Evarcha на таких страховочных нитях ночуют. Один конец они прикрепляют к травинке, на другом повисают сами. Таким образом эти пауки предохраняют себя от непредвиденных встреч с ночными хищниками.

Тарантул, как и многие другие пауки, выкапывающие норки, использует паутину для выстилки стенок своего убежища. Шелковая выстилка предотвращает осыпание стенок. Нора, вырытая для постоянного жилья или даже на один раз для дневного отдыха, конечно, лучше, чем временное убежище под камнями, упавшими стволами, но и она не может защитить от пронырливых врагов вроде дорожных ос. Поэтому не случайно появление у многих видов всевозможных паутинных надстроек над входом в норку. Это и вертикальные двухсантиметровые трубки, и длинные надземные горизонтальные трубки, и воронки, и, наконец, подвижные дверцы-крышечки, закрывающие вход. У некоторых пауков-птицеядов крышечка утолщена за счет частиц почвы и затыкает норку наподобие пробки. Обычно паук днем сидит в норе, удерживая крышечку хелицерами. Снаружи крышечка бывает замаскирована частицам почвы, растительными остатками и неотличима от окружающего фона.

Типичные тенетные пауки теридииды и кругопряды-аранеиды помимо ловчей сети нередко плетут небольшое логовище, чаще всего в виде колпачка. Оно делается из чистого шелка или содержит примесь растительных остатков или других посторонних частиц, органически входящих в постройку. Эти логовища обязательно связаны с ловчей сетью и помещаются иногда в ее центре, но часто устраиваются за ее пределами. Некоторые аранеиды для изготовления логовища используют живые листья деревьев и кустарников, искусно свернув их конусом и скрепив паутиной.

Особо надо отметить паутинную конструкцию единственного водяного паука - серебрянки (Argyroneta aquatica), которую он сооружает под водой. Этот вид в России широко распространен в стоячих и медленно текущих водах, богатых растительностью. Принося воздух с поверхности на конце брюшка в виде пузырьков, он сооружает под водой среди растительности воздушный колокол. Воздух в колоколе удерживается густым сплетением из паутины, от которого тянутся ловчие нити.

**Паутинные приспособления, связанные с добыванием пищи**

Все пауки - хищники, но в отличие от хищных насекомых они не обладают хорошим зрением. Их близорукость зачастую обусловливает применение такой охотничьей стратегии, как подстерегание, ожидание добычи. В рамках этой стратегии можно выделить три тактики поведения пауков. Первая - нападение на жертву из засады. Вторая - подкрадывание на короткое расстояние для решающего броска. Первых двух тактик придерживается большинство нетенетных пауков: пауки-бокоходы (сем. Thomisidae и Philodromidae), пауки-скакунчики (сем. Salticidae), пауки-волки (сем. Lycosidae). Но пауки не были бы пауками, если бы не стали использовать паутину во время своей охоты. Паутина, а чаще сложные паутинные конструкции оказались отличным тактическим шагом в применении стратегии ожидания. Это позволило паукам не только увеличить область отлова, но и расширить спектр питания. В паучьи силки попадаются более крупные, чем сами охотники, жертвы, среди которых хорошо вооруженные, жалящие, а также летающие насекомые.

Варианты использования паутинных нитей в целях поимки жертв чрезвычайно разнообразны - от сигнальных нитей, своеобразных арканов до искусно сплетенных тенет. Применение паутины для охотничьих целей характерно не только для плетущих ловчие сети пауков, но и для бестенетных форм. Пауки-птицеяды, например, пойманную добычу высоко поднимают, держа в хелицерах, и под ней плетут небольшую паутинку-подстилку, к которой и прикрепляют свою жертву. Пауки, обитающие в норках и трубках, от устья логовища натягивают сигнальные нити. Прикосновение к ним дает паукам знать о приближении добычи.

Не все так называемые тенетники плетут настоящие сети. Небольшой паук Dipoena tristis, как на канате, повисает на своей паутинной нити над землей в местах, где обычны муравьи, и таким образом подкарауливает их. Другой интересный пример представляют тропические африканские пауки рода Cladomelea. Приступая к ловле добычи, паук выпускает нить длиной до 2 см с капелькой клейкого секрета на конце. Затем с помощью третьей пары ног он начинает быстро размахивать этой нитью, вертя ее вокруг себя. Если этой капельки коснется насекомое, то приклеивается к ней. Тогда паук подтягивает жертву к себе и высасывает ее. Такой способ добычи возможен, конечно, только в местах скопления насекомых. Ближайший родич Cladomelea - американские тропические пауки рода Glyptocranium тоже охотятся с помощью клейкой нити, но держат ее в вытянутой передней ноге. Приближаясь осторожно к насекомому, эти пауки внезапно бросают свои "арканы" и подтягивают к себе приклеившуюся добычу. Крибеллятные пауки рода Miagrammopes из Южной Африки между ветвями натягивают одну-единственную горизонтальную нить длиной от 90 см до 3,6 м. Ее средняя часть дополнительно покрыта крибеллярными нитями. Паук сидит на одном конце нити, не выпуская ее. Когда насекомое задевает нить, он мгновенно ослабляет ее, что способствует запутыванию добычи.

Пауки способны манипулировать не только отдельными нитями, но и небольшими сетями. Тропический паук Dinopis spinosa из Центральной и Южной Америки держит свою паутину на кончиках ног. Когда мимо пробегает или пролетает какое-нибудь насекомое, паук быстро набрасывает на него сетку и подтягивает к себе.

Но тем и знамениты пауки, что из паутины умеют создавать сложные ловчие конструкции. Паутинные сети бывают самой разнообразной формы. На земле или на траве строят свои сети пауки-воронкопряды (сем. Agelenidae). От шелковой трубки, которая находится тут же в толще травы, отходит воронковидное расширение, продолжающееся в горизонтальный тент или полотнище. Сидя у входа в паутинную трубку-убежище, паук подстерегает насекомых, заползающих на ловчую сеть. Пауки-тенетники теридииды, к которым относится широко известная своей ядовитостью черная вдова, строят неправильные тенета, представляющие собой беспорядочную сеть наклонных нитей. Теридиида Steatoda castanea под камнями устраивает широкопетлистую сеть, вертикальные клейкие нити которой образуют у земли густой частокол - ловушку, почти непреодолимую для ползающих насекомых. Пауки-балдахинники из семейства Linyphiidae делают горизонтальные сети-тенты, от которых вверх и вниз расходятся поддерживающие нити. Пролетающие насекомые натыкаются на вертикальные нити и падают на тент, где их подкарауливает хозяин. По такому же принципу устроены куполообразные тенета пауков-долгоножек. Самым совершенным типом тенет являются колесовидные сети пауков-кругопрядов (семейства Araneidae, Tetragnathidae и Uloboridae). Такие сети состоят из опорной рамы, натянутой между ветвями или иными предметами, радиусов, соединяющих раму с центральным сплетением, и наложенной на радиусы ловчей липкой спирали (см. рис. 3). Колесовидные сети бывают вертикальными, что встречается чаще, и горизонтальными.

**Гипотезы и теории эволюции сетей**

Историей развития паутинных ловчих конструкций ученые-арахнологи заинтересовались еще в XIX веке. В 1895 году англичанин Р. Покок (R. Pocock) впервые предложил схему, описывающую ход эволюции ловчих сетей пауков. Его работа была продолжена многими исследователями. Наиболее известное исследование эволюции сетей пауков принадлежит британскому арахнологу В. Бристоу (W. Bristowe), стороннику линейной эволюционной схемы.

В. Бристоу считал, что эволюция тенет шла двумя независимыми путями. Он разделил всех пауков на тех, кто откладывал яйцевые коконы в укромные места на земле, сплетая для этого мешковидное убежище, и на тех, кто убежищ не делал, а подвешивал кокон среди растений открыто. У первой группы пауков ловчие сети могли эволюционировать следующим образом. Мешковидное убежище, находящееся под каким-нибудь предметом, могло переместиться в земляную норку, выполняя роль выстилки ее стенок. Некоторые пауки от края такой паутинной земляной трубки стали натягивать радиально расходящиеся нити. Такие паутинки, встречающиеся у норок примитивных членистобрюхих пауков (сем. Liphistidae), играют роль сигнальных нитей, которые предупреждают о приближении добычи или врага, а иногда и облегчают поиск своего убежища. Дальнейшее развитие шло по пути расширения устья трубки в виде воронки. Последняя легко превращается в сеть-полотнище - широкую, несколько рыхлую шелковую подстилку, предваряющую вход в трубчатое убежище.

Другое направление развития тенет связано с группой пауков, которые охотятся среди растений. Свой кокон они подвешивали к ветвям и листьям и охраняли его, повисая рядом с ним на горизонтальной нити. Поддерживающие кокон нити предупреждали о приближении добычи или врага. Постепенно прибавлением новых нитей вокруг кокона создавалась простая беспорядочная сеть. Такие неправильные тенета есть у пауков-теридиид. Следующую ступень развития, вероятно, представляют крыше- и куполообразные сети пауков-балдахинников (сем. Linyphiidae), пауков-долгоножек (сем. Pholcidae) и др. От паутинного сплетения с коконом в середине произошли и колесовидные сети пауков-кругопрядов.

Позже, в 90-е годы XX века, американский исследователь Виллиам Шер (W. Sher) предложил нелинейную схему эволюции тенет. Он объясняет свой подход конвергентной эволюцией отдельных типов сетей. В частности, сеть-полотнище, по его мнению, могла появиться двумя независимыми путями: от радиальных нитей, отходящих от устья норки, а также путем создания паутинных надстроек и постепенного растягивания их в горизонтальные полотнища. Колесовидная сеть кругопрядов могла образоваться несколькими путями. Наиболее предпочтительными В. Шер считает направления, ведущие от куполообразных сетей-тентов или горизонтальных круговых сетей крибеллят. Еще одно существенное отличие нелинейной схемы В. Шера состоит в том, что, по мнению ее автора, тенета, сооружаемые пауками в растительности, произошли от наземных ловчих сетей типа тенет-полотнищ пауков-воронкопрядов (сем. Agelenidae).

Единого взгляда на историю формирования сетей пауков у арахнологов до сих пор нет. И это не случайно, отсутствие палеонтологических фактов заставляет искать косвенные доказательства тех или иных построений. Дальнейшее изучение этого вопроса и новые свидетельства расставят все точки над i и сделают более ясными наши знания об эволюции паутинных сетей и сетестроительной деятельности пауков.

**Список литературы**

1. Иванов А.В. Пауки, их строение, образ жизни и значение для человека. Л.: Изд-во ЛГУ, 1965. 304 с.

2. Ланге А.Б. Отряд пауки (Arahnei) // Жизнь животных. 2-е изд. М.: Просвещение, 1984. Т. 3. С. 44-70.

3. Мариковский П.И. Тарантул и каракурт. Фрунзе: Изд-во АН КиргССР, 1956. 281 с.

4. Ричман Д.Б., Джексон Р.Р. Этология пауков-скакунчиков // Сиб. биол. журн., 1991. № 4. С. 33-41.

5. Харитонов Д.Е. Проблема получения паутинного шелка и пути к ее разрешению // Учен. зап. Перм. ун-та. 1945. Т. 4, вып. 2. С. 27-36.