

Федеральное агентство по образованию  
Томский государственный университет  
систем управления и радиоэлектроники  
Томский государственный университет

А.Г. Карташев, А.А. Карташева

# **СТРУКТУРА ЛОВЧИХ СЕТЕЙ ПАУКОВ-КРУГОПРЯДОВ**

Томск  
ТУСУР  
2009

УДК 37.013.42(075.8)

ББК 28.08  
К 27

**Карташев А.Г.**

К27 Структура ловчих сетей пауков-кругопрядов : моногр. / А.Г. Карташев, А.А. Карташева. – Томск : Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2009. – 120 с.

ISBN 978-5-86889-500-5

Рассмотрены современные научные проблемы поведения паукообразных. Впервые систематизированы результаты исследований структуры ловчих сетей пауков-кругопрядов Западной Сибири. Выявлены экологические аспекты изменения показателей ловчих сетей, отражающих поведенческие реакции животных.

Для научных сотрудников, преподавателей и студентов, специализирующихся в области экологии и этологии беспозвоночных животных.

УДК 37.013.42(075.8)

ББК 28.08

ISBN 978-5-86889-500-5

© Карташев А.Г., Карташева А.А., 2009

© Томск. гос. ун-т систем упр.  
и радиоэлектроники, 2009

© Томск. гос. ун-т, 2009

## Введение

Пауки (*Aranei*) — многочисленная и разнообразная группа членистоногих, наиболее обширный отряд класса паукообразных, широко расселившихся по земному шару. Пауки обитают во всех частях света, за исключением полярных областей, они встречаются в самых разнообразных ландшафтах и климатических зонах (Иванов, 1965). Во многих наземных биоценозах пауки составляют существенную часть населения беспозвоночных, являясь естественными регуляторами численности насекомых, наносящих ущерб сельскому и лесному хозяйству, домашним животным. Состав фауны пауков характерен для различных географических областей

и может служить материалом для зоогеографического анализа. Высокая численность и повсеместная встречаемость позволяет использовать их в качестве удобных индикаторных форм при характеристике сообществ.

Отличительной особенностью пауков семейства *Araneidae* является строительство видоспецифичных структурированных колесовидных ловчих сетей — самого совершенного типа тенет. На основании учета ловчих сетей можно осуществлять шадящие методы контроля численности пауков.

Основоположником изучения структуры круговых сетей пауков является Виле, который в серии прекрасно выполненных работ (Whiele, 1927, 1931) провел детальное сравнительное изучение ловчих сетей у 50 видов кругопрядов из четырех семейств. Результаты этих исследований показали, что во многих случаях строение круговой сети специфично для вида, а некоторые ее признаки специфичны и для надвидовых таксонов. Дальнейшие работы по описанию ловчих сетей кругопрядов (Levi, 1978; Eberhard, 1982) были направлены на выявление филогенетической ценности признаков, характеризующих строение круговых сетей. Для решения данного вопроса В.П. Тыщенко (1984) предложил использовать эталонные сети, которые в обобщенном виде отражают статистически обработанные результаты измерений ловчих сетей, относящихся к одному виду и одной популяции. Использование эталонных ловчих сетей позволило выявить и формализовать генетическую программу строительного инстинкта пауков-кругопрядов, нивелировать частые «сбои» в реализации этой программы (Тыщенко, Марусик, 1985).

В отечественной литературе данные о структуре ловчих сетей пауков-кругопрядов приводятся в работах П.А. Положенцева (1979), В.П. Тыщенко, Ю.М. Марусика (1985), М.В. Ончурова (2001). В 1984 г. Тыщенко разработал на основе измерения сетей *A. marmoreus* метод эталонных сетей.

В настоящее время тенденция описания ловчих сетей кругопрядов связана с выявлением причин индивидуальной поведенческой пластичности при их строительстве. До начала 1990-х годов, несмотря на многочисленные исследования данного вопроса, ученые придерживались мнения, что любые биологически значимые изменения в структуре сети закреплены изначально на видовом уровне и структура ловчих сетей пауков ограничена генетическим контролем видоспецифического узора (Savory, 1952; Witt, Baum, 1960; Risch, 1977; Levi, 1978; Foelix, 1982; Shear, 1986).

В настоящее время арахнологи активно изучают строение ловчих сетей пауков сем. *Araneidae*. Направленность данных работ связана с выявлением экологических факторов, влияющих на пищевую успех ловчих сетей (Zshokke, 1994, 1997, 2000, 2002; Vollrath et al., 1997; Schneider, Vollrath, 1998; Eberhard, 1986, 1990; Uets et al., 1978; Sherman, 1994).

В то же время количественных данных по структуре ловчих сетей широко распространенных видов пауков в Российской Федерации недостаточно. В Западносибирском регионе представлен 31 вид *Araneidae* (Рябикова, 1990), из которых количественные показатели сетей описаны только для 2 видов данного семейства (Карташев, 1999).

В Западной Сибири, в частности на территории Томской и Кемеровской областей, работы по изучению ловчих сетей пауков-кругопрядов проводились А.Г. Карташевым и А.Н. Галкиным (1990, 1999), которые на основании работ F. Polensny (1988) выделили типичные аномалии, встречающиеся в структуре ловчих сетей (Карташев, 1999), определили видовую и популяционную информативность ловчих сетей представителей рода *Araneus*.

В целом степень изученности ловчих сетей пауков на территории России, несмотря на многолетнюю историю арахнологических исследований и большую работу, выполненную отечественными учеными, не столь высока, как в большинстве стран Западной Европы. Следует отметить, что наиболее полно на данный момент изучен состав фауны и описаны ловчие сети пауков европейской части России, Средней и Восточной Сибири.

Территория Западной Сибири, особенно таежная зона, остается во многом не изученной.

# 1. Исторический экскурс

## 1.1. Распространение пауков семейства *Araneidae* в Западной Сибири

В настоящее время фауна аранеид юга Западной Сибири насчитывает 31 вид, 14 родов (Рябикова, 1985, 1990). Среди пауков семейства *Araneidae*, населяющих юг Западной Сибири, по количеству видов и численности преобладают представители рода *Araneus*,

к которому относится 7 видов, что составляет 2,6 % всего видового разнообразия аранеофауны. Род *Larinioides* представлен 4 видами, роды *Aculepera*, *Hypsosinga*, *Araniella* — 3 видами, роды *Cyclosa* и *Singa* — двумя видами, роды *Argiope*, *Gercidia*, *Larina*, *Mangora*, *Zygienia* представлены 1 видом каждый (Рябикова, 1990).

Для лесной зоны (смешанный лес, осинник, сосняк) характерны типичные лесные виды, связанные с древесно-кустарниковой растительностью: виды родов *Araneus* Cl., *Cyclosa* Menge, *Larinioides* Carr. Многочисленным видами являются *Araneus marmoreus* Cl., *Araneus diadematus* Cl., *Araneus quadratus* Cl., *Larinioides patagiatus* Cl., *Araneus angulatus* Cl. На опушках смешанных лесов многочисленны *A. quadratus* Cl., *Singa nitidula* C.L. Koch. В сосновых борах самым многочисленным является *A. diadematus* Cl., часто встречается *A. marmoreus*. На заболоченных участках и по берегам водоемов массовыми видами являются *Larinioides folium* Schr., *L. patagiatus* Cl., для прибрежной зоны характерен *S. nitidula* C.L. Koch. (Рябикова, 1990).

Наибольшее видовое разнообразие пауков семейства *Araneidae* представлено на полянах, луговых биотопах и разнотравно-злаковых лугах. Здесь отмечено 15 видов. Наиболее многочисленны *Argiope brueunichi* Scop., *L. folium* Cl., *S. nitidula* C.L. Koch., встречаются обитатели древостоя *A. marmoreus* Cl., *L. patagiatus* Cl., которые в рассматриваемых биотопах натягивают тенета среди высокого разнотравья полей и лугов. Для луговых биотопов наиболее характерны пауки вида *Neoscona adiantum* (Walck.), *Argiope brueunichi* Scop., *Larinioides cornutus* Cl. Среди низкой растительности на небольшой высоте встречаются виды родов *Araniella* (*A. displicata*, *A. cucurbitina*), *Hypsosinga* (*H. sanguines*, *H. pygmaea*, *H. heri*), *Cyclosa* (Рябикова, 1990).

По данным С.В. Лукьянцева (1999), в Томском районе выявлено 17 видов представителей семейства *Araneidae*, относящихся к 8 родам.

Подавляющее число видов широко распространено в лесной зоне Палеоарктики (Лукьянцев, 1999). Сравнение с данными о видовом составе сопредельных территорий, приведенными в каталоге К.Г. Михайлова (1997), показывает, что 96,6 % видов, населяющих подзону южной тайги Западной Сибири, являются общими с лесной зоной европейской части России, 90,0 % — с Уралом, 79,2 % — с Южной Сибирью, 65,1 % — со Средней Сибирью и 18,9 % — с Казахстаном. Большинство видов, обнаруженных на территории подзоны южной тайги, имеют европейское и европейско-сибирское распространение (Михайлов, 1997), а число видов, имеющих чисто сибирское распространение, незначительно. Это согласуется с мнением о переходном характере фауны Западной Сибири, основанным на изучении ряда групп беспозвоночных животных (Бельшев и др., 1981; Марусик, 1992; Старобогатов, 1970).

Пауки семейства *Araneidae* составляют 12,2 % от суммарной численности пауков. Доминирующими являются представители видов *A. marmoreus* и *A. diadematus*, обитающие в древесном ярусе.

В целом пауки семейства *Araneidae* в пределах Томской области, располагающейся на территории подзоны южной тайги Западной Сибири, встречаются в одинаковой степени во всех биотопах.



## 1.2. История изучения пауков семейства *Araneidae* в Западной Сибири

До 80-х годов XX века семейство *Araneidae* в Западной Сибири не являлось предметом детального изучения и сведения о данном семействе приводятся в общих исследованиях фауны пауков этого региона.

Первые сведения о видовом составе пауков, в том числе и семейства *Araneidae*, приводятся в работах П.С. Паласа (Pallas, 1773). Отрывочные сведения о пауках Западной Сибири содержатся в ряде работ разных авторов, опубликованных в конце XIX и начале

XX веков (Koch, 1879; Grese, 1909; Kulczynski, 1908, 1916).

Планомерное изучение фауны пауков Западной Сибири было начато В.Н. Ермолаевым, работавшим в 1920-х – начале 1930-х гг. в Томском педагогическом институте (Ермолаев, 1926; Ermolajew, 1926, 1934, 1937). Для окрестностей г. Томска им указан 101 вид пауков (Ermolajew, 1934), в том числе и некоторые представители семейства *Araneidae*. В 1928 г. С.А. Спасским и С.Д. Лавровым (1928) была опубликована небольшая работа по фауне пауков Западной Сибири и Казахстана. Все материалы, известные к началу 1930-х годов, обобщены в работах Д.Е. Харитоновой (1932, 1936), где приведено для всей Западной Сибири около 150 видов пауков.

В 1968 г. появился один из первых определителей пауков в СССР: Ажеганова Н.С. «Краткий определитель пауков (*Aranei*) лесной и лесостепной зоны СССР», который только частично решил проблему определения пауков.

До издания в 1971 г. Определителя пауков европейской части СССР В.П. Тыщенко (1971) арахнологические исследования практически не велись в связи с отсутствием необходимой для определения пауков литературы на русском языке. Появление этого определителя значительно активизировало фаунистические исследования.

Первые подробные эколого-фаунистические исследования семейства *Araneidae* были проведены Т.П. Рябиковой (Новосибирский педагогический институт). Результатом данных исследований (Рябикова, 1990) стало подробное описание видового состава аранеид, их зонального и вертикально-поясного распределения, биотопической приуроченности различных видов,

биологии массовых видов и взаимодействия аранеид с другими членистоногими наземных биоценозов.

Локальные исследования, целью которых являлось изучение поведенческих характеристик некоторых видов пауков семейства *Araneidae*, были проведены А.Г. Карташевым и А.Н. Галкиным (1990, 1999).

Описание биотопической приуроченности и видового состава пауков семейства *Araneidae* в Томской области приведено в работах С.В. Лукьянцева (1999), который выявил 17 видов представителей этого семейства, относящихся к 8 родам.

### 1.3. Структура ловчих сетей пауков семейства *Araneidae*

Наблюдения за изменениями в структуре ловчих сетей под действием химических раздражителей начались с 1948 года экспериментами Х. Петерса и П. Витта, которые открыли с помощью фармакологического теста (Witt, 1956), что пауки-кругопряды под действием нейротропных веществ строят сети с характерной структурой (Foelix, 1982). Данные наблюдения были продолжены работами по выяснению влияния ДТТ (Johanson, 1967, 1972), некоторых других инсектицидов (Polensny, 1988) и регулятора роста (Retnakaran, Smith, 1980) на паука-крестовика *A. diadematus*.

В настоящее время арахнологи активно изучают строение ловчих сетей пауков семейства *Araneidae*. Наиболее полно описаны сети пауков вида *Araneus diadematus*. Направленность данных работ связана с выявлением экологических факторов, влияющих на пищевую успех ловчих сетей (Zshokke, 1994, 1997, 2000, 2002; Vollrath et al., 1997; Schneider, Vollrath, 1998; Eberhard, 1986, 1990; Uets et al., 1978; Sherman, 1994), и не включает полного описания ловчих сетей. Отсутствуют данные по описанию ловчих сетей пауков-кругопрядов для Сибирского региона.

Описание ловчих сетей рода *Cyclosa* в научной литературе приводилось J.E. Marson (1947), C.R. Neet (1990), I.M. Tso (1998), Eberhard (1976), P. Risch (1977). В то же время ловчие сети видов рода *Cyclosa* изучены не достаточно полно. Есть данные о сетях *C. insulana* (Marson, 1947; Neet, 1990; McClintock, 1999) и *C. conica* (Tso, 1998) гвинейской и американской популяций. В своих исследованиях ученые работали над выявлением экологических функций стабилиментов, но не проводили полного описания ловчих сетей. Отсутствует детальное описание ловчих сетей *C. conica* сибирской популяции.

В отечественной литературе данные о структуре ловчих сетей пауков-кругопрядов приводятся в работах П.А. Положенцева (1979), В.П. Тыщенко, Ю.М. Марусика (1985), М.В. Ончурова (2001). Работы В.П. Тыщенко и Ю.М. Марусика считаются классическими и посвящены сравнительному анализу структуры ловчих сетей пауков-кругопрядов видов *A. marmoreus* и *A. diadematus* и изучению их географической изменчивости для европейской

части РФ. Пауки вида *A. marmoreus* являются классическим объектом для исследований ловчих сетей кругопрядов. В 1984 г. Тыщенко разработал на основе измерения сетей *A. marmoreus* метод эталонных сетей. В то же время для Сибирского региона не было проведено исследований по биотопической изменчивости ловчих сетей пауков данного вида, а среднестатистический анализ (Карташев, 1990) не дает полного представления об основных факторах, влияющих на структуру ловчих сетей *A. marmoreus*.

В настоящее время существует проблема номенклатуры ловчих сетей, введенная в 1984 г. В.П. Тыщенко, она не совпадает с общепринятой мировой номенклатурой и создает трудности при переводе работ и обозначении частей сети.

## 1.4. Строение ловчих сетей

Пауки семейства *Araneidae* являются типичными кругопрядами и плетут плоские колесовидные ловчие сети, в которых достигается максимально эффективная уловистость ловчей зоны при минимальных затратах паутины. Ловчие сети пауков данного семейства располагаются вертикально, предпочтительно на древесной и кустарниковой растительности. Они состоят из многоугольной опорной рамы, растянутой прикрепительными нитями между ветвями деревьев или другими предметами (Иванов, 1965), и расходящихся из центра радиальных нитей. Число радиальных нитей (радиусов) сети различно у разных видов (от 14 до 60), что является диагностическим признаком. Центр сети густо заплетается паутиными нитями, образующими центральную зону. Радиусы сети соединяются клейкими ловчими нитями, расположенными по спирали. Между центральной спиралью и ловчими нитями располагается свободная зона, которая иногда может отсутствовать (Тыщенко, 1971). Очень тонкая и практически невидимая ловчая сеть пауков-кругопрядов представляет собой прекрасную ловушку для летающих насекомых. Она у каждого вида имеет постоянную структуру, включающую видоспецифическое количество радиусов, витков в центральной зоне, спиральной клейкой нити.

Когда насекомое попадает в сеть, паук, быстро перемещаясь по ней, захватывает его. Как правило, данные перемещения происходят в нижней части сети чаще, чем в верхней, так как необходимое расстояние он преодолевает быстрее под центром сети, чем над центром. Поэтому у круговых сетей всегда есть асимметрия вниз, с большей частью под центром (Masters, Moffat, 1983; Vollrath et al., 1997; Herberstein, Neiling, 1999). В нижнюю часть сети пауки дополнительно вставляют липкие шелковые нити (Mayer, 1952; Witt et al., 1968). При этом угол между радиусами меньше в нижней части сети (Peters, 1937; Mayer, 1952; Krieger, 1992), что, вероятно, направлено на поиск оптимальной длины ловчей нити между радиусами.

Верхняя часть сети устойчива к воздействиям окружающей среды, таким как ветер или удары больших насекомых. Взаимодействия между сетью и якорными нитями определяются внешними факторами и могут быть очень гибкими: обычно пауки

избегают взаимодействия ведущих радиусов с якорными нитями (Zshokke, 2000). Некоторые виды пауков располагаются в центре сети, это,

с одной стороны, выгодно для ловли добычи, с другой — увеличивает вероятность нападения на него хищников или он своим видом может отпугивать пищу. Многие пауки поэтому проводят время

в течение дня в убежище, расположенном на краю сети (Tilquin, 1942). Некоторые пауки имеют специальную сигнальную нить, соединяющую центр сети с убежищем.

Круговые сети, несмотря на свою прочность и эластичность, являются хрупкой и тонкой конструкцией и при технических повреждениях нити достаточно легко рвутся (Wiehle, 1927; Opell, 1999a). Пауки восстанавливают круговые сети каждую ночь или раз в двое суток (Wiehle, 1927; Breed et al., 1964). Это быстрый, эффективный и экономичный механизм восстановления сети, при котором могут строиться как отдельные части сети, так и вся сеть полностью, поэтому в конструкциях присутствуют некоторые отклонения от «идеальной» круговой структуры.

Сети неполовозрелых особей сохраняют типичный для вида общий план строения, но имеют увеличенное число радиусов и витков спирали. Типичную круговую паутину ювенильные особи начинают плести через две недели после выхода из яиц, этот процесс представляет собой результат запрограммированного наследственного поведения паука (Тыщенко, 1971).

## 1.5. Экологическое значение ловчих сетей

Основной экологической функцией ловчих сетей пауков является поимка и удержание добычи. Самым совершенным типом тенет считаются колесовидные сети пауков-кругопрядов (семейства *Araneidae*, *Tetragnathidae* и *Uloboridae*). Это связано с тем, что круговые сети охватывают максимально возможную площадь при ограниченном количестве строительного материала (Wainwright et al., 1976; Opell, 1999a; Zschokke, 2000). Так как направление полета насекомых более или менее горизонтально, вертикальные сети, как правило, лучше подходят для перехвата летающих насекомых, поскольку имеют дополнительное преимущество над горизонтальными сетями, заключающееся в том, что когда насекомые пытаются вырваться и опускаются вниз, они удерживаются нижней частью ловчей сети (Eberhard, 1990).

Функцию остановки добычи выполняют не специализированные большие нити, называемые радиусами (Lin et al., 1995). Удерживают пойманное насекомое прочные нити, состоящие из эластичного липкого шелка (Eberhard, 1986; Opell, 1999b). Исходя из этого, в круговых сетях выделяют два рода нитей, расположенных перпендикулярно друг относительно друга, — радиусы и ловчие нити. Расстояние между ловчими нитями видоспецифично, а также зависит от размеров, степени сытости паука и разнообразия спектра добычи (Wiehle, 1927; Uetz et al., 1978; Sandoval, 1994; Vollrath, Samu, 1997; Zschokke, 1997; Schneider, Vollrath, 1998).

Построенная ловчая сеть уже не претерпевает каких-либо дополнительных изменений до момента ее уничтожения или частичного восстановления, поэтому пищевой успех паука зависит от

поведенческих решений, принятых им при строительстве сети. Известно много факторов, влияющих на геометрию круговой сети, таких как климатические условия, репродуктивное состояние животного, размеры тела, насыщенность пищей, пестициды и наркотики, процент попадания добычи, запасы шелкового волокна. Для большинства этих факторов не выявлен механизм оценки пауком состояния окружающей среды и формирования поведенческого ответа, в результате которого изменяется строительное поведение как адаптивная реакция на происходящие

перемены. В противоположность традиционному мнению об особенностях изменения рисунка круговых сетей между видами, накопленные доказательства указывают на то, что рисунок круговых сетей значительно изменяется также внутри вида (Vollrath et al., 1997), и даже индивидуально (Sandoval, 1994). При этом не только внешние и внутренние факторы вызывают изменения в рисунке сетей, а пауки могут после накопленного опыта или сигналов из окружающей среды, таких как воздушные вибрации, регулировать и изменять размеры и форму ловчей сети.

Таким образом, представления о том, что пауки ограничены в способностях изменения поведения при строительстве сети, в настоящее время пересмотрены. Наибольшее влияние на форму, размеры и рисунок сети оказывают насекомые, которые служат основным источником пищи пауков. Изменения в типе добычи специфически изменяют рисунок сети. Пауки отвечают на колебания размеров добычи уменьшением или увеличением паутинного полотна в целом или изменением расстояния между ловчими нитями. Вероятно, пауки обладают постоянным поведенческим репертуаром регулирования рисунка своих сетей в ответ на изменение потребности в добыче. Потенциально сеть добычеспецифична, она определяет требования, по которым паук классифицирует виды добычи и отвечает на изменения ее размеров, степени встречаемости изменением особенностей сети по пути их адаптации. Пауки имеют основную информацию о размерах пищевых объектов на территории расположения их ловчей сети, запас этой информации позволяет регулировать высоту петель и размеры сети в соответствии с размерами пойманной добычи.



## 2. Методика исследования

Видовым признаком пауков-кругопрядов является структура их ловчих сетей. Детальное количественное измерение ловчих сетей позволяет точно описать их и провести сравнительный анализ. В связи с тем что в доступной нам научной литературе не было обнаружено детального количественного описания ловчих сетей распространенных в Сибири видов, мы описали и провели анализ ловчих сетей пауков 10 наиболее распространенных видов. Учитывая, что на протяжении последних 10 лет сети *A. marmoreus* на территории Томского района не описывались, мы также включили их в область своих исследований.

Материалом для данной работы послужили сборы пауков, проведенные авторами в период с 1980 по 2006 гг. на территории Томской области.

Выявление состава фауны и биотопического распределения пауков проводилось во время маршрутных обследований в окрестностях д. Аникино (Томская область), пос. Коларово (Томская область), д. Киреевск (Томская область), д. Ломачевка (Кемеровская область), окрестностях г. Стрежевого (Томская область).

Всего описано порядка 1 000 ловчих сетей пауков-кругопрядов семейства *Araneidae*.

Замеры ловчих сетей осуществлялись у половозрелых самок по методике эталонных сетей (рис. 1).

У ловчих сетей пауков измерялись с помощью штангенциркуля следующие основные структурообразующие компоненты: длина радиусов, размеры центральной, свободной, ловчей зон, расстояние между ловчими нитями, кроме того, подсчитывалось количество радиусов и ловчих нитей.

В отличие от общепринятой методики, дополнительно для определения асимметрии ловчих сетей проводили разбиение ловчих сетей на вертикальные, горизонтальные, левые и правые части и соответственно по частям обмеряли и подсчитывали:

- ✓ число витков в центральной зоне;
- ✓ число ловчих нитей;
- ✓ число радиусов;
- ✓ размеры центральной зоны;
- ✓ размеры свободной зоны;

✓ размеры ловчей зоны;

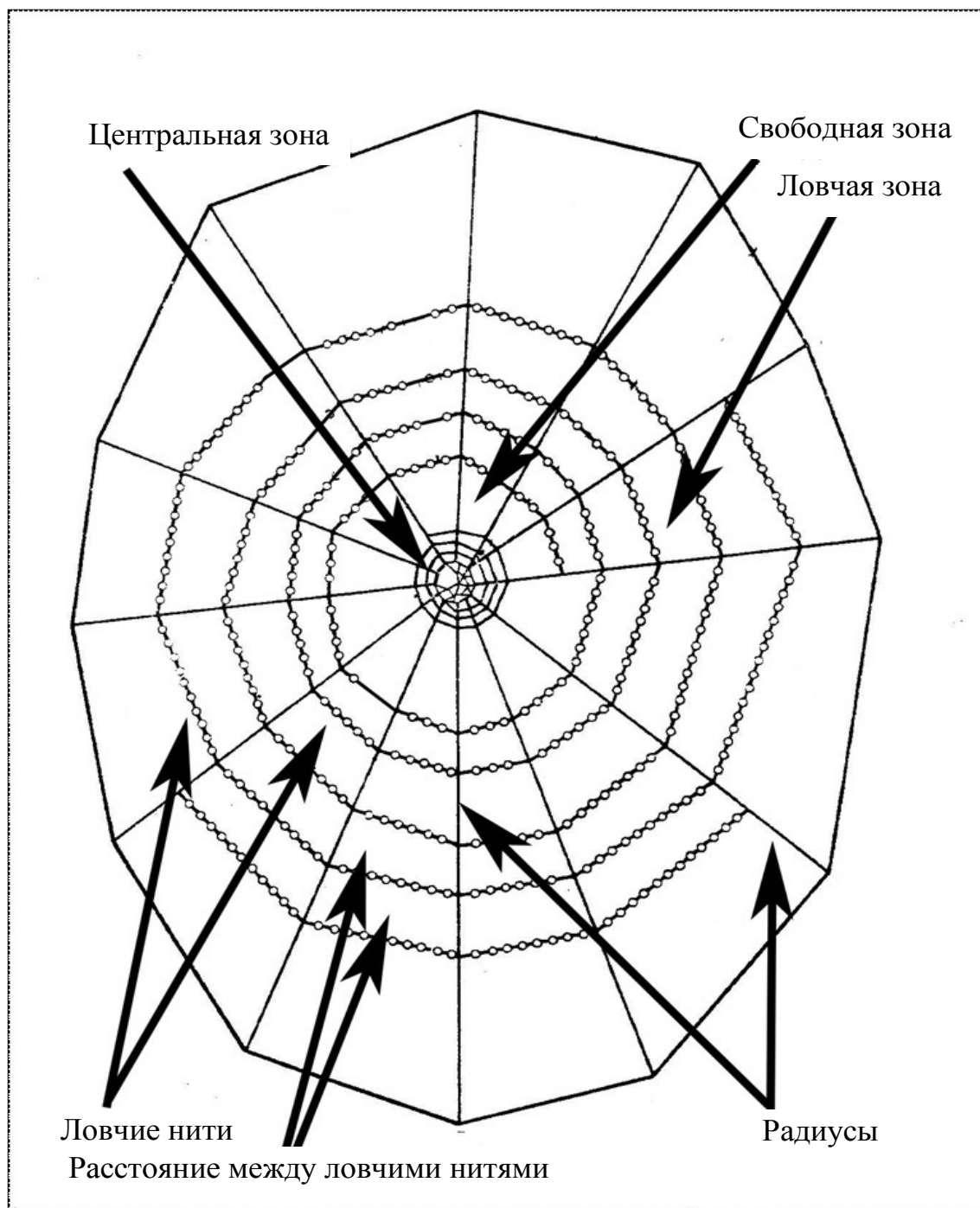


Рис. 1. Эталонная ловчая сеть (Тыщенко В.П., 1984)

- ✓ длину радиусов;
- ✓ расстояние между ловчими нитями;
- ✓ размеры свободной зоны;
- ✓ высоту ловчей сети над землей.

Также отмечали наличие или отсутствие убежища, угол наклона ловчей сети относительно земли. Определяли степень освещенности ловчих сетей, растительные предпочтения. Отклонения от типичной структуры определялись как аномалии, они зарисовывались, подсчитывалась частота их встречаемости. Для замеров использовались штангенциркуль и рулетка.

Для облегчения процесса подсчета и измерений ловчую сеть опыляли крахмалом. Наблюдения проводились в ранние утренние часы (с 7 до 10), что связано с поведенческими особенностями изучаемого объекта, так как пауки плетут свои ловчие сети ежедневно в период с 6 до 7 часов утра и измерения показателей сетей в это время дают наиболее объективные результаты.

Пауки, визуально не определявшиеся до вида, сети которых описывались, изымались для дальнейшего определения.

Весь собранный материал этикетировался и помещался в пузырьки из-под пенициллина с 70 % спиртом. Наблюдения заносились в полевой дневник, а затем в рабочую тетрадь для дальнейшего анализа и систематизации.

Изучение структуры ловчих сетей пауков велось методами маршрутных учетов и стационарных наблюдений.

За время исследований было описано и подвергнуто статистической обработке 568 ловчих сетей 8 видов пауков семейства

*Araneidae* и 1 вида семейства *Tetragnathidae*: 29 ловчих сетей *C. conica* (в районе д. Петухово, еловый лес), 31 ловчая сеть *S. hamata* (в окрестностях пос. Аникино, пойменный луг). Было описано 111 ловчих сетей *A. marmoreus* (в окрестностях пос. Аникино), 56 ловчих сетей *L. cornutus* (район д. Коларово), 61 ловчая сеть *L. patagiatus* (в окрестностях пос. Аникино), 36 ловчих сетей

*A. quadratus* (Стрежевской район Томской области), 42 ловчие сети *A. nordmanni* (д. Ломачевка, Кемеровская область), 35 ловчих сетей *A. diadematus* (Стрежевской район Томской области), 60 ловчих сетей *T. extensa* (в окрестностях пос. Аникино).

При изучении структуры ловчих сетей *A. marmoreus* и их биотопической изменчивости было выбрано 2 участка: смешанный сосново-осиновый и березовый биотопы. В березовом биотопе описано 49 ловчих сетей (26 в 2002 г., 23 в 2003 г.), в сосново-осиновом — 62 ловчие сети (37 в 2002 г., 25 в 2003 г.).

Для изучения структуры ловчих сетей *L. patagiatus* и влияния на них антропогенных факторов было выбрано 2 участка: контрольный (недействующий мостовой переход) и опытный (действующий мостовой переход). На контрольном участке описано

27 ловчих сетей, а на опытном участке — 34 ловчие сети.

Статистический анализ полученных количественных данных осуществлялся с помощью стандартного пакета программ Statistica 6.0., его использовали при определении среднего значения и доверительного интервала при  $P \leq 0,95$ . Для анализа корреляционной взаимосвязи структуры ловчих сетей каждого вида использовался метод главных компонент с определением ведущих, статистически значимых факторов взаимосвязи показателей ловчей сети.

Для графического изображения сетей использовалась программа AutoCad.

### 3. Описание района исследований

### 3.1. Физико-географические условия района исследований

Территория Томской области расположена в зоне темнохвойных лесов, т.е. в таёжной зоне. Коренная растительность представлена хвойными лесами с доминированием в северных районах *Pinus sibirica*, а в южных — *Abies sibirica*. В связи с тем что леса издавна являются объектом промышленной эксплуатации, а также неоднократно подвергались пожарам, коренные древостои на больших площадях уничтожены и заменены производными с господством берёзы и осины, под пологом которых идёт возобновление хвойных пород. В районах, подвергающихся наибольшей антропогенной нагрузке, коренная растительность почти полностью исчезла и уступила место культурным землям с участками вторичных берёзовых лесов. Но даже непродолжительные охранные мероприятия обеспечивают формирование хвойного молодняка, идущего на смену берёзе, наглядно демонстрируя климатически обусловленную тенденцию к восстановлению тайги. Однако под влиянием непрерывной деятельности человека они постепенно теряют способность создавать необходимые условия для возобновления темнохвойных пород, в результате чего образуются чисто лиственные насаждения (Положий и др., 1995).

В окрестностях Томска сходятся зоны тайги и лесостепи, поэтому растительность очень разнообразна (Климат Томска, 1982). На левобережье Томи преобладают обширные сосновые боры различного состава и структуры. Они чередуются с участками берёзовых и осиновых лесов и торфяных болот (Гудошников, 1965; Климат Томска, 1982). Суходольные луга с лугово-лесным разнотравьем имеют здесь ограниченное распространение и приурочены преимущественно к более освоенным участкам (Непряхин, 1977).

По Л.В. Шумиловой (1972), Томский район относится к Томско-Чулымскому округу остаточных массивов, предгорно-кузнецко-алатаусской мелкотравной и травяной пихтовой тайги, долинных кедровников и ельников на фоне антропогенной растительности: длительно производных травяных березняков и осинников и суходольных лугов. Растительный покров окрестностей Томска находится в тесной связи с рельефом,

характером почвенного покрова, водным режимом, производственной деятельностью человека и другими факторами (Непряхин, 1977).

В современном растительном покрове преобладают коренные и производные мелколиственные (берёзовые и осиновые) леса, нередко паркового типа, с хорошо развитым злаково-разнотравным покровом, связанные с серыми лесными почвами и дерново-подзолистыми суглинистыми почвами (Шимилова, 1972).

Район исследований расположен на крайнем юго-востоке Западно-Сибирской равнины, на контакте её с северными отрогами Кузнецкого Алатау, что и определяет геологическое строение, геоморфологию и рельеф района. Сбор материала проводился на высоком правом берегу реки Томи в 60 км от впадения её в реку Обь. Река Томь течёт в направлении, близком к меридиональному, огибая город с юго-запада и запада почти полукругом. Басандайка — правый приток Томи, впадает в Томь в 5 км южнее города у деревни Аникино.

Ввиду расположения в подзоне подтайги район исследований характеризуется континентальным влажным климатом. Главным определяющим фактором климата Томского района является его глубокое континентальное расположение. Удаленный от влияния тёплых морей, он характеризуется суровостью климата с резким контрастом тепла и холода. Для климата свойственны поздние весенние и ранние осенние заморозки. Наблюдения показывают, что средняя годовая температура воздуха для Томского района составляет  $-0,6^{\circ}\text{C}$ , хорошо выражен годовой ход температуры воздуха. Средняя температура воздуха зимой  $-18^{\circ}\text{C}$ , весной  $-0,7^{\circ}\text{C}$ , летом  $+17^{\circ}\text{C}$ , а осенью  $-0,3^{\circ}\text{C}$ . Максимум температуры приходится на июль ( $+18^{\circ}\text{C}$ ), а минимум — на январь ( $-19,2^{\circ}\text{C}$ ). Температурой ниже  $0^{\circ}\text{C}$  характеризуется шесть месяцев в году (Климат Томска, 1982).

Значительное влияние на режим ветра в районе исследований оказывает его положение на возвышенном правом берегу р. Томи, протекающей с юга на север. В окрестностях города, особенно на открытых пространствах междуречья Томи и Оби, могут наблюдаться ветры любых направлений, чаще всего юго-западные.

По количеству выпадающих осадков район исследований относится к зоне умеренного увлажнения. Среднегодовое количество осадков составляет 517 мм, в основном много осадков

приносят юго-западные ветры. Выпадение осадков в Томске преобладает над испарением, поэтому относительная влажность воздуха колеблется от 60 до 90 %. В конце лета и в осенне-зимний период увеличивается количество дней с туманами. Часто происходит переход тумана в низкую облачность. Переход низкой облачности в туман — редкое явление. Вероятность образования туманов возрастает вблизи водоёмов, в понижениях рельефа, на лесных полянах (Климат Томска, 1982). В конце зимы и начале весны обычно состояние неба

ясное и солнечное. Продолжительность ясного состояния неба в Томском районе больше, чем пасмурного (Климат Томска, 1982). Наибольшее количество осадков выпадает летом, годовой максимум приходится на июль и составляет 76 мм за месяц. За три летних месяца выпадает около 40 % годовой суммы осадков, зимой — около 15 %, весной и осенью — соответственно 18 и 27 %. Грозы наблюдаются с апреля по сентябрь (иногда до ноября). Самым грозным месяцем является июль. Твёрдые осадки выпадают преимущественно в холодный период года и составляют 34 % всех выпадающих осадков (снег, снежная крупа, град, снежные зёрна). Град выпадает 1–2 раза в году.

Наиболее распространёнными в районе исследований являются серые лесные оподзоленные почвы. Залегают эти почвы на повышенных участках водоразделов, занятых берёзовыми лесами, в которых произрастает лесное крупнотравье. Почвы относят к типу длительно сезоннопромерзающих. Устойчивое промерзание почв происходит в ноябре. Прогревание и оттаивание почвы с глубиной различается по времени и по продолжительности. Оттаивание поверхностного слоя почвы начинается в апреле и продолжается в соответствии с глубиной до июля (Климат Томска, 1982).



### 3.2. Природные условия района исследований

Районы исследований расположены на юге Томской области в 5 и 30 км от г. Томска и представляют собой окрестности поселка Аникино, где выбрано 3 биотопа и 2 станции, и деревни Петухово, где выбран 1 биотоп.

Всего нами было выделено 6 наиболее удобных для исследований площадок, расположенных в биотопах и станциях.

1. Сосново-осиновый лес, расположенный на склоне холма (уклон поверхности  $30^\circ$ ), переходящий в выровненную террасу. Юго-западная экспозиция. Сомкнутость крон деревьев 60–70 %. Лес состоит из трех ярусов: древесного (высота 15–20 м), кустарникового (высота 1–2 м) и травянистого (10–20 см). Древесный ярус состоит из сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.)

и осины дрожащей (*Populus tremula* L.), кустарниковый ярус представлен смородиной черной (*Rubus nigrum* L.), шиповником (*Rosa cinnamomea* L.), малиной обыкновенной (*Rubus idaeus* L.), черемухой обыкновенной (*Padus avium* Mill.), в травянистом ярусе доминируют орляк обыкновенный (*Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn), крапива обыкновенная (*Urtica dioica* L.), хвощ полевой (*Equisetum arvense* L.), мятлик лесной (*Poa nemorales* L.), дудник лесной (*Angelica sylvestris* L.), земляника лесная (*Fragaria vesca* L.).

2. Молодой березовый лес, расположенный на правом берегу р. Басандайки на полого-возвышенной террасе (уклон поверхности около  $15^\circ$ ). Кроны не сомкнуты. Состоит из трех ярусов: древесного (высота 5–7 м), кустарникового (высота 1–2 м) и травянистого (50–70 см). Возраст деревьев 10–15 лет. Древесный ярус представлен берёзой белой (*Betula alba* L.) и берёзой бородавчатой (*Betula pendula* Roth), подлесок — черемухой обыкновенной (*Padus avium* Mill.). Кустарниковый — смородиной черной (*Rubus nigrum* L.), смородиной красной (*Ribes spicatum* Robson). Травянистый ярус густой, преобладают осоковые.

3. Еловый лес. Среди древесной растительности доминирует ель сибирская (*Picea obovata* Ledeb.), кедра сибирского (*Pinus sibirica* Tourn.) и сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) менее 10 %. Сомкнутость крон 75–85 %. Высота древостоя 26–28 м.

Подрост представлен пихтой сибирской (*Abies sibirica* Ledeb.), кедром сибирским (*Pinus sibirica* Tourm.), осиной дрожащей (*Populus tremula* L.).

4. Пойменный луг — заливной, характеризуется наличием большого количества высоких корневищных злаков, среди которых вейник (*Calamagrostis epigeios* (L.) Roth), мятлик (*Poa angustifolia* L., *Poa pratensis* L.), осока (*Carex acuta* L.), горец птичий (*Polygonum aviculare* L.), ежа сборная (*Dactylis glomerata* L.), располагается на пойменной террасе, экспозиция восточно-южная, уклон поверхности небольшой. Средняя высота травостоя 40–80 см.

5. Недействующий мостовой переход через р. Басандайку. Деревянный мост через р. Басандайку. Высота моста над рекой 2 м, ширина — 3 м, длина — 30 м. Располагается в пойме р. Басандайки, окружен кустарниковой растительностью (высота 2–3 м), представленной ивой (*Salix alba* L.).

6. Действующий мостовой переход через р. Басандайку. Высота моста над рекой 6 м, ширина — 10 м, длина — 80 м. Располагается в пойме реки Басандайки, окружен кустарниковой растительностью (высота 2–3 м), представленной ивой (*Salix alba* L.).

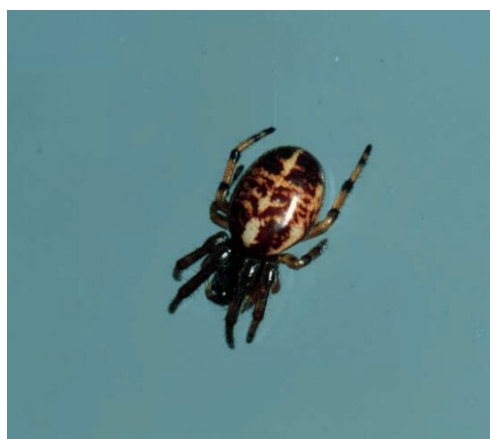
#### 4. Особенности структуры ловчих сетей семейства *Araneidae*

#### 4.1. Структура ловчих сетей *Singa Hamata*

Вид *S. hamata* (Clerck, 1738) относится к роду *Singa* (C.L. Koch, 1836), представленному на территории Российской Федерации 4 видами (Михайлов, 1997). В Западной Сибири выявлены 3 вида данного рода (Измайлова, 1989). На территории Томской области обнаружено 2 вида, из которых *S. hamata* является наиболее встречаемым (Лукьянцев, 1999).

Половая зрелость наступает в середине июля – начале августа. Плетут сети в ранние утренние часы.

Размеры тела паука колеблются в пределах 4,0–6,0 мм. Самки (5–6 мм) незначительно крупнее самцов (3,5–4,0 мм). Окраска тела коричневая с четкими светлыми полосами. Головогрудь темно-коричневая. Брюшко овальной формы, с дорзальной стороны коричневое с узкой светлой, почти белой медиальной полосой, которая в середине пересекается поперечными светлыми полосами. Низ брюшка коричневый с двумя белыми овально вытянутыми вдоль него пятнами. Конечности светло-коричневые с темными кольцами на сочленениях (рис. 2, Измайлова, 1989).



*a*



*б*

Рис. 2. *S. Hamata*: *a* — общий вид; *б* — на ловчей сети

Распространены повсеместно по всей европейской части России, Сибири и Дальнему Востоку, кроме Крайнего Севера. Пауки вида *S. hamata* обитают в основном на низкорослых кустарниках, обрамляющих луговые сообщества, или на злаковой травянистой растительности в пойме рек.

Характерно наличие убежища в виде свернутого в трубочку листа растения, из которого паук с помощью сигнальной нити следит за ловчей сетью.

Ловчая сеть пауков вида *S. hamata* имеет небольшие размеры, плотную компактную структуру и предназначена для ловли мелких насекомых. Анализ основных параметров структуры ловчей сети *S. hamata*, таких как длина радиусов, размеры ловчей зоны, размеры свободной зоны, указывает на значительную асимметрию сети вниз (рис. 3). Сети расположены практически вертикально, угол наклона  $(91,0 \pm 2,0)^\circ$  над поверхностью земли. Общие размеры сети  $12,4 \times 11,5$  см.

Основная особенность ловчих сетей *S. hamata* заключается в значительной асимметрии вниз. Считается, что главной функциональной частью сети является нижняя часть ловчей зоны (Zhokke, 1998), вероятно, поэтому при практически вертикальном расположении сети и нахождения паука в течение всего дня в убежище, расположенном над сетью, наблюдается столь ярко выраженная асимметрия: размеры нижней части ловчей зоны в 2 раза превышают размеры верхней части (табл. 1).

Центральная зона ловчей сети имеет правильную округлую форму, небольшие размеры  $((0,50 \pm 0,03) \times (0,50 \pm 0,04)$  см) и рыхлую структуру, что связано с наличием минимального количества витков ловчей спирали в данной зоне, равного 5.

Свободная зона, достаточно большая, по сравнению с общими размерами сети, расположена непосредственно за центральной зоной, имеет значительную асимметрию вниз, ее размеры в длину и ширину колеблются от  $(0,60 \pm 0,05)$  до  $(1,20 \pm 0,10)$  см.

Ловчая зона, являющаяся основной функциональной частью сети, определяется сравнительно короткими радиусами  $((4,2 \pm 0,6) \times (8,2 \pm 0,7)$  см), расположенными достаточно далеко друг от друга. Она плотно заплетена ловчими нитями.

Максимальная уловистость сети при таких небольших размерах достигается минимальным расстоянием между ловчими нитями, составляющим  $(0,20 \pm 0,01)$  см и определяющим большое число витков в ловчей зоне, колеблющееся от 16 до 30.

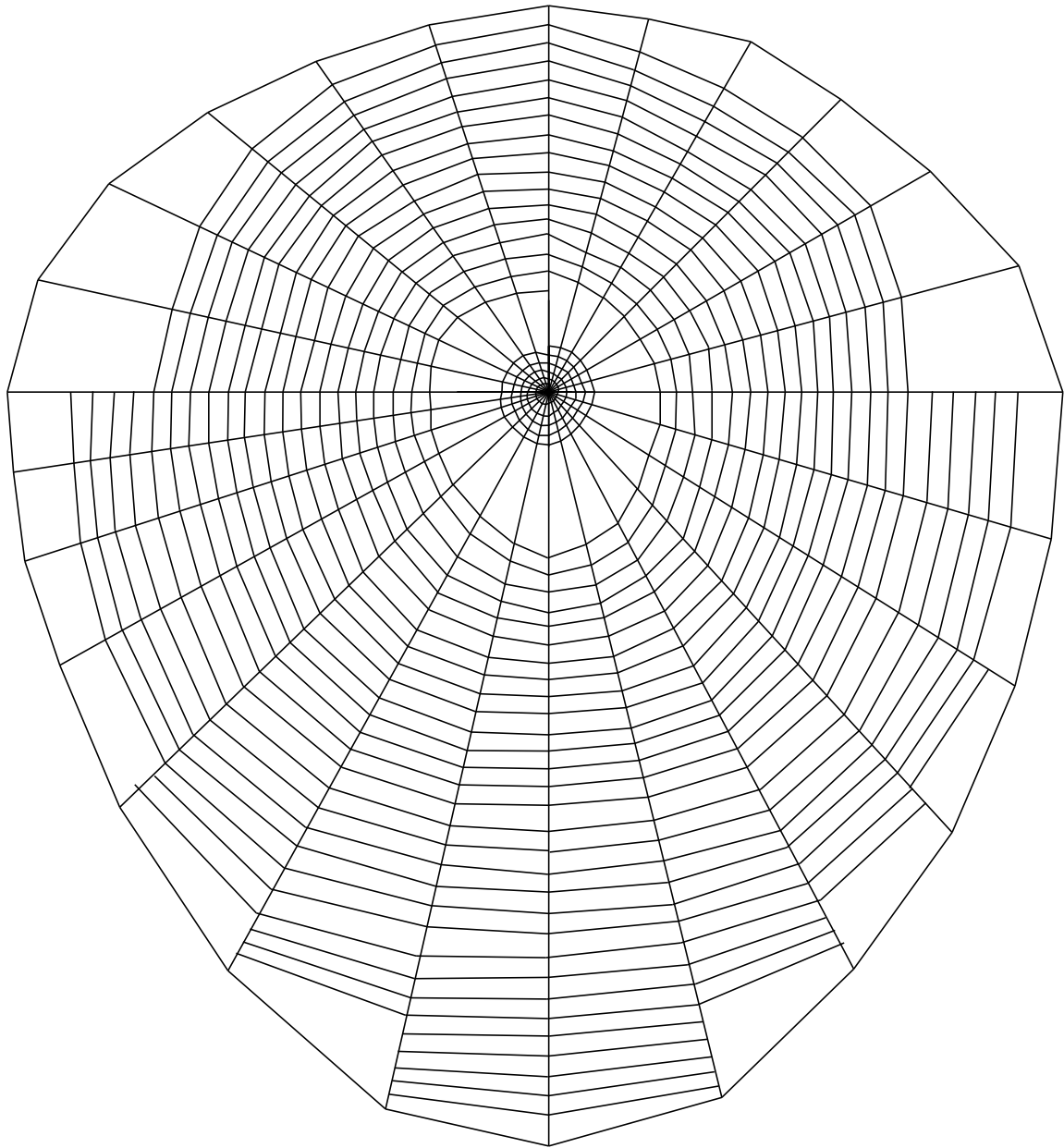


Рис. 3. Ловчая сеть *S. hamata*

Таблица 1  
Средние значения параметров ловчих сетей *S. hamata*

Параметры структуры ловчей сети		Среднее арифметическое ( $x \pm mt$ )
Число витков в центральной зоне		5,00 ± 0,30
Размер центральной зоны	вверх	0,50 ± 0,03
	вправо	0,50 ± 0,04
	вниз	0,60 ± 0,04
	влево	0,50 ± 0,05
Размер свободной зоны	вверх	0,60 ± 0,05
	вправо	0,70 ± 0,08
	вниз	1,20 ± 0,10
	влево	0,80 ± 0,05
Число радиусов		25,00 ± 1,40
Длина радиусов	вверх	4,20 ± 0,60
	вправо	5,60 ± 0,60
	вниз	8,20 ± 0,70
	влево	5,90 ± 0,70
Размер ловчей зоны	вверх	2,90 ± 0,50
	вправо	4,00 ± 0,60
	вниз	6,70 ± 0,70
	влево	4,30 ± 0,60
Количество ловчих нитей	вверх	16,00 ± 2,40
	вправо	20,00 ± 2,10
	вниз	30,00 ± 2,50
	влево	23,00 ± 2,30
Расстояние между ловчими нитями	вверх	0,20 ± 0,01
	вправо	0,20 ± 0,02
	вниз	0,20 ± 0,02
	влево	0,20 ± 0,01
Расстояние от середины центральной зоны ловчей сети до земли		81,70 ± 10,68
Угол наклона сети по отношению к горизонтальной поверхности (...°)		91,00 ± 2,00

*Примечание.* Размеры, длины и расстояния приведены в сантиметрах.

В связи с тем, что структура ловчей сети пауков отражает инстинктивный алгоритм поведения, представляет большой интерес исследование не только среднестатистических показателей, но и их взаимосвязи в процессе построения сети. При этом можно выявить видовую изменчивость показателей поведения животного. С этой целью использовался дисперсионный анализ главных

компонентов. Представленные результаты (табл. 2) позволяют заметить, что 54 % дисперсии расположено в первых 4 компонентах.

Таблица 2

Распределение общей дисперсии  
по главным компонентам ловчей сети *S. hamata*

Компоненты	Общая дисперсия (%)
1	18,601
2	15,087
3	12,438
4	9,279

Результаты статистического факторного анализа представлены в табл. 3. Первый фактор выявляет связь размеров ловчей зоны с числом ловчих нитей, размерами свободной и центральной зон, числом витков в центральной зоне. Второй фактор описывает взаимосвязь числа ловчих нитей с размерами ловчей зоны, длиной радиусов и, вероятно, зависит от размеров насекомых, которые используются при питании. Третий фактор включает в себя длину радиусов и расстояние между ловчими нитями. В четвертом факторе подчеркивается коррелятивное взаимодействие размеров центральной зоны с основными функциональными показателями сети (размерами ловчей зоны, числом ловчих нитей и расстоянием между ловчими нитями) у пауков данного вида.

В результате проведенного дисперсионного анализа выделено 54 % дисперсии взаимосвязанных показателей, в то время как 46 % дисперсии флуктуирует случайным образом.

Следовательно, ловчая сеть *S. hamata* относительно слабо структурирована и существенно варьирует в зависимости от внешних условий. В первом, генетически детерминированном, факторе коррелируют с длиной верхних показателей радиусов верхняя часть размеров ловчей зоны, количество ловчих нитей, число радиусов и верхняя часть размеров центральной зоны.

Выявленная зависимость обусловлена вертикальной асимметрией ловчей сети, нижняя часть которой существенно определяется комплексом биотопических условий.

Таблица 3



Распределение показателей ловчих сетей *S. hamata*  
по главным компонентам

Переменная	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3	Фактор 4	
Число витков в центральной зоне	0,399	0,167	0,388	0,082	
Количество ловчих нитей	вверх	0,675	0,292	0,125	0,452
	вправо	0,695	0,434	0,379	0,107
	вниз	0,491	0,498	0,449	0,246
	влево	0,322	0,654	0,116	0,482
Число радиусов	0,329	0,138	0,144	0,134	
Размер центральной зоны	вверх	0,553	0,211	0,338	0,527
	вправо	0,624	0,412	0,149	0,274
	вниз	0,287	0,617	0,127	0,413
	влево	0,179	0,499	0,429	0,446
Размер свободной зоны	вверх	0,487	0,051	0,264	0,296
	вправо	0,547	0,333	0,139	0,209
	вниз	0,486	0,429	0,069	0,043
	влево	0,396	0,112	0,228	0,175
Размер ловчей зоны	вверх	0,714	0,213	0,218	0,441
	вправо	0,705	0,453	0,144	0,116
	вниз	0,524	0,464	0,286	0,395
	влево	0,298	0,624	0,175	0,521
Длина радиусов	вверх	0,566	0,338	0,334	0,071
	вправо	0,333	0,300	0,663	0,072
	вниз	0,156	0,412	0,563	0,109
	влево	0,051	0,558	0,487	0,098
Расстояние между ловчими нитями	вверх	0,041	0,062	0,372	0,215
	вправо	0,225	0,391	0,576	0,361
	вниз	0,027	0,125	0,602	0,108
	влево	0,144	0,178	0,312	0,495

*Примечания.* 1. Приведены коэффициенты корреляции каждого показателя с факторами.

2. Значения коэффициента корреляции 0,4 и более соответствуют уровню значимости  $P \leq 0,05$ .

Действительно, во втором компоненте — кормовом — находится группа взаимосвязанных показателей нижней асимметричной части ловчей сети: длина нижних радиусов, ловчей зоны, центральной зоны и количество ловчих нитей.

В третьем факторе — биологическом — доминируют показатели ширины ловчей сети *S. hamata*: правые и левые длины радиусов, расстояния между ловчими нитями и размеры центральной зоны.

Четвертый компонент отражает видовые особенности животного: часть взаимосвязанных верхних и широтных показателей.

## 4.2. Структура ловчих сетей *Cyclosa conica*

Пауки вида *C. conica* (Pallas, 1772) относятся к достаточно немногочисленному роду *Cyclosa* (Menge, 1866), насчитывающему 5 видов на территории Российской Федерации (Михайлов, 1997). В Западной Сибири выявлены 2 вида данного рода (Измайлова, 1989). При этом вид *C. oculata* (Walckenaer, 1802) обнаружен в единственном экземпляре в окрестностях Иркутска. На территории Томской области обитает один описанный нами вид — *C. conica*.

Изучением структуры сетей *C. conica* активно занимаются западные ученые (Marson, 1947; Neet, 1990; McClintock & Dodson, 1999; Tso, 1998) в связи с наличием в ловчих сетях ярко выраженных радиальных плотно заплетенных участков, так называемых стабилиментов. Вопрос о том, являются ли данные структурные компоненты сети декоративным элементом, защитой от ветра или приспособлением для более эффективной поимки добычи, в настоящее время остается открытым.

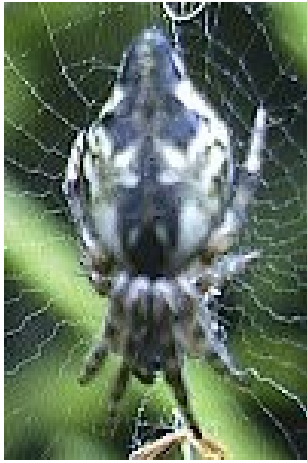
Пауки вида *C. conica* небольшого размера (4,5–7,5 мм). Самки (5,3–7,5 мм) незначительно крупнее самцов (3,6–4,0 мм). Половая зрелость наступает в конце мая – июне, т.е. пауки зимуют в последних ювенильных стадиях.

Окраска тела темная (рис. 4). Диагностическим признаком, характерным для вида, является брюшко, вытянутое в конусовидный бугор. Стенальный щит целиком черный, без желтых пятен

по

бокам. Головогрудь темно-коричневая, голова отделена от груди глубокой U-образной бороздой. На светлой поверхности брюшка находится черный крестообразный рисунок, ниже его — листовидный, с более светлой серединой и черными краями.

Пауки вида *C. conica* располагают свои ловчие сети в глубине леса, на молодых темнохвойных породах и лиственных кустарниках, на небольшом расстоянии от земли, в среднеосвещенных (сомкнутость крон крупных деревьев 70–80 %) влажных местах. Основным источником пищи являются мелкие насекомые. Характеризуются отсутствием убежища, в течение всего дня сидят в центре ловчей сети.



*a*



*б*

Рис. 4. *C. conica*: *a* — общий вид; *б* — расположение на ловчей сети

Ловчая сеть (рис. 5) расположена практически вертикально над землей, угол наклона  $88^\circ$ , незначительно вытянута вниз. Общие размеры сети  $17,9 \times 17,0$  см.

Характерной особенностью ловчих сетей пауков данного вида является то, что при сравнительно небольших размерах сети (длина радиусов 8,3–9,6 см) наблюдается очень большое число ловчих нитей и число радиусов, что делает ее очень плотной и упругой. Отмеченные особенности ловчих сетей предположительно связаны с местообитанием пауков данного вида.

Для ловчих сетей *C. conica* характерно число витков в центральной зоне, равное 13, небольшое расстояние между ловчими нитями, большое число радиусов, равное 42, и число ловчих нитей (30–33), в то же время отмечаются небольшие размеры ловчей и свободной зон, длины радиусов. Компактность и эффективность паутины в данном случае достигается увеличением числа радиусов и ловчих нитей и уменьшением размеров паутинового полотна (ловчей и свободной зон) в целом.

Центральная зона ловчей сети заплетена неклеякими нитями и является основным местом нахождения паука во время поимки добычи. Сеть *C. conica* характеризуется плотной и компактной центральной зоной (табл. 4), что связано с наличием большого числа витков в данной зоне, равного  $13,0 \pm 0,7$ , при сравнительно небольших общих размерах зоны: длина 2,8 см, ширина 2,8 см.

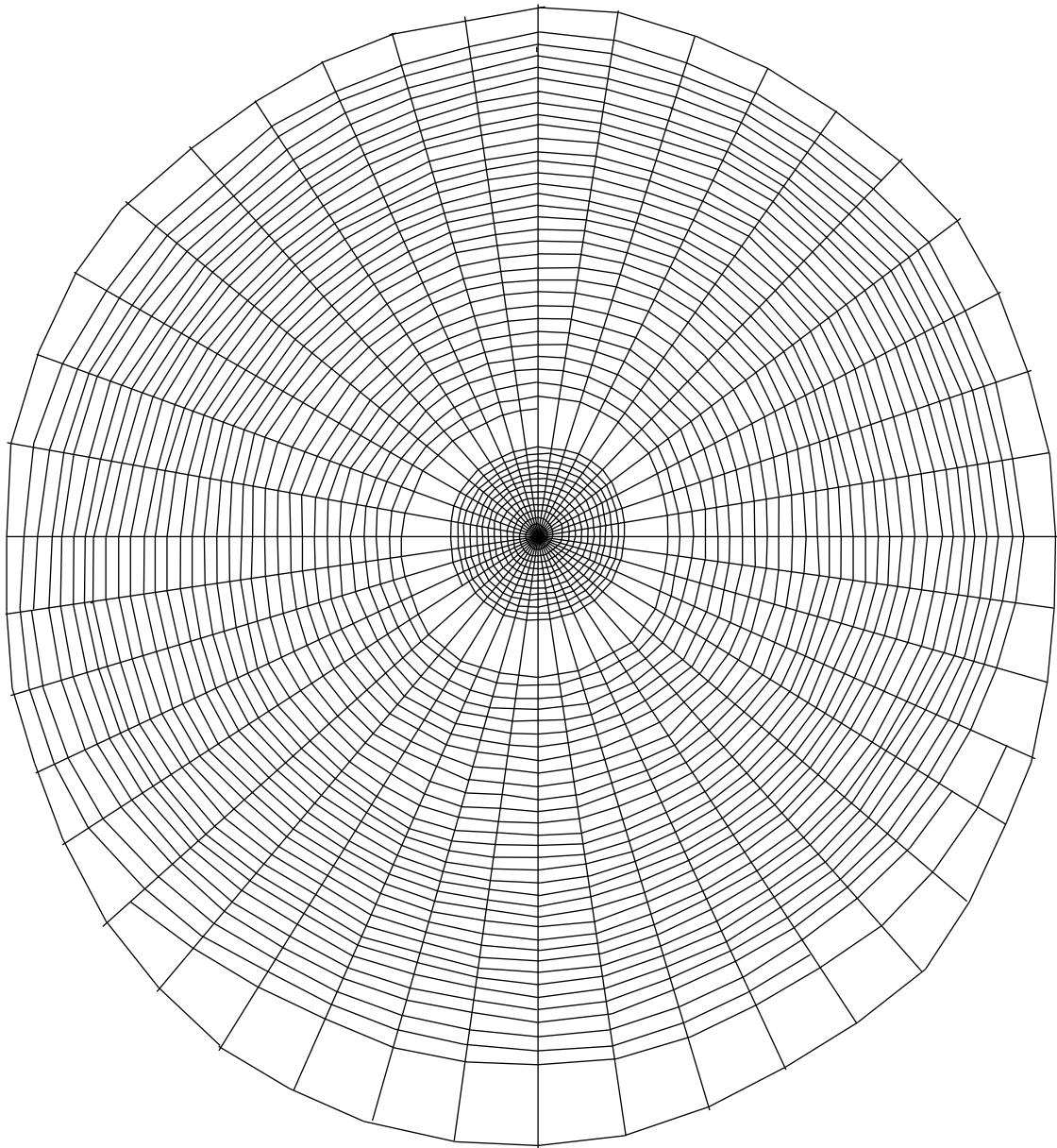


Рис. 5. Ловчая сеть *C. conica*

Свободная зона достаточно большая, четко выражена, незначительно вытянута вниз. Ее размеры по вертикали и горизонтали колеблются в пределах 0,6–0,9 см.

Таблица 4

Средние значения параметров ловчих сетей *C. conica*

Параметры структуры ловчей сети		Среднее арифметическое ( $x \pm mt$ )
Число витков в центральной зоне		13,00 ± 0,70
Размер центральной зоны	вверх	1,20 ± 0,10
	вправо	1,30 ± 0,08
	вниз	1,60 ± 0,10
	влево	1,50 ± 0,10
Размер свободной зоны	вверх	0,60 ± 0,05
	вправо	0,70 ± 0,06
	вниз	0,90 ± 0,10
	влево	0,80 ± 0,06
Число радиусов		42,00 ± 1,90
Длина радиусов	вверх	8,30 ± 0,50
	вправо	8,40 ± 0,60
	вниз	9,60 ± 0,50
	влево	8,60 ± 0,60
Размер ловчей зоны	вверх	6,10 ± 0,40
	вправо	5,50 ± 0,50
	вниз	6,10 ± 0,40
	влево	5,50 ± 0,40
Количество ловчих нитей	вверх	33,00 ± 1,80
	вправо	30,00 ± 2,00
	вниз	33,00 ± 3,20
	влево	32,00 ± 2,10
Расстояние между ловчими нитями	вверх	0,20 ± 0,01
	вправо	0,20 ± 0,01
	вниз	0,20 ± 0,01
	влево	0,20 ± 0,01
Расстояние от середины центральной зоны ловчей сети до земли		115,00 ± 12,50
Угол наклона сети по отношению к горизонтальной поверхности (...°)		88,00 ± 0,70

*Примечание.* Размеры, длины и расстояния приведены в сантиметрах.

Ловчая зона, выполняющая главную функцию задержания и поимки добычи, является основной функциональной частью сети. У пауков вида *C. conica* ловчая зона плотно заплетена ловчими нитями и радиусами. Ловчие нити (от 30 до 33) находятся на

минимальном расстоянии друг от друга ( $0,20 \pm 0,01$  см), тем самым создавая компактную и плотную сеть, ориентированную на поимку мелких насекомых (мошка).

Радиусы (42 шт.) радиально расходятся из центра и имеют практически одинаковые размеры во всех направлениях.

В целом сеть пауков вида *C. conica* небольшая по размерам, симметричная, имеет форму практически правильного шара, очень плотная, с большой ловчей зоной.

В связи с тем что структура ловчей сети пауков отражает инстинктивный алгоритм поведения, представляет большой интерес исследование не только среднестатистических показателей, но и их взаимосвязи в процессе построения сети, т.е. выделение инстинктивно детерминированных и экологически лабильных, зависимых от условий среды показателей. Результаты дисперсионного анализа главных компонент (табл. 5) позволяют заметить, что 60 % дисперсии расположено в 4 компонентах, а 40 % являются случайными факторами.

Таблица 5

Распределение общей дисперсии по главным компонентам ловчей сети *C. conica*

Компоненты	Общая дисперсия (%)
1	27,527
2	13,785
3	11,847
4	8,188

Результаты статистического факторного анализа представлены в табл. 6. Первый фактор выявляет связь размеров ловчей зоны с длиной и числом радиусов, размерами центральной зоны и числом витков в центральной зоне. Второй фактор описывает взаимосвязь числа ловчих нитей и расстояния между ловчими нитями. Третий фактор включает размеры центральной зоны и расстояние между ловчими нитями, это позволяет считать, что инстинктивно детерминированные размеры центральной зоны контролируют вариабельность расстояния между ловчими нитями. В четвертом факторе подчеркивается коррелятивное взаимодействие числа витков в центральной зоне, являющегося основным видовым показателем в структуре ловчих сетей, и размеров свободной зоны.

Таблица 6

Распределение показателей ловчих сетей *C. conica*  
по главным компонентам

Переменная	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3	Фактор 4	
Число витков в центральной зоне	0,434	0,099	0,089	0,388	
Количество ловчих нитей	вверх	0,319	0,779	0,015	0,428
	вправо	0,408	0,746	0,159	0,318
	вниз	0,036	0,545	0,418	0,223
	влево	0,169	0,839	0,282	0,042
Число радиусов	0,563	0,004	0,394	0,156	
Размер центральной зоны	вверх	0,637	0,276	0,448	0,266
	вправо	0,472	0,343	0,582	0,279
	вниз	0,529	0,277	0,419	0,028
	влево	0,436	0,307	0,428	0,156
Размер свободной зоны	вверх	0,227	0,013	0,124	0,015
	вправо	0,360	0,280	0,024	0,412
	вниз	0,408	0,490	0,079	0,591
	влево	0,384	0,159	0,171	0,331
Размер ловчей зоны	вверх	0,824	0,157	0,128	0,233
	вправо	0,816	0,129	0,360	0,094
	вниз	0,789	0,059	0,272	0,162
	влево	0,741	0,136	0,414	0,234
Длина радиусов	вверх	0,669	0,134	0,048	0,418
	вправо	0,833	0,017	0,371	0,079
	вниз	0,814	0,216	0,080	0,131
	влево	0,774	0,151	0,313	0,211
Расстояние между ловчими нитями	вверх	0,289	0,548	0,637	0,263
	вправо	0,289	0,548	0,637	0,263
	вниз	0,033	0,412	0,314	0,121
	влево	0,291	0,055	0,555	0,063

*Примечания.* 1. Приведены коэффициенты корреляции каждого показателя с факторами.

2. Значения коэффициента корреляции 0,4 и более соответствуют уровню значимости  $P \leq 0,05$ .



В структуре ловчих сетей *C. Conica* выявлено 60 % дисперсии взаимосвязанных показателей, в то время как неучтенная случайная дисперсия составляет 40 %.

Необходимо отметить, что в первый, генетически детерминируемый, компонент включено 27 %, т.е. половина всех взаимосвязанных показателей: длина радиусов, размеры ловчей зоны, число радиусов, вертикальные размеры центральной зоны. Наиболее

выраженная зависимость наблюдается между длиной радиусов и размерами ловчей зоны, что и определяет плотную устойчивую структуру ловчей сети.

Во втором компоненте отмечается хорошо выраженная зависимость между количеством ловчих нитей и расстояниями между

ними, что указывает на незначительную зависимость структуры ловчей сети от воздействия внешних факторов.

В третьем компоненте наблюдается взаимосвязь показателей центральной зоны и расстояния между ловчими нитями, существенно зависящего как от размеров попадающих насекомых, так

и от размеров самого паукообразного.

В четвертый компонент входит видовой показатель — количество витков в центральной зоне, коррелирующее с некоторыми показателями свободной зоны.

### 4.3. Структура ловчих сетей

#### *Larinioides Cornutus*

Пауки вида *L. cornutus* (Clerck, 1757), являясь типичными кругопрядами, плетут структурные ловчие сети. Из-за большой схожести диагностических признаков долгое время не выделяли отдельно род *Larinioides* и *L. cornutus* относили к роду *Araneus* (Clerck, 1758). Род *Larinioides* (Caporiacco, 1934), включающий вид *L. cornutus*,

на территории Российской Федерации представлен 6 видами, из которых 4 вида обнаружены в Томской области (Лукьянцев, 1999).

Половая зрелость наступает в июне – сентябре. Плетут сети в ночное время суток. Размеры тела паука колеблются в пределах 7,0–13,0 мм. Самки (10–13 мм) незначительно крупнее самцов (7–8 мм). Окраска может сильно варьировать — от темно-коричневой до черной. Головогрудь красновато-коричневая. Стернум коричневый, концы бедер и колен темно-коричневые. Брюшко желтое с черным или темно-коричневым рисунком, состоящим в верхней части из двух скобкообразных пятен по бокам и одного лежащего у основания брюшка. На второй половине брюшка со спинной стороны рисунок переходит в листообразный (рис. 6, Измайлова, 1989).

Распространены в умеренных климатических широтах повсеместно. Предпочитают места с повышенной влажностью, обитают на заливных лугах, около воды. Сети строят на кустарниковой и разнотравной растительности. Из травы и паутины строят специальные убежища, соединенные с центром сигнальной нитью, в которых прячутся в течение всего дня. Восстановление сети происходит поздно вечером, с наступлением первых сумерек.



*a* *б*  
Рис. 6. *L. cornutus*: *a* — общий вид; *б* — убежище

Характерной особенностью ловчих сетей *L. cornutus* является их эластичность и определенная рыхлость плетения, что объясняется расположением сетей на открытых продуваемых пространствах и на тонких неустойчивых объектах прикрепления (злаки, травянистая растительность). Сети расположены под углом наклона

в

25–30°, что также обусловлено местом расположения сетей. Общие размеры сети 28,1 × 28,5 см.

Сеть *L. cornutus* (рис. 7) достаточно компактная, имеет практически симметричную шарообразную структуру, без резко выраженной асимметрии, характерной для большинства видов семейства *Araneidae* (табл. 7). Расположена, в среднем, на высоте одного метра от земли.

Центральная зона четко выражена, состоит из 5 витков, что является диагностическим признаком для данного вида. За ней следует достаточно большая свободная зона ((0,8 ± 0,1) × (1,2 ± 0,1) см)

с явной асимметрией вниз.

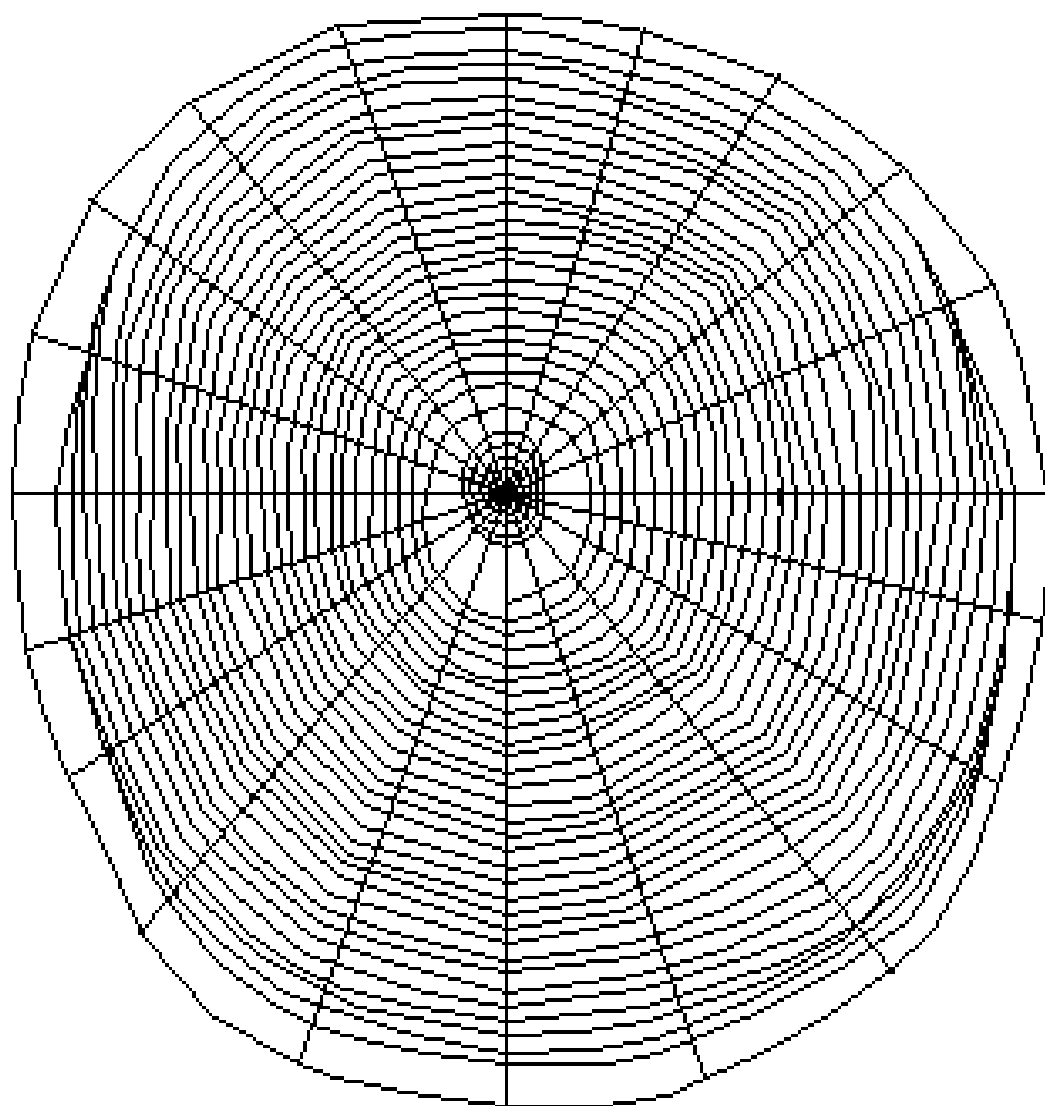


Рис. 7. Ловчая сеть *L. cornutus*

Таблица 7

Средние значения параметров ловчих сетей *L. cornutus*  
(половозрелые самки) на заливном лугу  
(д. Коларово, Томская область)

Параметры структуры ловчей сети		Среднее арифметическое ( $x \pm mt$ )
Число витков в центральной зоне		5,00 ± 0,60
Размер центральной зоны	вверх	1,50 ± 0,90
	вправо	1,00 ± 0,20
	вниз	1,40 ± 0,30
	влево	1,20 ± 0,20
Размер свободной зоны	вверх	0,80 ± 0,10
	вправо	1,20 ± 0,10
	вниз	1,40 ± 0,20
	влево	1,00 ± 0,09
Число радиусов		20,00 ± 1,70
Длина радиусов	вверх	12,10 ± 2,00
	вправо	14,50 ± 1,60
	вниз	15,60 ± 1,60
	влево	14,00 ± 1,80
Размер ловчей зоны	вверх	9,40 ± 1,40
	вправо	11,40 ± 1,60
	вниз	11,70 ± 1,20
	влево	10,00 ± 1,20
Количество ловчих нитей	вверх	25,00 ± 2,20
	вправо	28,00 ± 3,00

	вниз	29,00 ± 2,80
	влево	27,00 ± 2,60
Расстояние между ловчими нитями	вверх	0,40 ± 0,10
	вправо	0,40 ± 0,10
	вниз	0,40 ± 0,10
	влево	0,40 ± 0,10
Расстояние от середины центральной зоны ловчей сети до земли		113,00 ± 7,30
Угол наклона сети по отношению к горизонтальной поверхности (...°)		72,00 ± 14,20

*Примечание.* Размеры, длины и расстояния приведены в сантиметрах.

Ловчая зона симметричная, ловчие нити расположены на достаточно большом расстоянии друг от друга (0,4–0,5 мм), что позволяет сети при порывах ветра не подвергаться значительным нарушениям. Радиусы в количестве 20 шт. ( $20,0 \pm 1,7$ ) радиально расходятся из центра и имеют практически одинаковые размеры по всем направлениям, что также связано с месторасположением сетей.

В целом можно отметить общую схожесть ловчих сетей пауков вида *L. cornutus* с ловчими сетями представителей семейства *Tetragnata extensa*, что, вероятно, обусловлено сходными местами обитания, в частности расположением сетей на травянистой растительности в околородных активно обдуваемых биотопах.

Результаты дисперсионного анализа главных компонентов (табл. 8) позволяют заметить, что 70 % дисперсии расположено в первых 4 компонентах, а 30 % являются случайными факторами.

Таблица 8

Распределение общей дисперсии по главным компонентам ловчей сети *L. cornutus*

Компоненты	Общая дисперсия (%)
1	27,053

2	20,740
3	12,184
4	9,790

Результаты статистического факторного анализа представлены в табл. 9. Первый фактор объединяет показатели ловчей зоны (длину радиусов, размеры ловчей зоны, размеры свободной зоны), что указывает на доминирующее место ловчей зоны в структуре паутины. Второй фактор описывает взаимосвязь структуры центральной зоны и числа витков в центральной зоне, являющегося диагностическим признаком вида, а также расстояния между ловчими нитями, определяющего степень рыхлости ловчей сети. Третий фактор описывает взаимосвязь между размерами центральной зоны и расстоянием между ловчими нитями, что еще раз подчеркивает видоспецифичность сети.

Для первого компонента характерна высокодостоверная коррелятивная взаимосвязь между длиной радиусов, размерами ловчей зоны, центральной зоны и количеством ловчих нитей, что обуславливает устойчивую структуру ловчей сети.

Таблица 9

Распределение показателей ловчих сетей *L. cornutus*  
по главным компонентам

Переменная	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3	Фактор 4	
Число витков в центральной зоне	0,170	0,614	0,354	0,508	
Количество ловчих нитей	вверх	0,560	0,419	0,493	0,248
	вправо	0,571	0,541	0,103	0,259
	вниз	0,222	0,750	0,358	0,055
	влево	0,544	0,479	0,244	0,402
Число радиусов	0,145	0,665	0,442	0,038	
Размер центральной зоны	вверх	0,169	0,016	0,744	0,414
	вправо	0,432	0,681	0,407	0,119
	вниз	0,460	0,630	0,235	0,246
	влево	0,321	0,581	0,560	0,140
Размер свободной зоны	вверх	0,425	0,476	0,204	0,380
	вправо	0,695	0,207	0,033	0,001

	вниз	0,609	0,080	0,216	0,352
	влево	0,258	0,131	0,017	0,179
Размер ловчей зоны	вверх	0,702	0,346	0,283	0,343
	вправо	0,807	0,336	0,147	0,183
	вниз	0,701	0,083	0,252	0,210
	влево	0,700	0,106	0,295	0,431
Длина радиусов	вверх	0,673	0,307	0,289	0,362
	вправо	0,846	0,294	0,239	0,113
	вниз	0,637	0,278	0,123	0,301
	влево	0,618	0,207	0,436	0,301
Расстояние между ловчими нитями	вверх	0,341	0,598	0,037	0,563
	вправо	0,462	0,749	0,142	0,009
	вниз	0,442	0,543	0,054	0,582
	влево	0,258	0,569	0,580	0,271

*Примечания.* 1. Приведены коэффициенты корреляции каждого показателя с факторами.

2. Значения коэффициента корреляции 0,4 и более соответствуют уровню значимости  $P \leq 0,05$ .

Во второй компонент, имеющий относительно высокое значение дисперсии — 20 % взаимосвязанных показателей, включается: число витков центральной зоны, число ловчих нитей, несколько показателей центральной и свободной зон и расстояние между ловчими нитями, поэтому ловчая сеть достаточно устойчива при действии внешних факторов. В то же время вариабельность третьего компонента значительно выше — 12 % дисперсии взаимосвязанных показателей: размеры центральной зоны, число радиусов, верхнее число ловчих нитей и боковое расстояние между ловчими нитями.

Четвертый, видоспецифический, фактор определяется числом витков в центральной зоне.



## 4.4. Структура ловчих сетей

### *Larinioides patagiatus*

Пауки вида *L. patagiatus* (Clerck, 1758), являясь типичными кругопрядами, плетут структурные ловчие сети. Ловчая сеть *L. patagiatus* имеет характерную структуру, типичную для данного вида пауков. Род *Larinioides* (Сарогиаско, 1934), включающий вид *L. patagiatus*, на территории Российской Федерации представлен 6 видами, из которых 4 вида обнаружены в Томской области (Лукьянцев, 1999).

Половозрелые особи появляются с середины июня и до начала сентября. Размеры тела паука колеблются в пределах 8–10 мм. Самки (8–11 мм) незначительно крупнее самцов (7–8 мм). Основная окраска тела и ног красновато-коричневая. Головогрудь красновато-коричневая, без темной продольной полосы. Стернум коричневый, голень и 3-я предлапка в середине с темным кольцом. Брюшко желтовато-коричневое с темно-коричневым листовидным рисунком посередине. Листовидный рисунок может быть более светлым в срединной части брюшка (рис. 8, Измайлова, 1989).



Рис. 8. Общий вид *L. patagiatus*

Распространены в умеренных климатических широтах повсеместно. Обитают вдоль дорог, на балках мостов, на луговой растительности. Предпочитают кустарниково-древесный ярус, нередко встречаются в местах с повышенной влажностью, около воды. Строят убежища в виде перевернутых паутинных воронок в верхней части сети, соединенные с центром сигнальной нитью, в которых прячутся в течение всего дня. Восстановление сети происходит поздно вечером, с наступлением первых сумерек.

Ловчие сети *L. patagiatus* (рис. 9) компактные, правильной овальной формы с незначительной асимметрией вниз.

Характерна определенная рыхлость плетения сети, что объясняется расположением сетей на открытых продуваемых пространствах. Сети расположены практически перпендикулярно

поверхности земли (угол наклона составляет  $92^\circ$ ). Общие размеры сети  $31,7 \times 27,6$  см.

Для сетей *L. patagiatus* характерно большое количество ловчих нитей, создающих обширную плотную ловчую зону, оптимальную для ловли как мелких, так и средних по размерам насекомых (табл. 10).

Центральная зона четко выражена, достаточно крупная по размерам, имеет правильную округлую форму, состоит из 5 витков, что является диагностическим признаком для данного вида.

Свободная зона вытянута вниз и влево. Общие размеры  $(1,0 \pm 0,1) \times (1,2 \pm 0,2)$  см.

Ловчая зона пауков вида *L. patagiatus* достаточно большая по размерам (10,8–14,0 см), что связано с длинными радиальными нитями (13,5–17,2 см). Для нее характерно расстояние между ловчими нитями 0,3–0,4 см, число радиусов, равное 23, и количество ловчих нитей, равное 30–33.

Ловчие нити расположены на достаточно большом расстоянии друг от друга, что позволяет сети при порывах ветра не подвергаться значительным нарушениям.

Радиусы в количестве 23 шт. ( $23,0 \pm 2,0$ ) радиально расходятся из центра и значительно вытянуты книзу.

Для сетей данного вида пауков характерно сравнительное небольшое количество радиусов при большом количестве ловчих нитей, благодаря чему создается плотная, но эластичная сеть со значительной асимметрией вниз, оптимальная для мест обитания паука: разреженных придорожных или околородных участков, подвергающихся частым порывам ветра.

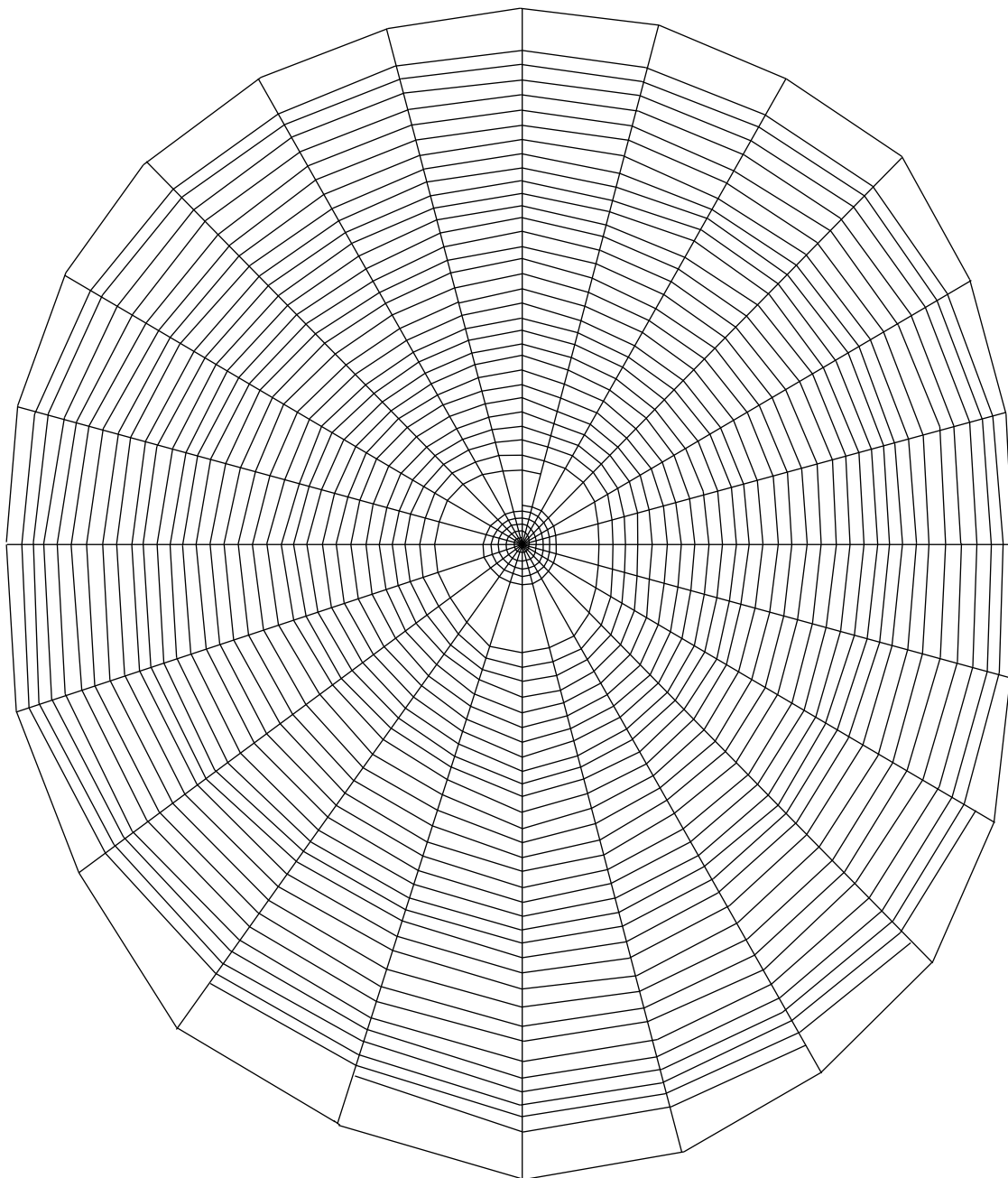


Рис. 9. Ловчая сеть *L. patagiatus*

Таблица 10  
Средние значения параметров ловчих сетей *L. patagiatus*

Параметры структуры ловчей сети		Среднее арифметическое ( $x \pm mt$ )
Число витков в центральной зоне		5,00 ± 0,30
Размер центральной зоны	вверх	0,90 ± 0,20
	вправо	0,90 ± 0,10
	вниз	1,10 ± 0,30
	влево	1,10 ± 0,20
Размер свободной зоны	вверх	1,00 ± 0,10
	вправо	1,20 ± 0,20
	вниз	1,80 ± 0,30
	влево	1,30 ± 0,30
Число радиусов		23,00 ± 2,00
Длина радиусов	вверх	14,50 ± 2,10
	вправо	13,50 ± 1,50
	вниз	17,20 ± 2,00
	влево	14,10 ± 1,60
Размер ловчей зоны	вверх	12,00 ± 2,20
	вправо	10,80 ± 1,40
	вниз	14,00 ± 1,80
	влево	11,20 ± 1,40
Количество ловчих нитей	вверх	31,00 ± 3,50
	вправо	30,00 ± 2,90
	вниз	33,00 ± 3,30
	влево	31,00 ± 3,00
Расстояние между ловчими нитями	вверх	0,40 ± 0,04
	вправо	0,30 ± 0,03
	вниз	0,30 ± 0,03
	влево	0,30 ± 0,04
Расстояние от середины центральной зоны ловчей сети до земли		117,00 ± 12,20
Угол наклона сети по отношению к горизонтальной поверхности (...°)		92,00 ± 11,10

*Примечание.* Размеры, длины и расстояния приведены в сантиметрах.

Факторный анализ выявил следующие закономерности в структуре ловчих сетей пауков вида *L. patagiatus*: 77 % общей дисперсии сосредоточено в первых 4 компонентах, а 27 % являются случайными факторами (табл. 11).

Таблица 11

Распределение общей дисперсии по главным компонентам ловчих сетей *L. patagiatus*

Компоненты	Общая дисперсия (%)
1	36,789
2	22,349
3	11,566
4	6,628

Интерпретируя выделенные компоненты контрольных сетей *L. patagiatus*, следует отметить, что в первом компоненте, куда входит структура ловчей сети, сосредоточено 37 % общей дисперсии (табл. 12).

Таблица 12

Структура распределения главных компонентов в ловчих сетях *L. patagiatus*

Переменная	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3	Фактор 4	
Число витков в центральной зоне	0,132	0,588	0,069	0,405	
Количество ловчих нитей	вверх	0,527	0,628	0,480	0,038
	вправо	0,425	0,489	0,591	0,136
	вниз	0,426	0,647	0,266	0,359
	влево	0,493	0,592	0,469	0,181
Число радиусов	0,196	0,521	0,402	0,378	
Размер центральной зоны	вверх	0,210	0,795	0,481	0,038
	вправо	0,180	0,709	0,479	0,169
	вниз	0,119	0,783	0,564	0,118
	влево	0,002	0,787	0,568	0,008
	вверх	0,119	0,422	0,307	0,269

Размер свободной зоны	вправо	0,436	0,547	0,319	0,366
	вниз	0,645	0,129	0,449	0,282
	влево	0,372	0,634	0,449	0,345
Размер ловчей зоны	вверх	0,769	0,409	0,273	0,149
	вправо	0,809	0,021	0,126	0,319
	вниз	0,887	0,122	0,224	0,233
	влево	0,881	0,187	0,032	0,094
Длина радиусов	вверх	0,789	0,324	0,267	0,095
	вправо	0,810	0,079	0,078	0,279
	вниз	0,854	0,009	0,215	0,390
	влево	0,892	0,094	0,195	0,126

Окончание табл. 12

Переменная	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3	Фактор 4	
Расстояние между ловчими нитями	вверх	0,764	0,153	0,046	0,244
	вправо	0,751	0,179	0,166	0,431
	вниз	0,760	0,455	0,113	0,040
	влево	0,507	0,384	0,059	0,395

*Примечания.* 1. Приведены коэффициенты корреляции каждого показателя с факторами.

2. Значения коэффициента корреляции 0,4 и более соответствуют уровню значимости  $P \leq 0,05$ .

Первый фактор объединяет показатели ловчей зоны (длину радиусов, размеры ловчей зоны), что указывает на доминирующее место длин радиусов и ловчей зоны в структуре паутины.

Второй фактор описывает взаимосвязь структуры центральной зоны и числа витков в центральной зоне, являющегося диагностическим признаком вида.

Третий фактор объединяет показатели размеров центральной, свободной зон и числа радиусов. Четвертый фактор описывает взаимосвязь между числом витков в центральной зоне и расстоянием между ловчими нитями, определяющими степень рыхлости ловчей сети.

Первый компонент включает около половины дисперсии взаимосвязанных показателей — 37 %, определяющих структуру сети: длину радиусов, размер ловчей зоны, количество ловчих нитей

и расстояние между ловчими нитями. Во второй компонент входят

показатели центральной зоны, коррелирующие с числом радиусов, количеством ловчих нитей, некоторыми параметрами свободной зоны и расстояниями между ловчими нитями. Поэтому ловчая сеть *L. patagiatus* высокоструктурированная и последующие 3-й и 4-й компоненты не вносят существенных изменений в стратегию поведения данного вида пауков.



## 4.5. Структура ловчих сетей

### *Araneus marmoreus*

Пауки вида *A. marmoreus* (Clerck, 1758) относятся к самому обширному роду кругопрядов *Araneus* (Clerck, 1758), насчитывающему 41 вид на территории РФ (Михайлов, 1997). В Западной

Сибири обитает порядка 24 видов (Измайлова, 1989). В Томской области обнаружено 7 видов (Лукьянцев, 1999).

*A. marmoreus*, как и *A. diadematus*, — один из наиболее хорошо изученных видов в семействе *Araneidae*. Повсеместная распространенность и хорошо заметные сети значительно облегчают изучение данного вида в полевых условиях. *A. marmoreus* является классическим объектом для исследований ловчих сетей кругопрядов.

Первые половозрелые особи появляются со второй половины июля. Плетут сети в ранние утренние часы. Неполовозрелые пауки располагаются в центре сети, в то время как половозрелые самки имеют убежища в виде свернутых листьев деревьев, связанные с центром сигнальной нитью (Reichert & Luczak, 1982).

Размеры тела паука составляют в длину 10–15 мм. Самки (12–15 мм) значительно крупнее самцов (6,5–9,5 мм), характеризуются более длинным жизненным циклом и плетением ловчей

сети

в течение всей жизни.

Особенностью пауков вида *A. marmoreus* является цветовой полиморфизм. Выделяют две основные морфы (рис. 10).



а



б



Рис. 10. Цветовой полиморфизм *A. marmoreus*:  
а — *var marmoreus*; б — *var pyramidatus*

1. *A. marmoreus* (*var marmoreus*), обитающий преимущественно на лиственничных породах деревьев. Окраска брюшка яркая, желтого или оранжевого цвета с крестообразным рисунком и темным коричневым пирамидообразным рисунком. Головогрудь коричнево-желтая с продольной коричневой полосой. Лапки коричневые с поперечными темными полосками на сочленениях.

2. *A. marmoreus* (*var pyramidatus*), обитающий в смешанных лесах, устраивает ловчие сети как на лиственничных, так и на хвойных породах деревьев. Головогрудь коричневато-желтая с продольной коричневой полосой. Стренум коричневый. Брюшко сверху серого цвета с нерезко выраженным крестообразным рисунком белого цвета, во второй его половине в центре темно-коричневая пирамидка, окаймленная белой полосой.

Для ловчих сетей *A. marmoreus* характерно практически вертикальное расположение над землей (угол наклона  $(88,0 \pm 2,3)^\circ$ ), значительная асимметрия сети вниз и общие достаточно крупные размеры сети —  $34 \times 39,8$  см (рис. 11). Сети, как правило, располагаются на среднеосвещенных участках в глубине леса на высоте 1–1,5 м от поверхности земли.

Как упоминалось выше, ловчая сеть *A. marmoreus* является классической и эталонной: все компоненты сети четко выражены, наблюдается явная асимметрия вниз, сеть имеет оптимальные размеры для поимки как средней по величине, так и мелкой добычи (табл. 13).

Центральная зона крупная, симметричной формы, с незначительной асимметрией вниз. Состоит из 7 витков, что является диагностическим признаком данного вида.

Свободная зона также достаточно большая —  $(0,9 \pm 0,1) \times (1,1 \pm 0,2)$  см, имеет правильную овальную форму с незначительной асимметрией вниз и влево.

Ловчая зона достаточно плотная, большая по размерам, со значительной асимметрией вниз, состоит из большого числа ловчих нитей, располагающихся на классическом расстоянии друг от друга:  $(0,30 \pm 0,02)$ ,  $(0,40 \pm 0,03)$  см, что, вероятно, связано с размерами насекомых (комары, насекомые средних размеров), составляющих основу кормовой базы.

Разница в размерах верхней и нижней части ловчей зоны связана с наличием убежища в верхней части сети и практически вертикальным расположением сети относительно земли. Данная асимметрия позволяет пауку эффективнее достигать добычу, попавшую в функциональную нижнюю часть ловчей зоны.

Радиусы в количестве 26 шт. ( $26,0 \pm 0,9$ ) радиально расходятся из центра и значительно удлинены книзу. В целом можно отметить значительные размеры радиусов, что, вероятно, связано с расположением сетей на древесной растительности.

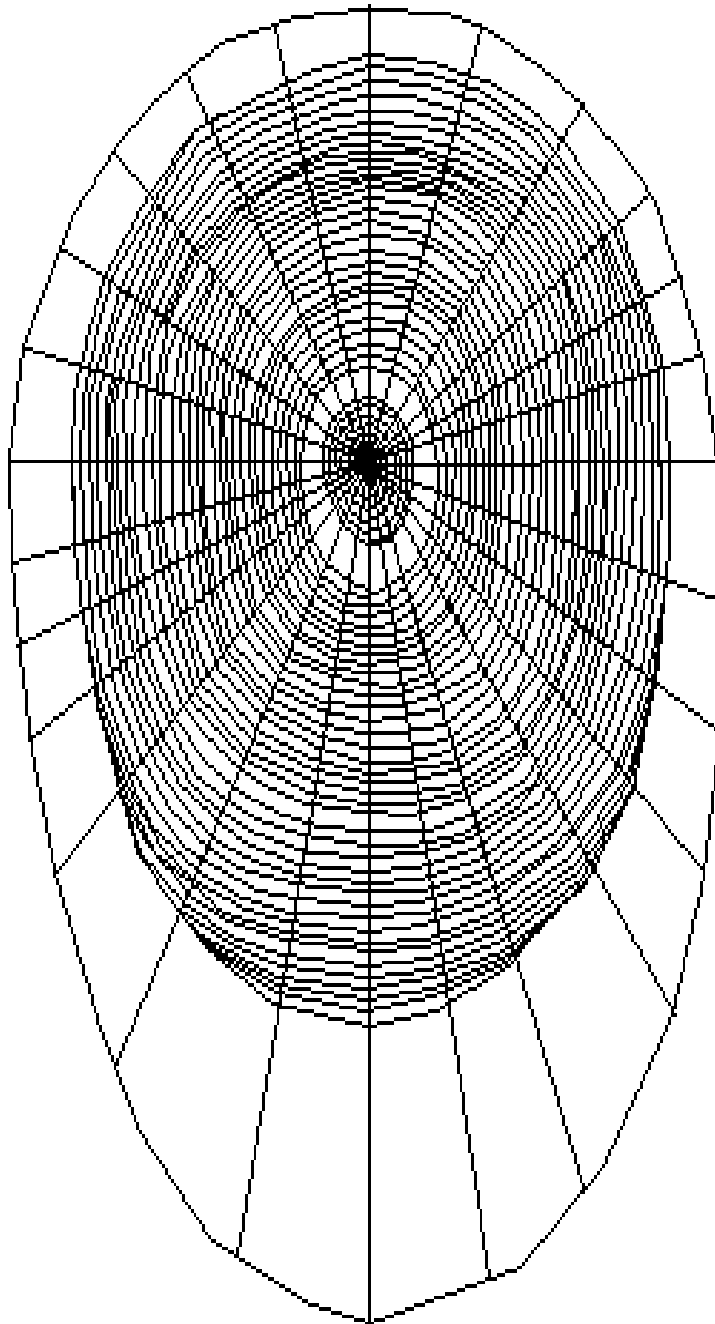


Рис. 11. Ловчая сеть *A. marmoreus*

Таблица 13

Средние значения параметров ловчих сетей *A. marmoreus*

Параметры структуры ловчей сети	Среднее арифметическое ( $x \pm mt$ )
---------------------------------	---------------------------------------

*Примечание.* Размеры, длины и расстояния приведены в сантиметрах.

Статистический факторный анализ с использованием метода главных компонентов позволил выделить четыре основных независимых фактора, определяющих структуру ловчих сетей *A. marmoreus* (табл. 14).

Интерпретируя выделенные компоненты ловчих сетей *A. marmoreus* в березовом биотопе, следует отметить, что в первом компоненте сосредоточено 29 % общей дисперсии всех вариаций.

Таблица 14

Распределение общей дисперсии по главным компонентам в ловчих сетях *A. marmoreus*

Компоненты	Общая дисперсия (%)
1	29,509
2	27,226
3	9,825
4	6,352

Результаты статистического факторного анализа представлены в табл. 15. Первый фактор описывает взаимосвязь длин радиусов и размеров ловчей зоны с расстоянием между ловчими нитями, что указывает на доминирующую роль ловчей зоны в структуре сети. Второй фактор объединяет число радиусов, количество ловчих нитей и расстояние между ловчими нитями. Данный фактор определяется числом радиусов и предположительно зависит от внешних условий. Третий фактор включает размеры центральной зоны.

Таблица 15

Распределение показателей ловчих сетей *A. marmoreus* по главным компонентам

Переменная	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3	Фактор 4	
Число витков в центральной зоне	0,098	0,235	0,401	0,339	
Количество ловчих нитей	вверх	0,217	0,889	0,177	0,201
	вправо	0,131	0,863	0,189	0,059

	вниз	0,308	0,856	0,053	0,016
	влево	0,326	0,834	0,046	0,164
Число радиусов	0,144	0,718	0,148	0,192	
Размер центральной зоны	вверх	0,475	0,165	0,559	0,265
	вправо	0,381	0,300	0,664	0,238
	вниз	0,401	0,104	0,657	0,362
	влево	0,371	0,306	0,654	0,254
Размер свободной зоны	вверх	0,417	0,441	0,268	0,459
	вправо	0,205	0,372	0,247	0,525
	вниз	0,505	0,529	0,244	0,457
	влево	0,398	0,505	0,313	0,451

Окончание табл. 15

Переменная	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3	Фактор 4	
Размер ловчей зоны	вверх	0,791	0,234	0,274	0,090
	вправо	0,755	0,110	0,327	0,079
	вниз	0,898	0,027	0,207	0,091
	влево	0,877	0,076	0,200	0,041
Длина радиусов	вверх	0,824	0,240	0,109	0,103
	вправо	0,643	0,340	0,139	0,166
	вниз	0,809	0,062	0,032	0,134
	влево	0,731	0,278	0,152	0,102
Расстояние между ловчими нитями	вверх	0,521	0,704	0,094	0,194
	вправо	0,484	0,755	0,067	0,131
	вниз	0,504	0,742	0,184	0,133
	влево	0,513	0,707	0,157	0,200

*Примечания.* 1. Приведены коэффициенты корреляции каждого показателя с факторами.

2. Значения коэффициента корреляции 0,4 и более соответствуют уровню значимости  $P \leq 0,05$ .

Первый компонент структуры ловчей сети, концентрирующий больше половины дисперсии — 37 %, отражает зависимость размеров ловчей зоны, расстояния между ловчими нитями от длины радиусов.

Второй компонент — 21 % общей дисперсии: число радиусов взаимосвязано с количеством ловчих нитей в секторе и расстоянием между ловчими нитями. Следовательно, структура ловчей сети

данного вида достаточно полно определяется двумя первыми компонентами.

В третьем компоненте наблюдается взаимозависимость между всеми показателями размеров центральной зоны и числом витков в центральной зоне.

В четвертом компоненте отмечается корреляция между показателями свободной зоны, что указывает на симметричность ловчей сети.

## 4.6. Структура ловчих сетей *Araneus quadratus*

Пауки вида *A. quadratus* (Clerck, 1758) относятся к самому обширному роду кругорядов *Araneus*.

Половая зрелость наступает во второй половине лета. *A. quadratus* плетут сети в ранние утренние часы. Размеры тела паука колеблются в пределах 8,0–17,0 мм. Самки (до 17 мм) в два раза крупнее самцов (до 10 мм). Брюшко округлое, сильно варьирует по цвету, может быть жёлтое, зеленое, красное или коричневое. Для пауков данного вида характерна определенная мимикрия: они меняют окраску брюшка в зависимости от места обитания и преобладания того или иного цвета в биотопе. На брюшке хорошо заметны четыре крупных белых пятна с черными точками внутри, которые и дали видовое название пауку (четырёхугольный). Кроме основных пятен, по брюшку разбросано несколько более мелких белых пятен и полосок. Самцы обычно коричневые в белых пятнах. Головогрудь с дорзальной стороны светло-коричневая с продольной темной полосой посередине, на ходильных ногах отчетливые темные поперечные полосы в местах сочленений (рис. 12).



*a*



*б*

Рис. 12. *A. quadratus*: *a* — общий вид; *б* — убежище

Распространены в умеренных климатических широтах повсеместно. Обитают на лугах, полях, пустошах. Сети строят на небольшом расстоянии от земли на травянистой растительности.

Из травы и паутины пауки вида *A. quadratus* строят специальные убежища, соединенные с центром сигнальной нитью, в которых прячутся в течение всего дня.

Ловчие сети *A. quadratus* (рис. 13) крупные, вытянутые вниз, расположены под стандартным для большинства видов рода *Araneus* углом в  $20^\circ$  (угол наклона  $(110,0 \pm 2,5)^\circ$ ). В связи с тем что сети строятся на небольшом расстоянии от земли, они, в отличие от сетей *L. cornutus*, обитающих на аналогичных биотопах, более плотные, асимметричные книзу, крупные и жестко структурированные.

Характерной особенностью является строительство сетей как самками, так и самцами. У самцов сети более мелкие, расположенные непосредственно над землей. Общие размеры сети  $32,8 \times 33,7$  см.

Сеть *A. quadratus* имеет типичную для всего рода *Araneus* структуру, однако можно выделить явную асимметрию сети вниз и вправо, что выражается в удлинении радиусов, увеличении количества ловчих нитей и размера ловчей зоны по данным направлениям (табл. 16).

Центральная зона четко выражена, с явной асимметрией вниз, состоит из 6 витков, что служит диагностическим признаком данного вида. За ней следует небольшая, по сравнению с общими размерами сети, симметричной овальной формы свободная зона  $((1,0 \pm 0,1) \times (1,2 \pm 0,2)$  см).

Ловчая зона слегка вытянута вниз и вправо, ловчие нити расположены на значительном расстоянии друг от друга (0,5 мм), что, вероятно, связано как с крупными размерами паука, так и с основой кормовой базы (кузнечики, крупные жесткокрылые). Разница в размерах верхней части ловчей зоны и нижней обычно составляет не более 7–10 ловчих нитей, что не является значительной асимметрией и связано с тем, что убежище, как правило, строится не над ловчей сетью, а сбоку и достижение добычи в данном случае удобно в любой части сети.

Радиусы в количестве 23 шт.  $(23,0 \pm 1,3)$  радиально расходятся из центра и значительно удлинены вниз и вправо. Для данного вида характерно сравнительно небольшое количество радиусов, например, *A. nordmanni* — 40, *A. quadratus* — 36 радиусов.



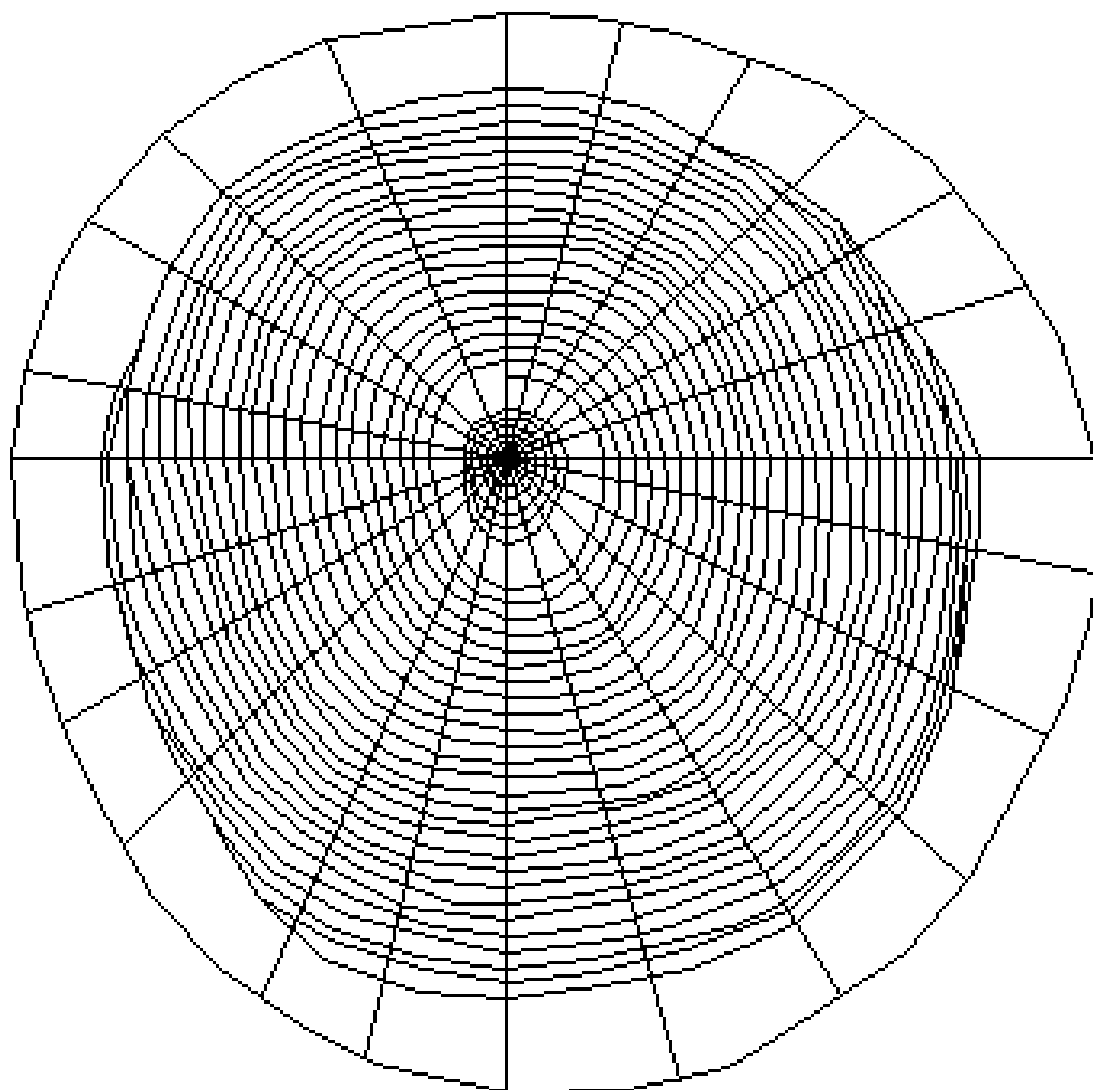


Рис. 13. Ловчая сеть *A. quadratus* (половозрелые самки)

Таблица 16

Средние значения параметров ловчих сетей *A. quadratus*,  
половозрелые самки (Стрежевской район, Томская область)

Параметры структуры ловчей сети		Среднее арифметическое ( $x \pm mt$ )
Число витков в центральной зоне		6,00 ± 0,30
Размер центральной зоны	вверх	1,40 ± 0,10
	вправо	1,80 ± 0,10
	вниз	2,60 ± 0,10
	влево	1,30 ± 0,10
Размер свободной зоны	вверх	1,00 ± 0,10
	вправо	1,20 ± 0,20
	вниз	1,30 ± 0,20
	влево	1,10 ± 0,10
Число радиусов		23,00 ± 1,30
Длина радиусов	вверх	13,40 ± 1,10
	вправо	18,50 ± 1,60
	вниз	19,00 ± 1,30
	влево	15,20 ± 1,20
Размер ловчей зоны	вверх	8,60 ± 1,80

	вправо	11,40 ± 1,90
	вниз	12,40 ± 1,00
	влево	10,20 ± 1,00
Количество ловчих нитей	вверх	19,00 ± 1,80
	вправо	25,00 ± 2,00
	вниз	26,00 ± 2,00
	влево	21,00 ± 2,10
Расстояние между ловчими нитями	вверх	0,50 ± 0,03
	вправо	0,50 ± 0,03
	вниз	0,50 ± 0,03
	влево	0,50 ± 0,03
Расстояние от середины центральной зоны ловчей сети до земли	75,00 ± 5,70	
Угол наклона сети по отношению к горизонтальной поверхности (...°)	110,00 ± 2,50	

*Примечание.* Размеры, длины и расстояния приведены в сантиметрах.

Факторный анализ выявил следующие закономерности в структуре ловчих сетей пауков вида *A. quadratus*: 62 % дисперсии расположено в первых 4 компонентах, а 38 % являются случайными факторами (табл. 17).

Таблица 17

Распределение общей дисперсии по главным компонентам ловчей сети *A. quadratus*

Компоненты	Общая дисперсия (%)
1	35,110

2	10,941
3	9,260
4	7,173

Результаты статистического факторного анализа представлены в табл. 18. Первый фактор указывает на взаимосвязь центральной и ловчей зон, объединяя такие диагностически важные параметры, как число витков и размеры центральной зоны, с основными структурообразующими показателями сети (длина и число радиусов, размер ловчей зоны, количество ловчих нитей), что указывает на жесткую структурированность ловчей сети. Второй фактор включает размеры свободной зоны и расстояние между ловчими нитями. Третий фактор описывает взаимосвязь размеров центральной зоны с расстоянием между ловчими нитями.

Таблица 18

Распределение показателей ловчих сетей *A. quadratus*  
по главным компонентам

Переменная	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3	Фактор 4	
Число витков в центральной зоне	0,751	0,085	0,095	0,288	
Количество ловчих нитей	вверх	0,863	0,233	0,037	0,162
	вправо	0,836	0,131	0,098	0,268
	вниз	0,808	0,243	0,103	0,192
	влево	0,853	0,270	0,053	0,104
Число радиусов	0,819	0,219	0,106	0,102	
Размер центральной зоны	вверх	0,575	0,125	0,423	0,208
	вправо	0,696	0,103	0,032	0,155
	вниз	0,606	0,134	0,430	0,198
	влево	0,692	0,104	0,038	0,165

Окончание табл. 18

Переменная	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3	Фактор 4	
Размер свободной зоны	вверх	0,075	0,656	0,119	0,286
	вправо	0,117	0,369	0,395	0,466
	вниз	0,381	0,396	0,188	0,559

	влево	0,044	0,602	0,224	0,258
Размер ловчей зоны	вверх	0,642	0,207	0,549	0,008
	вправо	0,738	0,256	0,382	0,250
	вниз	0,615	0,159	0,518	0,114
	влево	0,632	0,419	0,290	0,230
Длина радиусов	вверх	0,710	0,377	0,101	0,055
	вправо	0,742	0,169	0,188	0,194
	вниз	0,767	0,127	0,228	0,229
	влево	0,589	0,098	0,179	0,166
Расстояние между ловчими нитями	вверх	0,226	0,454	0,544	0,154
	вправо	0,032	0,394	0,361	0,645
	вниз	0,204	0,395	0,651	0,285
	влево	0,277	0,677	0,285	0,130

*Примечания.* 1. Приведены коэффициенты корреляции каждого показателя с факторами.

2. Значения коэффициента корреляции 0,4 и более соответствуют уровню значимости  $P \leq 0,05$ .

Ловчая сеть *A. quadratus* структурирована в меньшей степени по сравнению с другими видами пауков — 62 % общей дисперсии показателей. В то же время в первый компонент включаются практически все показатели — 35 % общей дисперсии, кроме размеров свободной зоны и расстояния между ловчими нитями. Расстояние между ловчими нитями входит во второй компонент, коррелирует с размерами свободной зоны и варьируется в зависимости от размеров попадающих насекомых. В третьем компоненте размеры центральной зоны коррелируют как с расстояниями между ловчими нитями, так и с некоторыми показателями ловчей зоны.

## 4.7. Структура ловчих сетей *Araneus nordmanni*

Пауки вида *A. nordmanni* (Thorell, 1870) относятся к самому обширному роду кругопрядов *Araneus* (Clerck, 1758).

Половая зрелость наступает в июле-августе. *A. nordmanni* плетут сети в ранние утренние часы. Размеры тела паука колеблются в пределах 5,0–11,0 мм. Самки незначительно крупнее самцов. Брюшко с двумя явственными бугорками, коричнево-серое, с волнистым рисунком из более светлых пятен. Головогрудь с дорзальной стороны коричнево-серая, без продольной темной полосы посередине, ходильные ноги темные с отчетливыми светлыми поперечными полосами (рис. 14).

Распространены повсеместно в Западной Сибири. Обитают в травостое смешанного леса. Сети строят на кустарниковой и травянистой растительности. Характерно наличие убежища, но паук может находиться в течение дня и в центре сети.



Рис. 14. Общий вид *A. nordmanni*

Ловчие сети *A. nordmanni* (рис. 15) крупные, плотно заплетенные, вытянутые вниз и влево, расположены под стандартным для большинства видов рода *Araneus* углом в  $20^\circ$  (угол наклона  $(82,0 \pm 6,1)^\circ$ ). Общие размеры сети  $32,5 \times 25,0$  см.

Характерной особенностью ловчих сетей пауков вида *A. nordmanni* является асимметрия вниз и влево, что выражается в удлинении радиусов, увеличении количества ловчих нитей и размера ловчей зоны по данным направлениям. Высокая плотность

заплетения ловчей зоны, вероятно, связана с основной кормовой базы (мошка, мелкие насекомые).

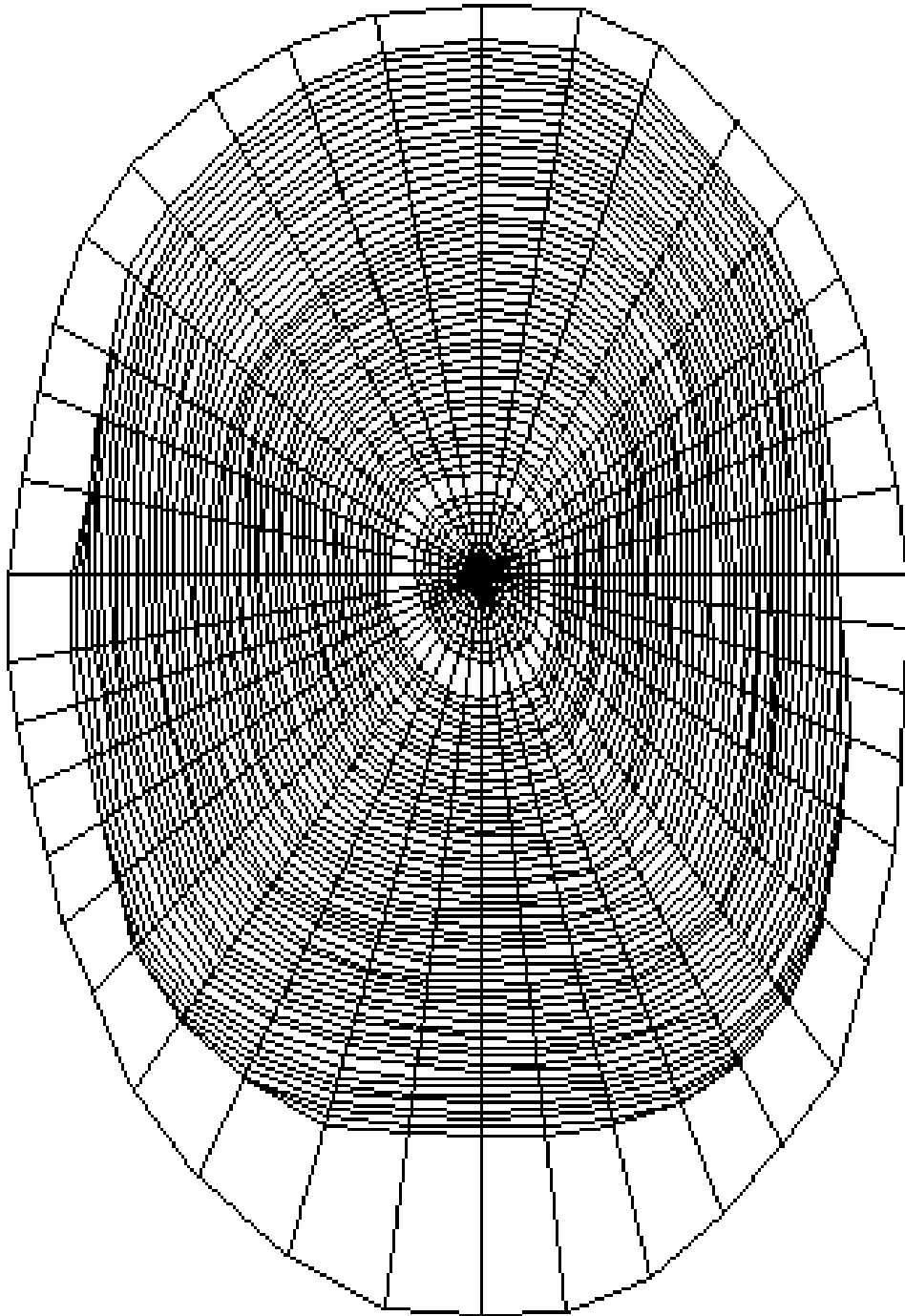


Рис. 15. Ловчая сеть *A. nordmanni* (половозрелые самки)

Центральная зона четко выражена, с небольшой асимметрией вниз, состоит из 8 витков, что является диагностическим признаком для данного вида. За ней располагается свободная зона, которая отсутствует практически у половины описанных пауков данного вида. Свободная зона весьма небольшая по размерам ( $(0,50 \pm 0,01) \times (0,40 \pm 0,02)$  см), в верхней и правой частях сети практически отсутствует, и центральная зона плавно переходит в ловчую.

Ловчая зона незначительно вытянута вниз и влево, ловчие нити расположены плотно (0,2 мм) и в большом количестве (до 57). Ловчая зона занимает основной объем сети, жестко структурирована, очень плотно заплетена с минимальным расстоянием между ловчими нитями, большим количеством ловчих нитей и радиусов. При этом следует отметить, что пауки данного вида сравнительно небольшие по размерам, вероятно, поэтому они чаще находятся в центре сети, чем в убежище. Радиусы в количестве 40 шт. ( $40,0 \pm 6,0$ ) радиально расходятся из центра и значительно удлинены вниз и влево (табл. 16).

Таблица 16

Средние значения параметров ловчих сетей *A. nordmanni*  
(половозрелые самки)

Параметры структуры ловчей сети	Среднее арифметическое ( $x \pm mt$ )	
Число витков в центральной зоне	8,00 ± 0,70	
Размер центральной зоны	вверх	2,00 ± 0,50
	вправо	1,60 ± 0,30
	вниз	2,20 ± 0,50
	влево	1,80 ± 0,40
Размер свободной зоны	вверх	0,50 ± 0,01



	вправо	$0,40 \pm 0,02$
	вниз	$0,90 \pm 0,03$
	влево	$0,70 \pm 0,05$
Число радиусов	$40,00 \pm 6,0$	
Длина радиусов	вверх	$14,20 \pm 2,90$
	вправо	$11,90 \pm 1,20$
	вниз	$18,30 \pm 2,10$
	влево	$13,10 \pm 0,90$
Размер ловчей зоны	вверх	$10,70 \pm 2,40$
	вправо	$7,70 \pm 1,00$
	вниз	$13,80 \pm 0,90$
	влево	$8,90 \pm 0,90$

Окончание табл. 16

Параметры структуры ловчей сети		Среднее арифметическое ( $x \pm mt$ )
Количество ловчих нитей	вверх	$46,00 \pm 11,10$
	вправо	$46,00 \pm 9,40$
	вниз	$57,00 \pm 9,80$
	влево	$51,00 \pm 9,10$
Расстояние между ловчими нитями	вверх	$0,20 \pm 0,02$

	вправо	$0,20 \pm 0,02$
	вниз	$0,20 \pm 0,04$
	влево	$0,20 \pm 0,03$
Расстояние от середины центральной зоны ловчей сети до земли		$162,00 \pm 16,10$
Угол наклона сети по отношению к горизонтальной поверхности (...°)		$82,00 \pm 16,20$

*Примечание.* Размеры, длины и расстояния приведены в сантиметрах.

Факторный анализ выявил следующие закономерности в структуре ловчих сетей пауков вида *A. nordmanni*: 91 % дисперсии расположен в первых 4 компонентах и только 9 % являются случайными факторами (табл. 17).

Таблица 17

Распределение общей дисперсии по главным компонентам ловчей сети *A. nordmanni*

Компоненты	Общая дисперсия (%)
1	57,073
2	17,487
3	13,861
4	4,980

Результаты статистического факторного анализа представлены в табл. 18.

Первый фактор объединяет основные структурообразующие компоненты ловчей сети, такие как размер ловчей зоны, длина и число радиусов, количество ловчих нитей, что еще раз указывает на доминирующую роль ловчей зоны в структуре сети данного вида пауков.

Второй фактор описывает взаимосвязь свободной и ловчей зон, включая такой важный диагностический признак, как число витков в центральной зоне. Следует отметить, что основные структурные взаимосвязи сосредоточены в первых двух факторах.

Таблица 18

Распределение показателей ловчих сетей *A. nordmanni*  
по главным компонентам

Переменная	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3	Фактор 4	
Число витков в центральной зоне	0,397	0,779	0,055	0,189	
Количество ловчих нитей	вверх	0,930	0,274	0,231	0,021
	вправо	0,904	0,400	0,027	0,126
	вниз	0,964	0,047	0,107	0,113
	влево	0,965	0,174	0,113	0,088
Число радиусов	0,606	0,695	0,244	0,125	
Размер центральной зоны	вверх	0,458	0,792	0,071	0,330
	вправо	0,819	0,436	0,030	0,165
	вниз	0,399	0,868	0,076	0,244
	влево	0,729	0,566	0,054	0,219
Размер свободной зоны	вверх	0,225	0,782	0,058	0,357
	вправо	0,521	0,680	0,278	0,024
	вниз	0,059	0,911	0,226	0,023
	влево	0,209	0,805	0,546	0,059
Размер ловчей зоны	вверх	0,760	0,475	0,316	0,240
	вправо	0,776	0,554	0,025	0,269
	вниз	0,572	0,215	0,754	0,018
	влево	0,453	0,659	0,567	0,122
Длина радиусов	вверх	0,967	0,075	0,045	0,192
	вправо	0,764	0,228	0,001	0,368
	вниз	0,596	0,696	0,358	0,093
	влево	0,595	0,436	0,455	0,481
Расстояние между ловчими нитями	вверх	0,702	0,525	0,190	0,314
	вправо	0,848	0,050	0,198	0,472
	вниз	0,752	0,254	0,596	0,047
	влево	0,820	0,134	0,540	0,044

*Примечания.* 1. Приведены коэффициенты корреляции каждого показателя с факторами.

2. Значения коэффициента корреляции 0,4 и более соответствуют уровню значимости  $P \leq 0,05$ .

Ловчая сеть *A. nordmanni* включает 91 % общей дисперсии взаимозависимых показателей, которые сосредоточены в двух первых компонентах.

В первом компоненте концентрируются практически все показатели, за исключением числа витков в центральной зоне и размеров центральной и свободной зон, связанных с характерной асимметрией сети.

Во втором компоненте наблюдается аналогичная зависимость с отсутствием корреляции между асимметричными показателями: количеством ловчих нитей и расстоянием между ловчими нитями, которые переменны в большей степени и зависят от размеров попадающих насекомых.

Переменность асимметричных показателей ловчей сети достаточно определенно подтверждается взаимозависимостью показателей третьего компонента: нижних и левых размеров ловчей зоны и расстояния между ловчими нитями. Следовательно, асимметричность ловчей сети *A. nordmanni* можно рассматривать в качестве наиболее мобильной составляющей поведения пауков, зависящей от комплекса экологических факторов.

## 4.8. Структура ловчих сетей

### *Araneus diadematus*

Пауки вида *A. diadematus* (Clerck, 1758) относятся к самому обширному роду кругопрядов *Araneus*.

*A. diadematus* один из наиболее хорошо изученных и наиболее типичных видов в семействе *Araneidae*. Большие заметные сети и характерный белый крест на брюшке паука значительно облегчают изучение и определение данного вида в полевых условиях.

Первые сети появляются в мае и делаются неполовозрелыми особями. Для крестовиков характерны две стратегии развития: летнее поколение перезимовавших неполовозрелых пауков и новая популяция из яиц. Первые половозрелые пауки появляются летом в начале июля (Ramousse, 1973).

Размеры тела паука колеблются в пределах 10–25 мм. Самки (20–25 мм) значительно крупнее самцов (10–11 мм), характеризуются более длинным жизненным циклом и плетением ловчей

сети

в течение всей жизни. Окраска паука может сильно варьировать, но обычно темно- или серо-бурая. Головогрудь светло-коричневая с тёмной продольной полосой. Лапки с поперечными темными и светлыми полосами. Брюшко темно-бурое с характерным дорзальным рисунком в виде ряда крестообразно расположенных белых пятен (рис. 16). Кругопряды строят сети ранним утром (Sponk, 1935). Неполовозрелые пауки располагаются в центре сети, в то время как половозрелые самки имеют убежища, расположенные в растительности и связанные с центром сигнальной нитью (Reichert & Luczak, 1982). Общие размеры сети 32,3 × 31,7 см. Характерно размещение сетей на хвойных и лиственных породах деревьев (ель, береза) на среднеосвещенных участках, лесных опушках. Сети расположены под небольшим углом — 10° (угол наклона 80°).



Рис. 16. Ловчая сеть *A. diadematus*  
(половозрелые самки)

В целом ловчие сети *A. diadematus* (рис. 17) достаточно крупные, симметричные, незначительно вытянутые вниз, с округлой, четко выраженной, большой, плотно заплетенной центральной зоной (8 витков); размеры центральной зоны  $(2,3 \pm 0,2) \times (2,5 \pm 0,9)$  см. Размеры свободной зоны сравнительно невелики  $((0,8 \pm 0,1) \times (0,8 \pm 0,1)$  см) по сравнению с общими размерами сети, имеют правильную округлую форму, асимметрия вниз незначительная (2–4 мм). Основную часть сети занимает достаточно плотная ловчая зона (11,5–11,7 см), включающая в себя большое количество радиусов (до 36) и расположенных на небольшом расстоянии друг от друга ловчих нитей (от 44 до 54 шт.) (табл. 19).

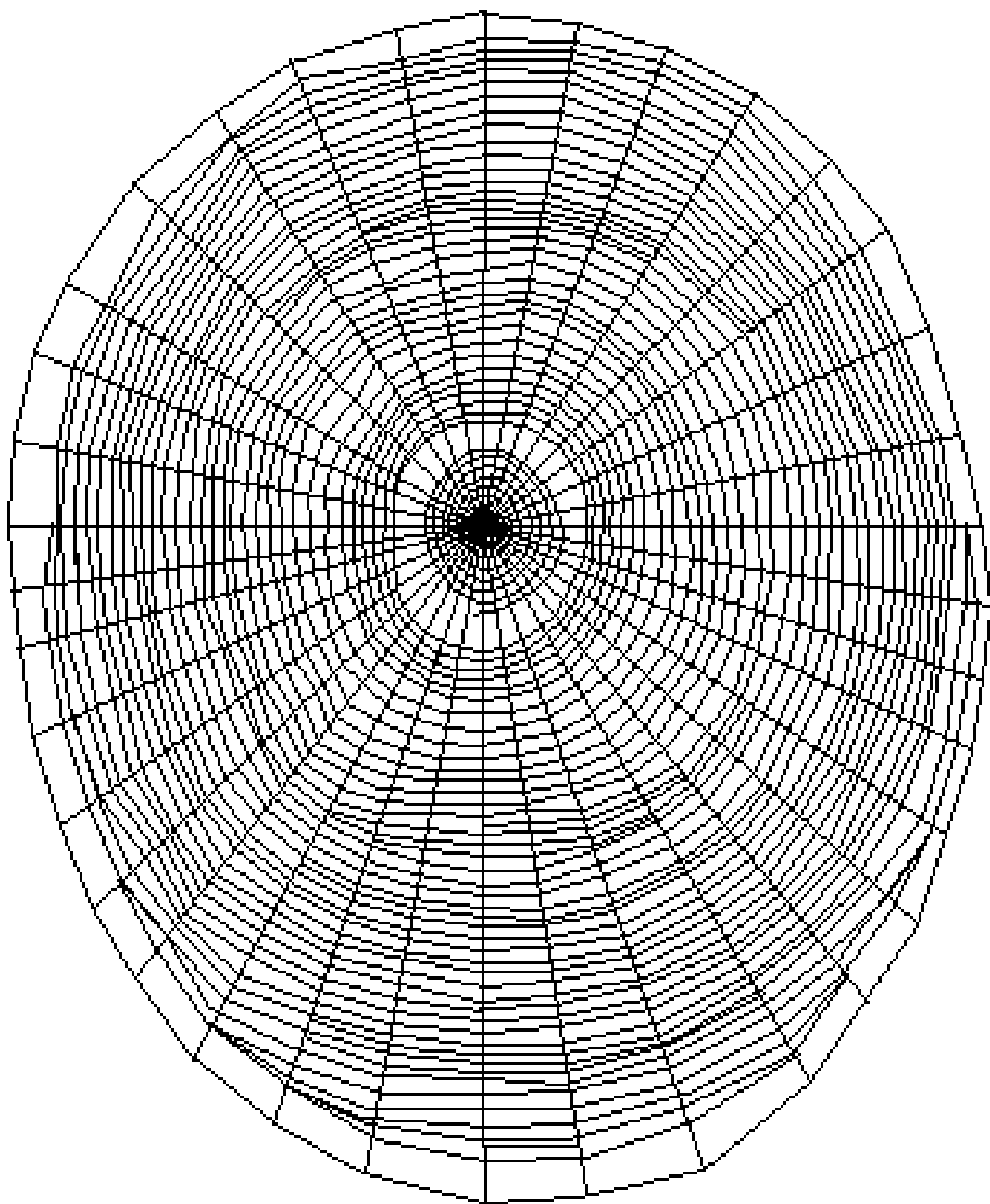


Рис. 17. Ловчая сеть *A. diadematus*

Таблица 19

Средние значения параметров ловчих сетей *A. diadematus*,  
половозрелые самки (Стрежевской район, Томская область)

Параметры структуры ловчей сети		Среднее арифметическое ( $x \pm mt$ )
Число витков в центральной зоне		8,00 ± 0,40
Размер центральной зоны	вверх	2,30 ± 0,20
	вправо	2,50 ± 0,90
	вниз	2,60 ± 0,20
	влево	1,90 ± 0,20
Размер свободной зоны	вверх	0,80 ± 0,10
	вправо	0,80 ± 0,10
	вниз	1,20 ± 0,20
	влево	1,00 ± 0,30
Число радиусов		36,00 ± 2,60
Длина радиусов	вверх	15,50 ± 1,80
	вправо	16,50 ± 1,30
	вниз	16,80 ± 1,20
	влево	15,20 ± 1,20
Размер ловчей зоны	вверх	11,50 ± 1,30
	вправо	11,70 ± 1,00
	вниз	14,90 ± 1,00



	влево	10,20 ± 1,40
Количество ловчих нитей	вверх	44,00 ± 4,70
	вправо	50,00 ± 4,50
	вниз	54,00 ± 4,20
	влево	47,00 ± 4,80
Расстояние между ловчими нитями	вверх	0,30 ± 0,03
	вправо	0,20 ± 0,02
	вниз	0,30 ± 0,03
	влево	0,20 ± 0,02
Расстояние от середины центральной зоны ловчей сети до земли		102,00 ± 6,80
Угол наклона сети по отношению к горизонтальной поверхности (...°)		110,00 ± 8,90

*Примечание.* Размеры, длины и расстояния приведены в сантиметрах.

На основании факторного анализа проведено изучение взаимосвязи отдельных компонентов ловчей сети между собой. Выявлено, что 54 % общей дисперсии сосредоточено в первых двух компонентах (табл. 20).

Таблица 20

Распределение общей дисперсии по главным компонентам ловчей сети *A. diadematus*

Факторы	Общая дисперсия (%)
1	30,747
2	24,810
3	10,454
4	5,523

Представленные в табл. 21 данные показывают, что фактор 1 объединяет основные структурообразующие компоненты ловчей сети, такие как число радиусов, количество ловчих нитей и расстояние между ловчими нитями. Фактор 2 показывает взаимосвязь размеров свободной зоны с размерами ловчей зоны, длиной радиусов и расстоянием между ловчими нитями. В третьем факторе сосредоточены длина радиусов и размеры ловчей зоны, что еще раз указывает на доминирующее значение размеров и плотности ловчей зоны в структуре сети паука.

Следовательно, в инстинктивном поведении пауков вида *A. diadematus* при плетении ловчих сетей можно выделить три основных алгоритма.

1. Взаимосвязь числа радиусов, количества ловчих нитей и расстояния между ловчими нитями.
2. Корреляция размеров свободной и ловчей зон.
3. Корреляция длины радиусов с размерами ловчей зоны.

В первом компоненте ловчей сети *A. diadematus* локализованы основные показатели ловчей сети: длина радиусов, число радиусов, количество ловчих нитей в секторе, размеры ловчей и свободной зон, за исключением показателей, связанных с асимметрией ловчей сети. Во втором компоненте сосредоточены показатели ловчей зоны и достаточно хорошо коррелирующие с ними размеры свободной зоны. В третьем компоненте располагаются связанные с асимметрией показатели центральной и ловчей зон и длины радиусов, зависящие от экологических факторов.

Таблица 21

Распределение показателей ловчих сетей *A. diadematus*  
по главным компонентам

Переменная	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3	Фактор 4	
Число витков в центральной зоне	0,444	0,311	0,339	0,381	
	вверх	0,882	0,052	0,002	0,214

Количество ловчих нитей	вправо	0,857	0,092	0,389	0,033
	вниз	0,894	0,023	0,293	0,075
	влево	0,898	0,065	0,226	0,214
Число радиусов	0,919	0,144	0,048	0,005	
Размер центральной зоны	вверх	0,589	0,359	0,371	0,268
	вправо	0,236	0,083	0,290	0,008
	вниз	0,578	0,458	0,342	0,178
	влево	0,382	0,283	0,453	0,005
Размер свободной зоны	вверх	0,358	0,684	0,152	0,032
	вправо	0,543	0,599	0,197	0,088
	вниз	0,485	0,710	0,005	0,043
	влево	0,234	0,393	0,132	0,695
Размер ловчей зоны	вверх	0,437	0,618	0,391	0,120
	вправо	0,233	0,572	0,693	0,174
	вниз	0,324	0,795	0,241	0,002
	влево	0,457	0,670	0,335	0,252
Длина радиусов	вверх	0,423	0,610	0,516	0,072
	вправо	0,235	0,466	0,674	0,315
	вниз	0,491	0,601	0,150	0,003
	влево	0,512	0,502	0,183	0,208
Расстояние между ловчими нитями	вверх	0,519	0,695	0,295	0,002
	вправо	0,681	0,567	0,285	0,117
	вниз	0,515	0,761	0,002	0,011
	влево	0,605	0,704	0,106	0,084

*Примечания.* 1. Приведены коэффициенты корреляции каждого показателя с факторами.

2. Значения коэффициента корреляции 0,4 и более соответствуют уровню значимости  $P \leq 0,05$ .

## 4.9. Структура ловчих сетей

### *Tetragnatha extensa*

Пауки вида *T. extensa* (Linnaeus, 1758) плетут структурные ловчие сети. Данный вид имеет широкий ареал распространения и относится к семейству *Tetragnathidae*, род *Tetragnatha* (Latreille, 1804). На территории Российской Федерации представлено более 16 видов данного рода, из которых около 6 видов обнаружены в Томской области (Лукьянцев, 1999).

Пауки вида *T. extensa* широко распространены, встречаются повсеместно в период с мая по сентябрь, половая зрелость наступает в июле.

Размеры тела паука колеблются в пределах 8,0–11,0 мм. Самки (до 11 мм) незначительно крупнее самцов (до 9 мм). Окраска может сильно варьировать от сливочно-желтой до зеленой. Тело удлиненное, ноги тонкие, длинные, вооружены многочисленными шипами, в покое вытянуты вдоль тела. Головогрудь светло-коричневая или желтая, стernalный щит темно-коричневый, посередине с темной продольной полосой. Брюшко длинное, зеленовато-желтое, с хорошо заметным коричневым листовидным рисунком (рис. 18, Измайлова, 1989).

*Tetragnatha extensa* обитают на травянистой и кустарниковой растительности около водоемов. Располагают сети почти горизонтально, иногда над водой на прибрежных растениях.

Убежище отсутствует, в течение дня сидят в центре ловчей сети. Восстановление сети происходит в ранние утренние часы.



Рис. 18. *Tetragnatha extensa*

Характерной особенностью ловчих сетей *T. extensa* (рис. 19) является их практически горизонтальное расположение над поверхностью земли и наличие незаплетенного участка в середине центральной зоны. Структура ловчей сети в целом сходна с сетью пауков рода *Araneus*. Их сети наиболее приспособлены для ловли летающих насекомых при минимальной затрате паутины.

Сети расположены под углом наклона  $(142,0 \pm 5,6)^\circ$ . Общие размеры сети  $20,9 \times 20,3$  см.

Сеть *T. extensa* характеризуется достаточно симметричной шарообразной структурой без резко выраженной асимметрии вниз (табл. 22), что связано со специфичным расположением сети относительно поверхности земли: сети располагаются горизонтально

и паук сидит непосредственно в центре сети в течение всего дня.

Центральная зона достаточно узкая, в ряде случаев практически отсутствует, состоит из 3–4 витков, очень близко расположенных друг от друга. Незаплетенный участок центральной зоны

достаточно большой по размерам  $((1,10 \pm 0,04) \times (0,80 \pm 0,03)$  см). Его наличие, вероятно, связано с постоянным общим натяжением, которое испытывает сеть от порывов ветра, и этот участок выполняет своеобразную роль регулятора растяжимости сети (буфера). Его можно рассматривать как диагностический признак для данного вида.

Свободная зона достаточно большая —  $(0,80 \pm 0,05) \times (1,00 \pm 0,05)$  см, четко выражена, характеризуется незначительной асимметрией вниз и влево.

Ловчая зона симметричная, ловчие нити расположены на достаточно большом расстоянии друг от друга (0,02–0,40 мм), что позволяет сети при порывах ветра не подвергаться значительным нарушениям.

Радиусы в количестве 16 шт.  $(16,0 \pm 0,5)$  имеют практически одинаковые размеры по всех направлениям, что также связано с месторасположением сетей.

В целом для ловчих сетей *T. extensa* можно отметить определенную рыхлость плетения, характерную для всех видов пауков, располагающих свои сети на открытых продуваемых пространствах и на тонких неустойчивых объектах прикрепления.

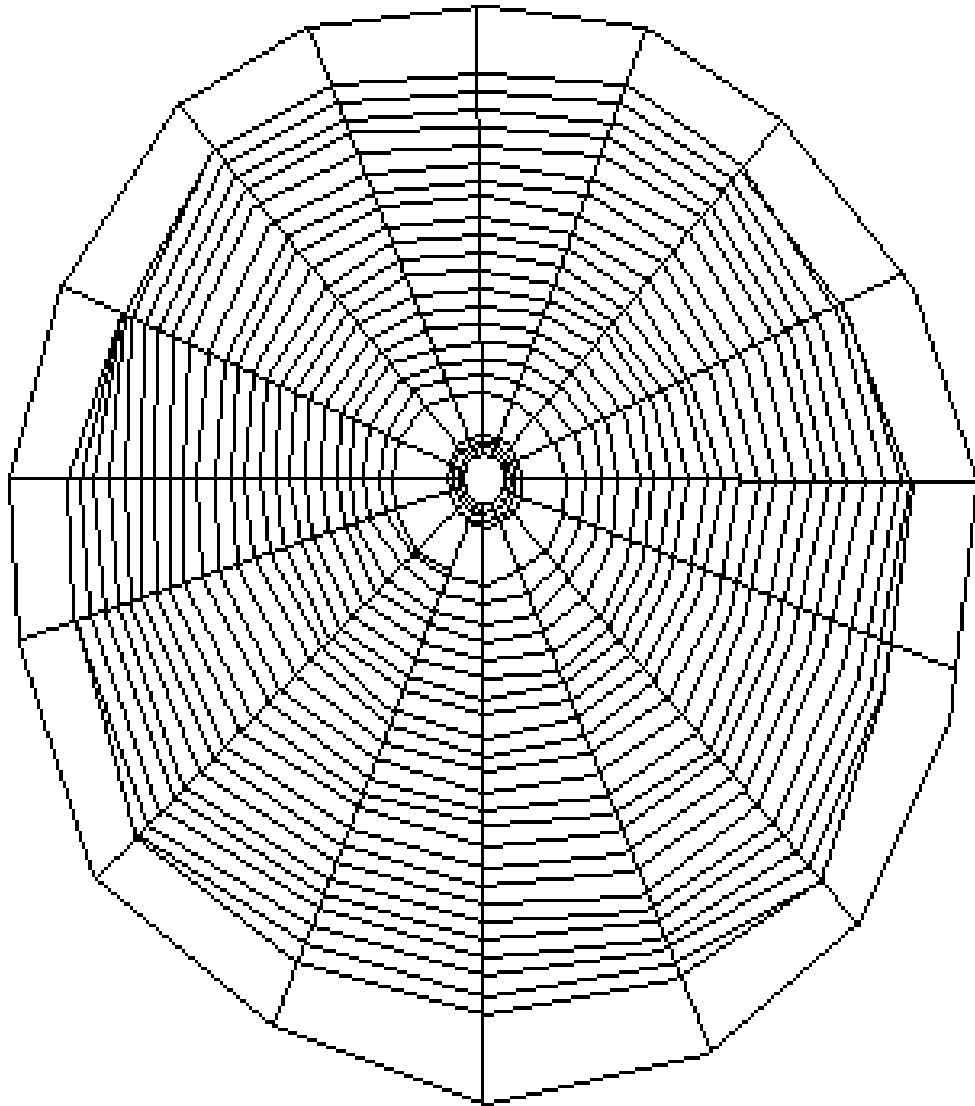


Рис. 19. Ловчая сеть *T. extensa* (половозрелые самки)

Таблица 22

Средние значения параметров ловчих сетей *T. extensa*

Параметры структуры ловчей сети		Среднее арифметическое ( $x \pm mt$ )
Размер незаплетенного участка центральной зоны	по вертикали	1,10 ± 0,04
	по горизонтали	0,80 ± 0,03
Число витков в центральной зоне		4,00 ± 0,10
Число витков в центральной зоне		4,00 ± 0,10
Размер центральной зоны	вверх	0,40 ± 0,05
	вправо	0,40 ± 0,02
	вниз	0,40 ± 0,03
	влево	0,40 ± 0,04
Размер свободной зоны	вверх	0,80 ± 0,05
	вправо	1,00 ± 0,05
	вниз	1,20 ± 0,06
	влево	1,20 ± 0,07
Число радиусов		16,00 ± 0,50
Длина радиусов	вверх	9,20 ± 0,50
	вправо	10,30 ± 0,50
	вниз	11,70 ± 0,50
	влево	10,00 ± 0,60

Размер ловчей зоны	вверх	$6,60 \pm 0,40$
	вправо	$7,70 \pm 0,50$
	вниз	$8,60 \pm 0,40$
	влево	$7,50 \pm 0,50$
Количество ловчих нитей	вверх	$19,00 \pm 0,70$
	вправо	$20,00 \pm 0,80$
	вниз	$24,00 \pm 0,90$
	влево	$23,00 \pm 1,00$
Расстояние между ловчими нитями	вверх	$0,30 \pm 0,02$
	вправо	$0,40 \pm 0,01$
	вниз	$0,40 \pm 0,03$
	влево	$0,30 \pm 0,02$
Расстояние от середины центральной зоны ловчей сети до земли		$130,00 \pm 6,50$
Угол наклона сети по отношению к горизонтальной поверхности (...°)		$142,00 \pm 5,60$

*Примечание.* Размеры, длины и расстояния приведены в сантиметрах.

На основании факторного анализа проведено изучение взаимосвязи отдельных компонентов ловчей сети между собой. Выявлено, что 77 % общей дисперсии сосредоточено в первых четырех компонентах, а 27 % являются случайными факторами (табл. 23). Характерна доминирующая роль первого компонента, включающего 46 % общей дисперсии.

Таблица 23

Распределение общей дисперсии по главным компонентам ловчей сети *T. extensa*



Компоненты	Общая дисперсия (%)
1	46,142
2	15,361
3	9,675
4	6,436

Представленные в табл. 24 данные показывают, что фактор 1 объединяет основные структурообразующие компоненты ловчей сети, такие как число витков в центральной зоне, число радиусов, количество ловчих нитей, длина радиусов и размер ловчей зоны. Данная зависимость указывает на жесткую структурированность сети.

Второй фактор описывает взаимосвязь количества ловчих нитей с расстоянием между ловчими нитями. В третьем факторе сосредоточены размеры центральной зоны.

Таблица 24

Распределение показателей ловчих сетей *T. extensa*  
по главным компонентам

Переменная	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3	Фактор 4	
Число витков в центральной зоне	0,761	0,096	0,375	0,255	
Количество ловчих нитей	вверх	0,643	0,312	0,144	0,208
	вправо	0,810	0,315	0,197	0,044
	вниз	0,455	0,533	0,429	0,327
	влево	0,411	0,634	0,376	0,018
Число радиусов	0,646	0,511	0,225	0,063	
Размер центральной зоны	вверх	0,643	0,220	0,625	0,062
	вправо	0,723	0,411	0,329	0,053
	вниз	0,599	0,315	0,678	0,117
	влево	0,712	0,192	0,579	0,026

Окончание табл. 24

Переменная	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3	Фактор 4	
Размер свободной зоны	вверх	0,655	0,019	0,182	0,407
	вправо	0,456	0,488	0,558	0,078
	вниз	0,543	0,501	0,250	0,069

	влево	0,351	0,318	0,269	0,470
Размер ловчей зоны	вверх	0,895	0,257	0,128	0,085
	вправо	0,850	0,333	0,030	0,192
	вниз	0,946	0,015	0,064	0,015
	влево	0,803	0,100	0,306	0,048
Длина радиусов	вверх	0,923	0,265	0,029	0,005
	вправо	0,843	0,282	0,018	0,157
	вниз	0,913	0,071	0,067	0,089
	влево	0,872	0,063	0,070	0,119
Расстояние между ловчими нитями	вверх	0,502	0,717	0,089	0,052
	вправо	0,306	0,812	0,083	0,320
	вниз	0,768	0,449	0,170	0,154
	влево	0,588	0,676	0,207	0,060

*Примечания.* 1. Приведены коэффициенты корреляции каждого показателя с факторами.

2. Значения коэффициента корреляции 0,4 и более соответствуют уровню значимости  $P \leq 0,05$ .

Структурированность ловчей сети в первом компоненте максимальна — 46 % общей дисперсии, и фактически все показатели зависят от длины радиусов. Во втором компоненте подчеркивается зависимость между количеством ловчих нитей в секторе и расстоянием между ловчими нитями, обусловленными размерами попадающихся насекомых. В третий компонент входят показатели, зависящие от условий среды: размеры центральной зоны и нижние показатели ловчих нитей в секторе.

## 5. Анализ и обсуждение результатов

## 5.1. Стратегия построения ловчих сетей пауков-кругопрядов

Использование факторного дисперсионного анализа структурированных ловчих сетей пауков-кругопрядов позволило выделить четыре основных статистически репрезентативных компонента, присутствующих в структуре ловчей сети каждого вида, и обобщить выделенные зависимости в качестве наиболее вероятной поведенческой стратегии построения ловчей сети.

Так, анализ статистических данных первого компонента всех исследуемых видов позволяет считать, что длина радиусов ловчей сети является главным фактором, определяющим эффективность всего сооружения. Именно длина радиусов определяет размер ловчей зоны, количество ловчих нитей, необходимых для создания устойчивости, число радиусов и расстояние между ловчими нитями.

В то же время расстояние между ловчими нитями у *C. conica*, *S. hamata* и *A. quadratus* не коррелирует с размерами ловчей зоны, вариабельно и существенно зависит от вариации размеров летающих насекомых.

Анализ второго компонента позволяет выделить доминирующую роль размеров свободной зоны пауков-кругопрядов, оказывающих статистически значимое влияние на расстояние между ловчими нитями и число радиусов.

Необходимо отметить, что число радиусов независимо варьирует у *C. conica*, *S. hamata*, *A. diadematus* и *A. quadratus*.

Следовательно, размер свободной зоны, коррелирующий с расстоянием между ловчими нитями, определяется и оптимизируется

в зависимости от наиболее вероятных размеров летающих насекомых — охотничьей добычи пауков.

В третьем компоненте выявлена зависимость между размерами центральной зоны, которые прямо пропорциональны размерам паука, и уловистостью тенет, т.е. количество ловчих нитей и размеры ловчей зоны изменяются в зависимости от экологических условий.

В четвертом компоненте обнаружен относительно независимый, характерный для каждого вида показатель — число витков

в центральной зоне, который в зависимости от вида паукообразных коррелирует с размерами свободной или ловчей зоны.

Таким образом, на основании анализа полученных результатов в структуре ловчей сети 9 видов пауков-кругопрядов можно выделить 4 основные составляющие поведенческой стратегии.

Первый тип — инстинктивно-детерминируемый, формируется, как показали наши исследования (Карташев, 1999), на 3–4-й личиночной стадии и определяет длину, количество радиусов и размеры ловчей сети.

Второй тип — кормовой, изменяется в зависимости от размеров попадающих в сеть насекомых, варьирует число ловчих нитей в секторе, расстояние между ловчими нитями и число радиусов.

Третий тип — биотопический, обусловлен влиянием окружающей среды, местообитанием, климатическими и антропогенными воздействиями, определяет размеры свободной и центральной зон, расстояние между ловчими нитями и асимметрию сети.

Для четвертого типа характерен один из видоспецифических признаков — число витков в центральной зоне, которое в зависимости от вида пауков коррелирует с незначительным числом показателей ловчей сети.

Дисперсионный анализ взаимозависимых показателей, проведенный для каждого исследованного вида паукообразных, позволил оценить структурированность ловчих сетей:

- ✓ *S. hamata* — 54 %;
- ✓ *C. conica* — 60 %;
- ✓ *A. quadrates* — 62 %;
- ✓ *L. cornutus* — 70 %;
- ✓ *A. diadematus* — 72 %;
- ✓ *A. marmoreus* — 73 %;
- ✓ *L. patagiatus* — 77 %;
- ✓ *T. extensa* — 77 %;
- ✓ *A. nordmanni* — 91 %.

Эволюция поведения животных происходит в направлении усложненности и генетической детерминации на уровне инстинктов. В контексте данных представлений увеличение степени структурированности ловчих сетей пауков рассматривается как усложнение поведения паукообразных и эволюционный этап в направлении от слабоструктурированных сетей (*S. hamata*) к высокоструктурированным сетям (*A. nordmanni*). В связи с тем что

эволюция морфотипов пауков не обнаруживает определенной направленности, анализ степени усложненности поведения можно рассматривать в качестве методической основы эволюционного анализа паукообразных.

## 5.2. Влияние антропогенных факторов на структуру ловчих сетей *Larinioides patagiatus*

Пауки вида *Larinioides patagiatus* (Clerck, 1758), являясь типичными кругопрядами, плетут структурные ловчие сети. Ловчая сеть *L. patagiatus* имеет характерную структуру, типичную для данного вида пауков (рис. 20). Род *Larinioides* (Caporiacco, 1934), включающий вид *L. patagiatus*, на территории Российской Федерации представлен 6 видами, занимающими преимущественно кустарниковый и древесный ярусы. Размеры тела паука колеблются в пределах

9,6–11,0 мм. Общие размеры сети 31,7 × 27,6 см.

Для центральной зоны ловчих сетей пауков вида *L. patagiatus* характерны небольшие размеры (0,9–1,1 см) и количество витков, равное 5.

Размеры свободной зоны варьируют в пределах 1,0–1,8 см. Ловчая зона, состоящая из клейких ловчих нитей и радиально расположенных радиусов, незначительно вытянута вниз. Расстояние между ловчими нитями 0,3–0,4 см, число радиусов равно 23 и количество ловчих нитей равно 30–33. В целом ловчая зона пауков вида *L. patagiatus* достаточно большая (10,8–14,0 см), что связано с длинными радиальными нитями (13,5–17,2 см).

Ответной реакцией пауков на воздействие внешних факторов является изменение при строительстве ловчих сетей. Автотранспорт — наиболее распространенный вид антропогенного воздействия. Пауки активно используют бордюры автодорожных мостов в качестве опоры для плетения своих ловчих сетей, поэтому форма и структура последних может применяться для оценки степени влияния выхлопных газов, вибрации и шума автомобилей на сложные формы инстинктивного поведения пауков. Для оценки влияния автотранспорта на пауков-кругопрядов мы выбрали 2 участка: контрольный (недействующий мостовой переход) и опытный (действующий мостовой переход), на которых описывались ловчие сети пауков.

Анализ ловчих сетей *L. patagiatus* в опыте и контроле (табл. 25) позволил заметить, что по всем показателям размеры ловчих сетей

*L. patagiatus* в контроле превышают аналогичные показатели на опытном участке (Карташева, 1999, 2002, 2004).

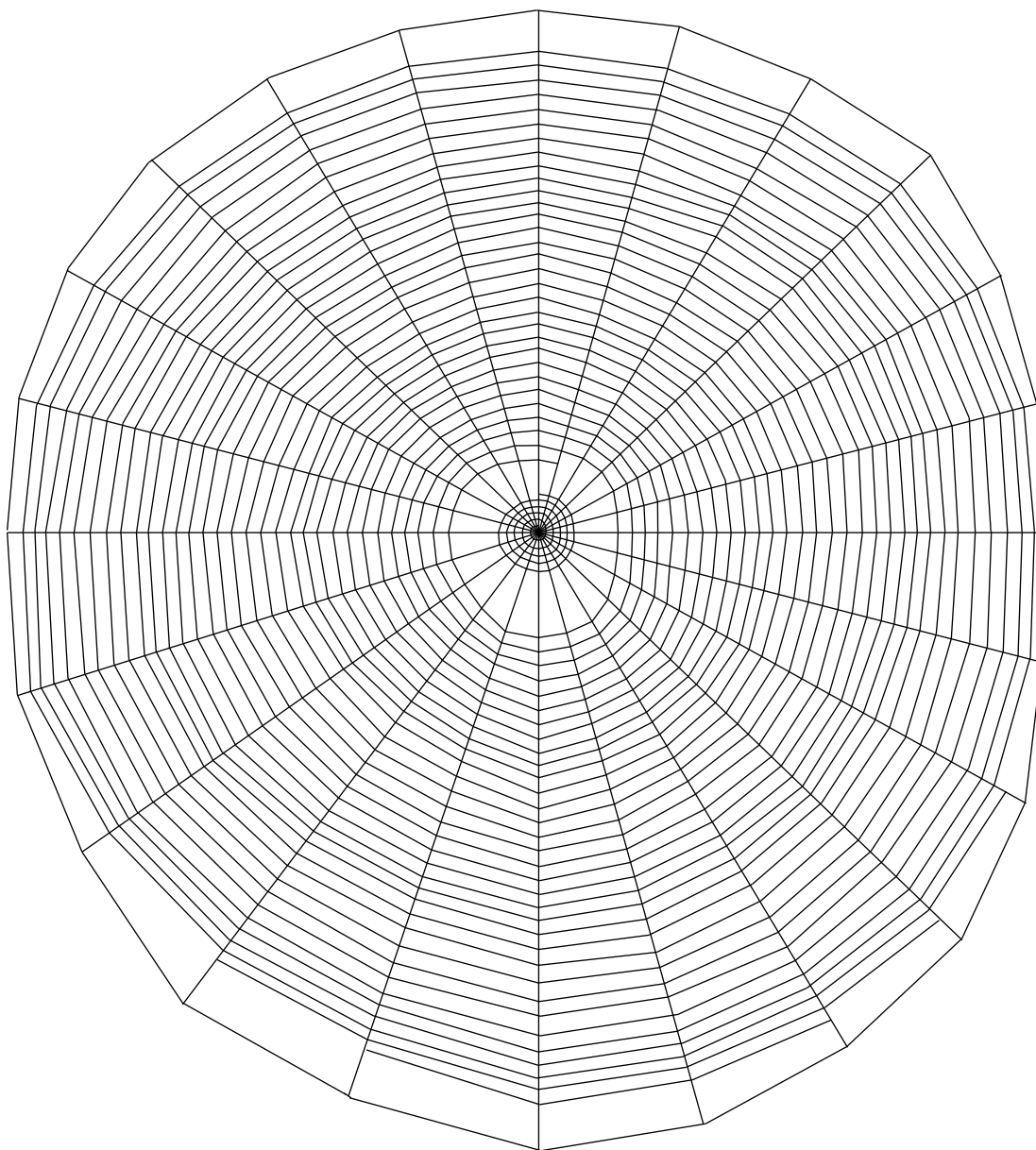


Рис. 20. Ловчая сеть *L. patagiatus*, контрольный участок



Для опытного и контрольного участков характерно разное число витков в центральной зоне (4 и 5 соответственно), что указывает на существенное воздействие автотранспорта на алгоритм инстинктивного поведения пауков (число витков является видовым признаком структуры ловчих сетей). Ловчие сети *L. patagiatus*, находящиеся на контрольном участке, отличаются большими размерами ловчей и свободной зон, длиной и числом радиусов, количеством ловчих нитей, размерами центральной зоны (см. рис. 20). Ловчие сети на опытном участке меньше по размерам в среднем на 2–3 см, более компактные (рис. 21). Ловчая сеть находится ближе к твердой поверхности. Расстояния между ловчими нитями на опытном и контрольном участках одинаковые, в среднем равны 0,3–0,4 см. Анализ основных показателей структуры ловчих сетей, таких как длина радиусов, размеры ловчей зоны, размеры свободной зоны, показал, что сети и на опытном, и на контрольном участках вытянуты вниз. Коэффициент асимметрии для ловчих сетей *L. patagiatus*, расположенных на контрольном участке, равен 86 %, для ловчих сетей на опытном участке — 60 %.

Таблица 25

Средние значения показателей ловчих сетей *L. patagiatus* на контрольном и опытном участках

Показатели структуры ловчей сети	Среднее арифметическое ( $x \pm mt$ )		
	контроль	опыт	
Число витков в центральной зоне	5,00 ± 0,30	4,00 ± 0,17	
Размер центральной зоны	вверх	0,90 ± 0,20	0,70 ± 0,07
	вправо	0,90 ± 0,10	0,80 ± 0,08
	вниз	1,10 ± 0,30	0,90 ± 0,09
	влево	1,10 ± 0,20	0,80 ± 0,09
Размер свободной зоны	вверх	1,00 ± 0,10	0,70 ± 0,07
	вправо	1,20 ± 0,20	0,80 ± 0,08

		вниз	$1,80 \pm 0,30$	$0,90 \pm 0,09$
		влево	$1,30 \pm 0,30$	$0,80 \pm 0,09$
Число радиусов	$23,00 \pm 2,00$		$19,00 \pm 1,00$	
Длина радиусов		вверх	$14,50 \pm 2,10$	$8,60 \pm 0,70$
		вправо	$13,50 \pm 1,50$	$10,80 \pm 1,00$
		вниз	$17,20 \pm 2,00$	$13,90 \pm 0,80$
		влево	$14,10 \pm 1,60$	$11,00 \pm 1,10$

Окончание табл. 25

Показатели структуры ловчей сети	Среднее арифметическое ( $x \pm mt$ )		
		контроль	опыт
Размер ловчей зоны	вверх	$12,00 \pm 2,20$	$6,30 \pm 0,50$
	вправо	$10,80 \pm 1,40$	$8,60 \pm 1,00$
	вниз	$14,00 \pm 1,80$	$10,50 \pm 0,90$
	влево	$11,20 \pm 1,40$	$8,60 \pm 0,90$
Число ловчих нитей	вверх	$31,00 \pm 3,50$	$19,00 \pm 1,50$
	вправо	$30,00 \pm 2,90$	$23,00 \pm 1,90$
	вниз	$33,00 \pm 3,30$	$26,00 \pm 1,90$
	влево	$31,00 \pm 3,00$	$22,00 \pm 2,00$
Расстояние между ловчими нитьями	вверх	$0,40 \pm 0,04$	$0,30 \pm 0,02$
	вправо	$0,30 \pm 0,03$	$0,40 \pm 0,02$
	вниз	$0,30 \pm 0,03$	$0,40 \pm 0,02$
	влево	$0,30 \pm 0,04$	$0,30 \pm 0,02$
Расстояние от середины центральной зоны ловчей сети до земли		$117,00 \pm 12,20$	$90,00 \pm 2,80$
Угол наклона сети по отношению к горизонтальной поверхности (...°)		$90,00 \pm 1,10$	$91,00 \pm 2,00$

*Примечание.* Размеры, длины и расстояния приведены в сантиметрах.

Пауки, являясь хищниками, способны концентрировать в своем теле токсические вещества, которые изменяют их поведение, что отражается на структуре ловчих сетей пауков. Эти изменения фиксируются по характеру и количеству аномалий. Так, в ловчих сетях *L. patagiatus* на опытном участке отмечено 5 типов аномалий: сближение радиусов, расщепление радиусов, «ножницы» (перекрест радиусов), искривление радиусов, наличие лишней ловчей нити в секторе (табл. 26), которые не встречаются в контроле, за исключением аномалии типа «расщепление радиусов». Наиболее частыми отклонениями в опыте являются наличие лишней ловчей нити в секторе и сближение радиусов. Последнее, как правило, нарушает общую структуру ловчей сети.

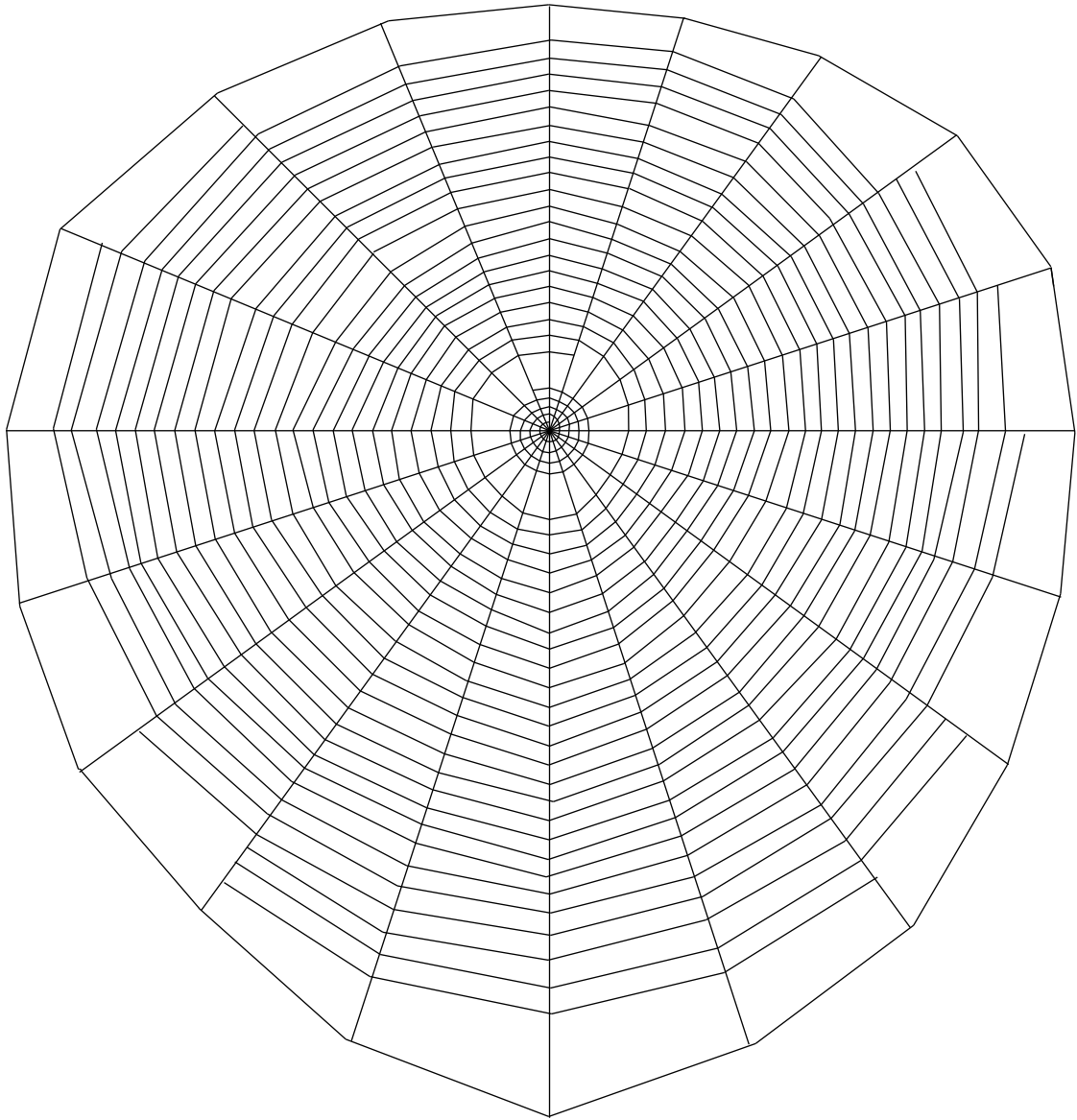


Рис. 21. Ловчая сеть *L. patagiatus*, опытный участок

Таблица 26

Аномалии в сетях половозрелых самок *L. patagiatus*  
на контрольном и опытном участках

Показатели структуры ловчей сети	Опыт	Контроль
	$x \pm mt$	$x \pm mt$
Сближение радиусов	$3,6 \pm 0,5$	0
Расщепление радиусов	$2,4 \pm 0,4$	$1,3 \pm 9,5$
«Ножницы»	$3,0 \pm 0,4$	0
Искривление радиусов	$2,5 \pm 0,4$	0
Лишняя нить в секторе	$4,3 \pm 1,2$	0

Статистический факторный анализ с использованием метода главных компонентов позволил выделить 4 основных независимых фактора, определяющих структуру ловчей сети в контроле и в опыте, суммирующих в контроле 77 % общей дисперсии, а в опыте 72 % общей дисперсии, что указывает на меньшую структурированность ловчей сети в опыте (табл. 27).

Таблица 27

Распределение общей дисперсии по главным компонентам  
ловчих сетей *L. patagiatus* на опытном и контрольном участках

Компоненты	Общая дисперсия (%)	
	Контрольный участок	Опытный участок
1	36,789	22,092
2	22,349	14,534
3	11,566	13,237
4	6,628	8,849

Сравнительный анализ пространственного распределения компонентов на контрольном и опытном участках показал их достоверные отличия (табл. 28, 29). Интерпретируя выделенные компоненты контрольных сетей *L. patagiatus*, следует отметить, что в первом компоненте, куда входит структура ловчей сети, сосредоточено 37 % общей дисперсии (см. табл. 28). Первый фактор объединяет показатели ловчей зоны (длину радиусов, размеры ловчей зоны), что указывает на доминирующее место ловчей зоны в структуре паутины. Второй фактор описывает взаимосвязь структуры центральной зоны и числа витков в центральной зоне, являющегося диагностическим признаком вида. Фактор 3

объединяет показатели размеров центральной, свободной зон и числа радиусов. Четвертый фактор описывает взаимосвязь между числом витков в центральной зоне и расстоянием между ловчими нитями, определяющими степень рыхлости ловчей сети.

Таблица 28

Структура распределения главных компонентов  
в ловчих сетях *L. patagiatus* на контрольном участке

Переменная	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3	Фактор 4
Число витков в центральной зоне	0,132	0,588	0,069	0,405
Размер центральной зоны (вверх)	0,210	0,795	0,481	0,038
Размер центральной зоны (вправо)	0,180	0,709	0,479	0,169
Размер центральной зоны (вниз)	0,119	0,783	0,564	0,118
Размер центральной зоны (влево)	0,002	0,787	0,568	0,008
Размер свободной зоны (вверх)	0,119	0,422	0,307	0,269
Размер свободной зоны (вправо)	0,436	0,547	0,319	0,366
Размер свободной зоны (вниз)	0,645	0,129	0,449	0,282
Размер свободной зоны (влево)	0,372	0,634	0,449	0,345
Число радиусов	0,196	0,521	0,402	0,378
Длина радиусов (вверх)	0,789	0,324	0,267	0,095
Длина радиусов (вправо)	0,810	0,079	0,078	0,279
Длина радиусов (вниз)	0,854	0,009	0,215	0,390
Длина радиусов (влево)	0,892	0,094	0,195	0,126
Размер ловчей зоны (вверх)	0,769	0,409	0,273	0,149
Размер ловчей зоны (вправо)	0,809	0,021	0,126	0,319
Размер ловчей зоны (вниз)	0,887	0,122	0,224	0,233
Размер ловчей зоны (влево)	0,881	0,187	0,032	0,094
Число ловчих нитей (вверх)	0,527	0,628	0,480	0,038
Число ловчих нитей (вправо)	0,425	0,489	0,591	0,136
Число ловчих нитей (вниз)	0,426	0,647	0,266	0,359
Число ловчих нитей (влево)	0,493	0,592	0,469	0,181
Расстояние между ловчими нитями (вверх)	0,764	0,153	0,046	0,244

Окончание табл. 28

Переменная	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3	Фактор 4
Расстояние между ловчими нитями (вправо)	0,751	0,179	0,166	0,431
Расстояние между ловчими нитями (вниз)	0,760	0,455	0,113	0,040
Расстояние между ловчими нитями (влево)	0,507	0,384	0,059	0,395
Расстояние от середины центральной зоны ловчей сети до земли	0,743	0,047	0,189	0,083

Анализ независимых компонентов на опытном участке выявил снижение дисперсии в первом факторе, объединяющем показатели центральной зоны. В опытных сетях наблюдается изменение структуры первого компонента, доминирующей становится взаимосвязь между размерами центральной зоны, что в контроле было характерно для фактора 2. Данные изменения ловчих сетей *L. patagiatus* в опыте указывают на существенную перестройку в алгоритме поведения паука. Во втором компоненте также происходит изменение структуры ловчей сети: наблюдается коррелятивная взаимосвязь расстояния между ловчими нитями со свободной зоной. Аналогичная ситуация наблюдается в третьем факторе, где взаимосвязанными остаются только размеры ловчей зоны и расстояния между ловчими нитями. В четвертом компоненте доминирующими становятся витки в центральной зоне, взаимосвязанные с размерами центральной зоны и расстоянием между ловчими нитями.

Таблица 29

Структура распределения главных компонентов в ловчих сетях  
*L. patagiatus* на опытном участке

Переменная	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3	Фактор 4
Число витков в центральной зоне	0,396	0,006	0,179	0,599
Размер центральной зоны (вверх)	0,713	0,062	0,051	0,344
Размер центральной зоны (вправо)	0,389	0,354	0,129	0,058
Размер центральной зоны (вниз)	0,736	0,097	0,170	0,381

Окончание табл. 29

Переменная	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3	Фактор 4
Размер центральной зоны (влево)	0,692	0,020	0,112	0,465
Размер свободной зоны (вверх)	0,539	0,089	0,292	0,482
Размер свободной зоны (вправо)	0,412	0,195	0,317	0,077
Размер свободной зоны (вниз)	0,178	0,577	0,114	0,359
Размер свободной зоны (влево)	0,269	0,417	0,260	0,683
Число радиусов	0,384	0,395	0,126	0,162
Длина радиусов (вверх)	0,520	0,297	0,602	0,081
Длина радиусов (вправо)	0,419	0,162	0,698	0,035
Длина радиусов (вниз)	0,489	0,401	0,305	0,301
Длина радиусов (влево)	0,521	0,482	0,215	0,216
Размер ловчей зоны (вверх)	0,525	0,306	0,589	0,001
Размер ловчей зоны (вправо)	0,397	0,062	0,730	0,042
Размер ловчей зоны (вниз)	0,363	0,421	0,414	0,057
Размер ловчей зоны (влево)	0,552	0,351	0,394	0,134
Число ловчих нитей (вверх)	0,471	0,553	0,322	0,222
Число ловчих нитей (вправо)	0,564	0,225	0,644	0,059
Число ловчих нитей (вниз)	0,623	0,213	0,371	0,224
Число ловчих нитей (влево)	0,792	0,182	0,197	0,103
Расстояние между ловчими нитями (вверх)	0,006	0,758	0,272	0,297
Расстояние между ловчими нитями (вправо)	0,046	0,635	0,085	0,409
Расстояние между ловчими нитями (вниз)	0,064	0,667	0,075	0,307
Расстояние между ловчими нитями (влево)	0,135	0,527	0,363	0,209
Расстояние от середины центральной зоны ловчей сети до земли	0,089	0,187	0,299	0,112

Таким образом, в опытной серии, наряду с уменьшением дисперсии в первых двух компонентах, наблюдается незначительное увеличение дисперсии по сравнению с контролем в последующих двух компонентах. Кроме того, в каждом из компонентов ловчих сетей опытного участка отмечаются структурные перестройки: частичная потеря первоначальной широкой коррелятивной взаимосвязи и перераспределение взаимосвязи в локальные участки



сети. Следовательно, можно говорить об изменении инстинктивного алгоритма поведения пауков при строительстве ловчих сетей вблизи автомобильных дорог.

### 5.3. Биотопическая изменчивость структуры ловчих сетей на примере двух видов

Сети пауков вида *A. marmoreus* как типичных представителей рода *Araneus* характеризуются четкой колесовидной структурой, сравнительно большими размерами, наличием убежища. Пауки данного вида распространены повсеместно и предпочитают кустарниково-древесный ярус. Размеры тела паука составляют в длину

10–15 мм. Сети пауков *A. marmoreus*, как правило, крупные, незначительно вытянуты вниз, на что указывает длина сети, равная 35,3 см, что немногим больше ширины, составляющей 30,6 см.

Средние значения показателей структуры ловчих сетей пауков, обитающих в разных биотопах и изученных в течение 2002 и 2003 гг. (Карташева, 2003), приведены в табл. 30 и 31.

Анализ средних значений показателей ловчих сетей *A. marmoreus* березового биотопа (рис. 22, табл. 30) показывает, что число витков, число радиусов, расстояние между ловчими нитями и угол наклона ловчей сети являются мало изменяющимися параметрами.

Для ловчих сетей *A. marmoreus* в березовом биотопе характерно число витков в центральной зоне, равное 8, число радиусов, равное 26, расстояние между ловчими нитями, равное 0,3 мм, сеть висит почти вертикально, угол наклона равен  $87^\circ$ .

В то же время в 2003 г. по сравнению с 2002 г. наблюдали незначительное увеличение размеров центральной и свободной зон и уменьшение длины радиусов, размеров ловчей зоны и количества ловчих нитей. Отмеченная вариабельность ловчих сетей, вероятно, связана с климатическими изменениями. Лето 2002 г. было более прохладное и дождливое, чем лето 2003 г., пищевых ресурсов оказалось меньше, что и отразилось в увеличении ловчего сектора сети и уменьшении центральной и свободной зон, не играющих ведущую роль в поимке добычи.

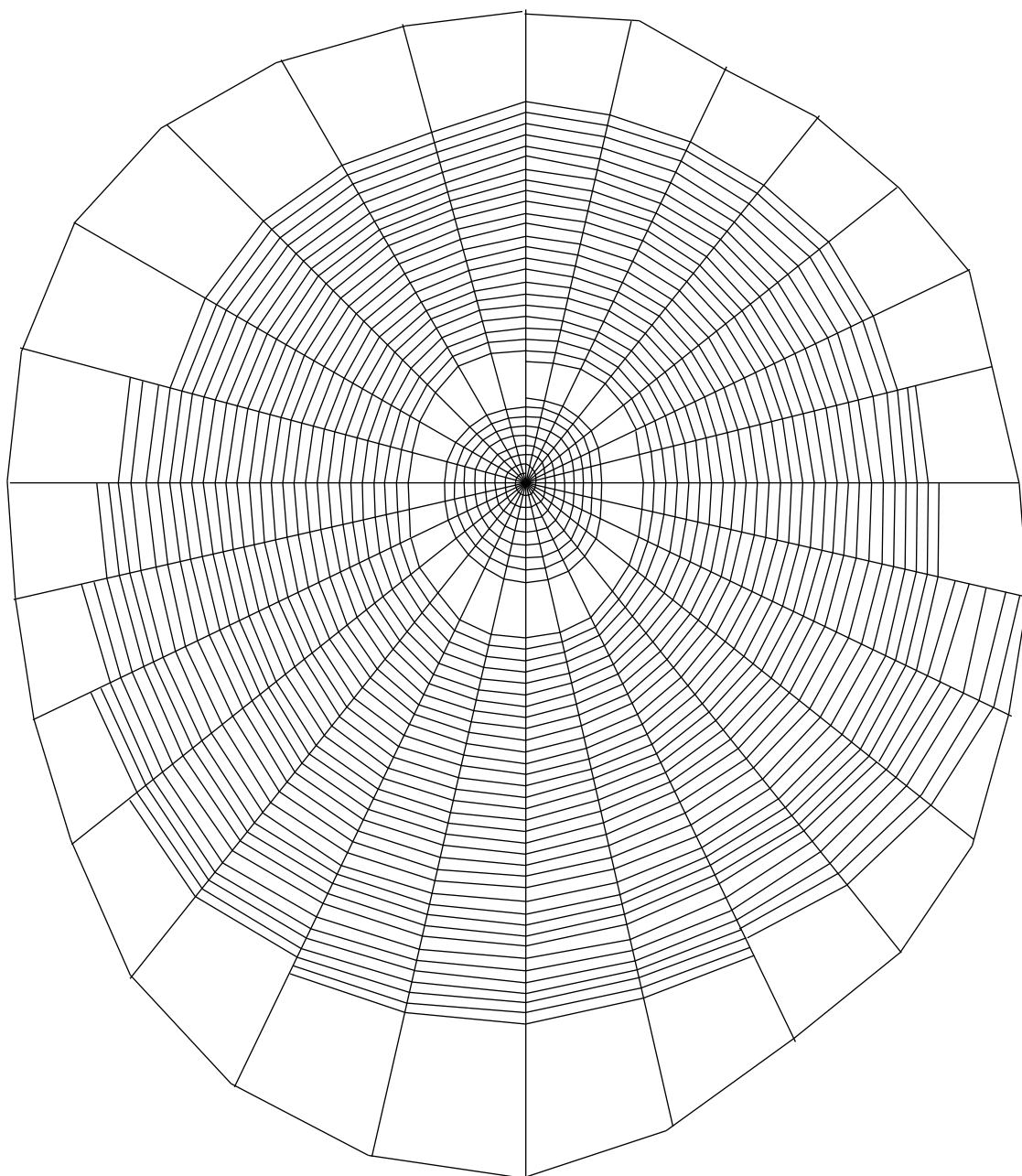


Рис. 22. Ловчая сеть *A. tartoreus* (березовый биотоп)

Средние значения показателей ловчих сетей *A. marmoreus*  
в березовом биотопе

Показатели структуры ловчей сети	Среднее арифметическое ( $x \pm mt$ )		
		2002 г.	2003 г.
Число витков в центральной зоне		7,00 ± 0,30	7,00 ± 0,30
Размер центральной зоны	вверх	2,00 ± 0,30	2,20 ± 0,20
	вправо	1,70 ± 0,20	2,00 ± 0,20
	вниз	2,80 ± 0,30	2,70 ± 0,20
	влево	1,80 ± 0,20	2,10 ± 0,20
Размер свободной зоны	вверх	0,80 ± 0,10	0,90 ± 0,10
	вправо	0,90 ± 0,10	1,30 ± 0,70
	вниз	1,50 ± 0,30	1,50 ± 0,30
	влево	0,90 ± 0,10	0,90 ± 0,10
Число радиусов		26,00 ± 0,10	26,00 ± 1,30
Длина радиусов	вверх	15,30 ± 1,70	15,20 ± 1,70
	вправо	14,70 ± 1,10	15,20 ± 1,70
	вниз	20,60 ± 1,40	20,10 ± 2,00
	влево	15,30 ± 1,30	15,40 ± 1,70
Размер ловчей зоны	вверх	11,50 ± 1,50	10,40 ± 1,50
	вправо	10,20 ± 1,00	9,40 ± 1,10
	вниз	15,20 ± 1,40	14,30 ± 2,00
	влево	10,20 ± 1,30	10,00 ± 1,60
Число ловчих нитей	вверх	28,00 ± 3,70	28,00 ± 3,00
	вправо	31,00 ± 3,80	30,00 ± 8,30
	вниз	39,00 ± 4,00	40,00 ± 3,70
	влево	32,00 ± 4,20	33,00 ± 4,00
Расстояние между ловчими нитями	вверх	0,30 ± 0,03	0,30 ± 0,03
	вправо	0,30 ± 0,03	0,30 ± 0,03
	вниз	0,30 ± 0,04	0,30 ± 0,03
	влево	0,30 ± 0,03	0,30 ± 0,03
Расстояние от середины центральной зоны ловчей сети до земли		125,00 ± 10,60	123,00 ± 12,00
Угол наклона сети по отношению к горизонтальной поверхности (...°)		87,00 ± 5,20	87,00 ± 5,70

*Примечание.* Размеры, длины и расстояния приведены в сантиметрах.

В сосново-осиновом биотопе за 2002–2003 гг. наблюдается, так же, как и в березовом, постоянное число витков, число радиусов, расстояние между ловчими нитями и угол наклона (рис. 23, табл. 31). Размеры центральной и свободной зон, число ловчих нитей незначительно увеличились в 2003 г. по сравнению с 2002 г. Длина радиусов и размеры ловчей зоны в 2003 г. уменьшились.

Таким образом, анализ средних значений показателей ловчих сетей *A. marmoreus* березового и сосново-осинового биотопов выявил ряд общих зависимостей. Для ловчих сетей *A. marmoreus* характерно постоянное число витков в центральной зоне, равное 8, что является видовым диагностическим признаком, число радиусов, варьирующее незначительно (26–27) и увеличивающееся при уменьшении освещенности, и расстояние между ловчими нитями, равное 0,3 мм, вероятно, связанное с пищевыми предпочтениями пауков данного вида. Размеры центральной зоны в березовом биотопе больше на 1–2 мм, чем в сосново-осиновом. Размеры свободной зоны отличаются недостоверно ( $P \leq 0,95$ ), показатели колеблются в пределах 0,9–1,5 см. Длина и количество радиусов, размеры ловчей зоны, число ловчих нитей также больше в березовом биоценозе. Различия в высоте расположения ловчих сетей над землей недостоверны, средняя высота 120–125 см. Ловчие сети *A. marmoreus* в сосново-осиновом биотопе расположены более вертикально (угол наклона  $89^\circ$ ), чем в березовом (угол наклона  $87^\circ$ ).

В сосново-осиновом биотопе ловчие сети более сильно вытянуты вниз — коэффициент асимметрии 80 %, чем в березовом, где коэффициент асимметрии составляет 76 %. У ловчих сетей в березовом биотопе паутинное полотно больше по размерам за счет увеличения длины и числа радиусов, числа ловчих нитей, что предположительно связано с меньшим количеством пищевых ресурсов в березовом биотопе по сравнению с сосново-осиновым и более разреженным пространством.

Статистический факторный анализ с использованием метода главных компонент позволил выделить четыре основных независимых фактора, определяющих структуру ловчих сетей в березовом и сосново-осиновом биотопах (табл. 32).

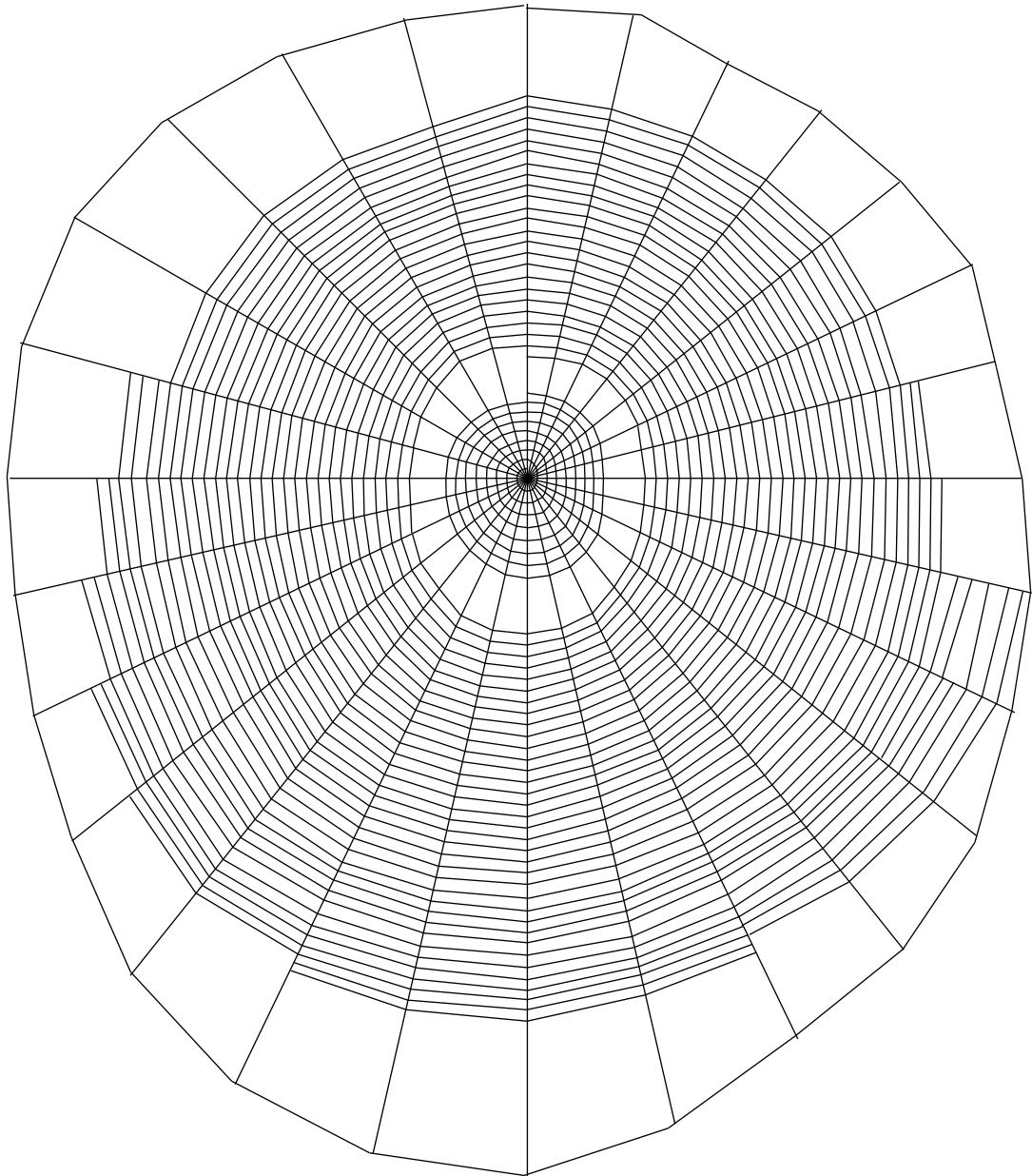


Рис. 23. Ловчая сеть *A. marmoreus* (сосново-осиновый биотоп)

Средние значения показателей ловчих сетей *A. marmoreus*  
в сосново-осиновом биотопе

Показатели структуры ловчей сети	Среднее арифметическое ( $x \pm mt$ )		
		2002 г.	2003 г.
Число витков в центральной зоне		7,00 ± 0,20	7,00 ± 0,30
Размер центральной зоны	вверх	2,00 ± 0,20	2,00 ± 0,20
	вправо	1,90 ± 0,20	1,8 ± 0,10
	вниз	1,90 ± 0,20	2,60 ± 0,30
	влево	2,00 ± 0,20	2,10 ± 0,10
Размер свободной зоны	вверх	0,90 ± 0,10	0,90 ± 0,20
	вправо	1,00 ± 0,10	1,10 ± 0,20
	вниз	1,30 ± 0,20	1,50 ± 0,30
	влево	0,90 ± 0,20	1,00 ± 0,20
Число радиусов		27,00 ± 2,00	27,00 ± 1,80
Длина радиусов	вверх	14,60 ± 1,20	12,50 ± 0,70
	вправо	15,80 ± 1,10	13,00 ± 0,90
	вниз	19,30 ± 1,10	18,50 ± 1,10
	влево	15,40 ± 1,20	13,60 ± 1,30
Размер ловчей зоны	вверх	10,40 ± 1,00	8,30 ± 0,70
	вправо	10,70 ± 0,90	7,70 ± 0,60
	вниз	14,40 ± 1,00	11,20 ± 1,10
	влево	10,10 ± 1,80	7,70 ± 0,80
Число ловчих нитей	вверх	29,00 ± 3,60	24,00 ± 2,80
	вправо	33,00 ± 3,80	27,00 ± 2,80
	вниз	41,00 ± 3,70	35,00 ± 3,30
	влево	33,00 ± 3,20	28,00 ± 3,00
Расстояние между ловчими нитьями	вверх	0,30 ± 0,03	0,30 ± 0,03
	вправо	0,30 ± 0,03	0,30 ± 0,03
	вниз	0,30 ± 0,03	0,30 ± 0,02
	влево	0,30 ± 0,02	0,30 ± 0,03
Расстояние от середины центральной зоны ловчей сети до земли		133,00 ± 8,40	115,00 ± 13,30
Угол наклона сети по отношению к горизонтальной поверхности (...°)		89,00 ± 3,60	89,00 ± 4,20

*Примечание.* Размеры, длины и расстояния приведены в сантиметрах.

Таблица 32

Распределение общей дисперсии по главным компонентам  
в ловчих сетях *A. marmoreus* в березовом  
и сосново-осиновом биотопах

Компоненты	Общая дисперсия (%)	
	Березовый биотоп	Сосново-осиновый биотоп
1	34,126	27,805
2	23,734	22,525
3	6,581	9,926
4	5,676	7,882

Сравнительный анализ компонентов показал их достоверные отличия (табл. 33, 34). Интерпретируя выделенные компоненты ловчих сетей *A. marmoreus* в березовом биотопе, следует отметить, что в первом компоненте сосредоточено 34 % общей дисперсии всех вариаций.

Первый фактор описывает взаимосвязь длин радиусов и размеров ловчей зоны с расстоянием между ловчими нитями, центральной зоной, числом радиусов, свободной зоной и количеством ловчих нитей, т.е. все основные показатели ловчей сети взаимодействуют между собой и зависят от длины радиусов и размеров ловчей зоны. Второй фактор объединяет число радиусов, количество ловчих нитей, размеры центральной и свободной зон, расстояние между ловчими нитями. Данный фактор определяется числом радиусов и предположительно зависит от внешних условий. Третий

и четвертый факторы включают слабо переменные показатели ловчей сети. Третий фактор объединяет размеры центральной зоны, а четвертый описывает взаимосвязь числа витков в центральной зоне с размерами свободной зоны.

Факторный анализ компонентов ловчей сети *A. marmoreus* в сосново-осиновом биотопе выявил: первый компонент включает в себя 28 % общей дисперсии (см. табл. 34). В первом компоненте доминирующим становится число ловчих нитей, размер свободной зоны, число радиусов. Данный фактор определяет взаимосвязь между числом ловчих нитей, размерами центральной и свободной зон, числом радиусов и расстоянием между ловчими нитями, в меньшей степени между размерами ловчей зоны и длиной радиусов. Во втором факторе происходит, по сравнению с



березовым биотопом, перераспределение: число радиусов становится неопределяющим, доминируют длины радиусов, размеры ловчей зоны, взаимодействующие с расстоянием между ловчими нитями и размерами центральной зоны. В третьем факторе появляется большая устойчивость, по сравнению с ловчими сетями в березовом биотопе, за счет контроля ловчей зоны со стороны центральной зоны. Четвертый фактор также обусловлен мало меняющимися компонентами: числом витков в центральной зоне и размерами свободной зоны.

Таблица 33

Распределение показателей ловчих сетей *A. marmoreus* по главным компонентам (березовый биотоп)

Показатели	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3	Фактор 4
Число витков в центральной зоне	0,105	0,238	0,105	0,418
Размер центральной зоны (вверх)	0,570	0,216	0,469	0,095
Размер центральной зоны (вправо)	0,513	0,524	0,483	0,068
Размер центральной зоны (вниз)	0,466	0,402	0,501	0,161
Размер центральной зоны (влево)	0,453	0,492	0,585	0,031
Размер свободной зоны (вверх)	0,503	0,492	0,167	0,120
Размер свободной зоны (вправо)	0,225	0,366	0,079	0,542
Размер свободной зоны (вниз)	0,682	0,511	0,108	0,326
Размер свободной зоны (влево)	0,485	0,482	0,159	0,420
Число радиусов	0,341	0,736	0,072	0,123
Длина радиусов (вверх)	0,852	0,091	0,269	0,034
Длина радиусов (вправо)	0,635	0,304	0,018	0,503
Длина радиусов (вниз)	0,848	0,109	0,006	0,084
Длина радиусов (влево)	0,834	0,229	0,107	0,012
Размер ловчей зоны (вверх)	0,819	0,056	0,386	0,051
Размер ловчей зоны (вправо)	0,794	0,013	0,151	0,356
Размер ловчей зоны (вниз)	0,928	0,154	0,031	0,035
Размер ловчей зоны (влево)	0,893	0,028	0,204	0,165
Число ловчих нитей (вверх)	0,334	0,835	0,292	0,006
Число ловчих нитей (вправо)	0,182	0,811	0,231	0,237
Число ловчих нитей (вниз)	0,417	0,822	0,049	0,070

Число ловчих нитей (влево)	0,438	0,721	0,179	0,197
----------------------------	-------	-------	-------	-------

Окончание табл. 33

Показатели	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3	Фактор 4
Расстояние между ловчими нитями (вверх)	0,653	0,592	0,179	0,259
Расстояние между ловчими нитями (вправо)	0,545	0,633	0,152	0,238
Расстояние между ловчими нитями (вниз)	0,513	0,707	0,173	0,222
Расстояние между ловчими нитями (влево)	0,619	0,609	0,029	0,118
Расстояние от середины центральной зоны ловчей сети до земли	0,027	0,273	0,312	0,201
Угол наклона ловчей сети по отношению к горизонтальной поверхности	0,169	0,118	0,235	0,144

Таблица 34

Распределение показателей ловчих сетей *A. marmoreus* по главным компонентам (сосново-осиновый биотоп)

Показатели	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3	Фактор 4
Число витков в центральной зоне	0,099	0,024	0,181	0,601
Размер центральной зоны (вверх)	0,053	0,469	0,677	0,122
Размер центральной зоны (вправо)	0,086	0,389	0,707	0,025
Размер центральной зоны (вниз)	0,334	0,433	0,674	0,226
Размер центральной зоны (влево)	0,051	0,463	0,615	0,090
Размер свободной зоны (вверх)	0,512	0,402	0,026	0,585
Размер свободной зоны (вправо)	0,621	0,212	0,096	0,566
Размер свободной зоны (вниз)	0,645	0,289	0,054	0,528
Размер свободной зоны (влево)	0,634	0,425	0,006	0,408
Число радиусов	0,625	0,035	0,366	0,387
Длина радиусов (вверх)	0,403	0,743	0,029	0,085

Длина радиусов (вправо)	0,388	0,675	0,206	0,003
-------------------------	-------	-------	-------	-------

Окончание табл. 34

Показатели	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3	Фактор 4
Длина радиусов (вниз)	0,086	0,684	0,158	0,345
Длина радиусов (влево)	0,357	0,606	0,292	0,129
Размер ловчей зоны (вверх)	0,461	0,687	0,095	0,052
Размер ловчей зоны (вправо)	0,291	0,689	0,385	0,016
Размер ловчей зоны (вниз)	0,259	0,759	0,348	0,236
Размер ловчей зоны (влево)	0,315	0,748	0,298	0,039
Число ловчих нитей (вверх)	0,873	0,130	0,130	0,251
Число ловчих нитей (вправо)	0,851	0,114	0,098	0,174
Число ловчих нитей (вниз)	0,868	0,198	0,145	0,066
Число ловчих нитей (влево)	0,863	0,195	0,209	0,217
Расстояние между ловчими нитями (вверх)	0,601	0,606	0,009	0,151
Расстояние между ловчими нитями (вправо)	0,718	0,471	0,027	0,115
Расстояние между ловчими нитями (вниз)	0,681	0,465	0,087	0,162
Расстояние между ловчими нитями (влево)	0,726	0,456	0,027	0,182
Расстояние от середины центральной зоны ловчей сети до земли	0,176	0,076	0,122	0,168
Угол наклона ловчей сети по отношению к горизонтальной поверхности	0,064	0,081	0,413	0,205

## 5.4. Видовая и популяционная информативность показателей ловчих сетей пауков рода *Araneus*

Структура ловчих сетей пауков-кругопрядов позволяет дать количественную оценку инстинктивного поведения этих животных. Однако в настоящее время количественный анализ ловчих сетей пауков ограничивается сравнением между собой средних по критерию Стьюдента значений для каждого показателя (Тыщенко, 1985). Целью настоящей работы является выделение информативных показателей в круговых сетях пауков-кругопрядов методами многомерной статистики.

Показатели измерены по методике эталонных сетей Тыщенко (1984). Исследованы самки четырех видов пауков рода *Araneus* (по 3 особи каждого вида): *A. quadratus*, *A. diadematus*, *A. marmoreus*, *A. cucurbitinus*. *A. marmoreus* подразделяется на два подвида: *A. m. marmoreus* и *A. m. pyramidatus*, их сети рассмотрены отдельно. Сети *A. quadratus* измерены в двух географических районах и также рассматриваются отдельно. Замеры сетей проводили по 17 параметрам (в скобках указан порядковый номер параметра): высота центра сети над землей (1), общее число радиусов (2), число верхних (3) и нижних (4) радиусов и отношение числа верхних к нижним радиусам (5), длина радиусов (6), число витков в центральной зоне (7), вертикальный (8) и горизонтальный (9) диаметры центральной зоны, размер свободной зоны (10), верхний (11) и нижний (12) вертикальные, правый (13) и левый (14) горизонтальные размеры ловчей зоны, общий размер ловчей зоны (15), число ловчих нитей в секторе (16) и расстояние между ними (17).

На первом этапе выясняли степень различия всей совокупности показателей представителей рода *Araneus*. С этой целью применен один из наиболее широко используемых многомерных методов — дискриминантный анализ (Девис, 1977).

Для проверки значимости разделения выборок на две группы использован  $T^2$ -критерий, который выражается через  $D^2$ -расстояние Махаланобиса.  $T^2$ -критерий преобразовывали в F-критерий, по которому судили о значимости различия.

Полученные результаты обработки представлены в табл. 35 и позволяют заметить, что структуры сетей подвидов *A. m. mar-*

*moreus* и *A. m. pyramidatus* не различаются, т.е. два многомерных средних значения параметров практически равны между собой, и нулевая гипотеза не отвергается. Остальные виды по рисунку паутины различаются между собой с различной степенью достоверности. Совершенно обособленно можно поставить сеть *A. cucurbitinus*, которая резко отличается от других сетей пауков этого рода.

В дискриминантном анализе проводится отбор переменных, позволяющих наиболее эффективно разделить группы. Однако мера прямого вклада учитывается только по среднему значению параметра, но не учитывается взаимодействие между отдельными значениями. Их совместный вклад в функцию  $D^2$  может быть более значительным.

С целью выявления параметров, которые вносят наибольший вклад в степень видового различия структуры сетей, был применен дисперсионный однофакторный анализ (Лакин, 1980). Регулирующим фактором в данном случае является вид, подвид или географическая популяция. Если доказана достоверность фактора, можно определить силу его влияния на результирующий признак. Результаты анализа сведены в табл. 36. Для каждого вида даны средние значения по каждому параметру с доверительным интервалом для 5 %-ного уровня значимости и показатели силы влияния фактора. При сравнении сетей самок *A. quadratus* двух географических популяций варьирование показателей таких параметров, как высота центра над землей, число верхних радиусов, отношение числа верхних радиусов к числу нижних, число витков в центральной зоне и горизонтальный диаметр центральной зоны, обусловлено географией местности. По остальным параметрам доля этого фактора не является определяющей.

При сравнении сетей самок четырех видов пауков рода *Araneus* (включая и подвиды) видоспецифичными параметрами оказались общее число радиусов, число верхних и нижних радиусов, длина радиусов, число витков в центральной зоне, размер свободной и ловчей зон, число ловчих нитей в секторе и расстояние между ними.

Таблица 35

Таблица расстояний Махаланобиса между выборками

Вид	Выборки					
		1	2	3	4	5
<i>Araneus quadratus</i> (ломачевская популяция)		10,5 $P < 0,05$	53,3 $P < 0,01$	14,6 $P < 0,01$	11,5 $P < 0,05$	71,2 $P < 0,01$
<i>A. quadratus</i> (таштагольская популяция)		–	63,4 $P < 0,01$	72,6 $P < 0,01$	82,6 $P < 0,01$	161,3 $P < 0,01$
<i>A. diadematus</i>		–	–	23,1 $P < 0,01$	19,6 $P < 0,01$	83,8 $P < 0,01$
<i>A. m. marmoreus</i>		–	–	–	5,3	91,4 $P < 0,01$
<i>A. m. pyramidatus</i>		–	–	–	–	229,1 $P < 0,01$
<i>A. cucurbitinus</i>		–	–	–	–	–

Таблица 36

Средние значения параметров ( $x \pm mt$ ) ловчих сетей пауков рода *Araneus*

№	А.а. (Л.П.)	А.а. (Т.П.)	А.д.	А.м.м.	А.м.р.	А.с.	Сила влияния фактора (%)	
							В	Г
1	984 ± 117	1210 ± 129	1057 ± 100	1119 ± 178	1165 ± 185	1191 ± 258	7	19**
2	23,4 ± 1,7	24,8 ± 2,6	37,8 ± 2,3	27,0 ± 2,6	27,4 ± 2,5	23,6 ± 3,8	65*	1
3	10,2 ± 1,0	11,8 ± 1,5	17,3 ± 1,2	11,6 ± 1,1	12,1 ± 1,1	–	63*	12**
4	13,2 ± 1,0	13,0 ± 1,5	20,5 ± 1,2	15,4 ± 1,5	15,3 ± 1,6	–	58*	0,05
5	0,78 ± 0,06	0,93 ± 0,15	0,85 ± 0,04	0,76 ± 0,06	0,80 ± 0,06	–	10	15**
6	167 ± 18	186 ± 23	153 ± 9	164 ± 13	156 ± 17	48 ± 10	63*	6
7	5,6 ± 0,4	6,5 ± 0,7	8,6 ± 0,4	7,1 ± 0,4	7,1 ± 0,4	6,0 ± 0,9	63*	16**
8	50,4 ± 4,4	55,8 ± 9,2	51,8 ± 2,3	55,9 ± 6,0	48,6 ± 4,7	15,1 ± 3,1	8	5
9	37,9 ± 3,1	52,2 ± 12,0	41,9 ± 2,1	39,4 ± 3,6	42,4 ± 5,4	14,8 ± 3,8	8	23**
10	12,1 ± 1,5	13,6 ± 3,7	10,3 ± 1,4	9,4 ± 1,9	9,8 ± 2,7	4,9 ± 1,4	29* *	2
11	74 ± 13	89 ± 19	94 ± 12	80 ± 14	87 ± 17	–	9	6

12	106 ± 14	109 ± 23	90 ± 8	98 ± 16	93 ± 24	—	6	0,3
13	139 ± 17	145 ± 23	117 ± 10	148 ± 23	139 ± 29	—	12	0,6
14	109 ± 18	113 ± 22	96 ± 8	100 ± 16	98 ± 20	—	3	0,4
15	107 ± 14	114 ± 17	100 ± 7	105 ± 14	98 ± 18	30 ± 5	50*	1
16	24,9 ± 2,7	25,7 ± 3,7	36,3 ± 3,1	30,0 ± 4,1	29,6 ± 5,4	16,3 ± 1,4	47*	0,4
17	4,3 ± 0,4	4,5 ± 0,7	2,8 ± 0,4	3,4 ± 0,4	3,5 ± 0,7	1,9 ± 0,5	47*	0,2

Примечание: А.қ. (Л.П.) — *Araneus quadratus* (ломачевская популяция); А.қ. (Т.П.) — *A. quadratus* (таштагольская популяция); А.д. — *A. diadematus*; А.м.м. — *A. m. marmoreus*; А.м.р. — *A. m. pyramidatus*; А.с. —

*A. cucurbitinus*; № — порядковый номер параметра;  $\bar{x}$  — среднее значение;  $mt$  — доверительный интервал; в — видовой фактор; г — географический фактор; \* — достоверные показатели на уровне  $P = 0,01$ ; \*\* — достоверные показатели на уровне  $P = 0,05$ . Все размеры даны в миллиметрах.



С целью сравнения параметров, выраженных разными единицами измерения, использовали относительный показатель вариации. Таким показателем является нормированное отклонение (Лакин, 1980). Нормирование осуществляли по стандартной схеме с учетом доверительного интервала каждого учитываемого признака. Таким образом, количественный анализ позволил оценить видовую и популяционную информативность каждого из показателей ловчих сетей четырех видов пауков-кругопрядов.

## 5.5. Влияние радиации на структуру ловчих сетей пауков-кругопрядов

Основной наблюдаемой единицей на уровне организмов является особь, семья или группа особей; наиболее чувствительной реакцией — комплекс поведенческих изменений, позволяющих выжить особи при изменившихся внешних условиях. Хорошо выраженные реакции можно наблюдать у пресноводной амебы в зависимости от концентрации растворенных в воде химических веществ. При низкой концентрации токсических веществ амеба сокращает свои ложноножки, при увеличении концентрации она превращается в клубок и затем погибает.

Под микроскопом можно наблюдать за увеличением частоты сокращений так называемой пульсирующей вакуоли амебы в зависимости от концентрации токсических веществ в окружающей организм среде. Основная функция сократительной вакуоли — регуляция осмотического давления внутри тела простейшего, поэтому при попадании токсических веществ в организм амебы сократительная активность пульсирующей вакуоли увеличивается.

Большое разнообразие в поведении характерно для пауков. В настоящее время насчитывается около 50–60 тысяч видов пауков, заселивших практически все возможные экологические ниши, занятые насекомыми. Являясь хищниками, пауки концентрируют в своем организме токсические вещества, изменяющие их поведение.

Особый интерес в биоиндикационном отношении представляет строительная деятельность пауков. Пауки строят свои ловчие сети на деревьях, траве, в норках. Паутиной обернуты и коконы с яйцами у бегущих пауков. Из паутины строятся семейные домики, в которых паучата проводят свои первые 2–3 личиночные стадии.

Вся строительная деятельность пауков может быть измерена, сфотографирована, снята на видеокамеру в природных условиях с различной антропогенной нагрузкой и в модельных условиях при дозированных воздействиях физических, химических и биологических факторов.

Особый интерес представляют структурированные сети, т.е. ловчие сети пауков, имеющие вполне определенную структуру, характерную для каждого вида кругопрядов (*Araneidae*).

Ловчую сеть пауки-кругопряды начинают строить после выхода из семейного домика — в третьей личиночной стадии. Для каждой возрастной стадии пауков существует, как нам удалось установить, характерная структура паутины. С наступлением половозрелости ловчие колесовидные сети плетут в основном только самки, самцы заняты поиском самок и выполнением своей репродуктивной функции. Восстановление ловчих сетей происходит при отсутствии дождя ежедневно. Нарушенные в течение предыдущего дня участки паутины съедаются, так как паутинные нити состоят преимущественно из аминокислот. Как правило, восстановление паутины происходит в предрассветное время: в 5–7 часов.

Повсеместная распространенность пауков-кругопрядов от тундры до пустыни, хорошая наглядность ловчих сетей, особенно утром, когда капельки росы как бы проявляют тонкую структуру паутины, небольшое количество времени, необходимое для набора статистического материала, — все это делает ловчую сеть пауков одним из привлекательных объектов для биоиндикационных экспресс-методов.

В России обитает от 10 до 26 видов рода кругопрядов (*Araneus*). Наиболее распространенными, по нашему мнению (Карташев, Галкин, 1991), являются кругопряд обыкновенный и кругопряд мраморный.

Экологическая приспособляемость кругопряда мраморного шире приспособляемости кругопряда обыкновенного. Наличие специального убежища из свернутых листьев и сигнальной нити позволяет кругопряду мраморному строить свои сети как в лесу, так и на открытых местах, не рискуя быть заметной добычей для птиц на ловчей сети, что характерно для кругопряда обыкновенного.

Строя свои сети на относительно открытых пространствах, пауки подвергаются влиянию тех антропогенных факторов, которые существуют в данной местности: радиации, электромагнитных полей, химических веществ, аэрозолей, которые вместе с конденсатом накапливаются на клейких ловчих нитях и поедаются вместе с нарушенными участками ловчей сети.

Являясь хищниками, пауки способны концентрировать в своем теле тяжелые металлы и токсические вещества, нарушающие их поведение. Необходимо отметить, что все алгоритмы пищевой

деятельности животного фиксируются в структуре ловчей сети. При необходимости можно легко узнать, чем и в каком количестве питается паук, так как жертвы удачной охоты также фиксируются с помощью паутины.

Ежедневное возобновление строительства ловчих сетей позволяет проследить динамику влияния одного либо комплекса антропогенных факторов.

Анализ структуры паутины необходимо проводить рано утром, когда она еще покрыта росой, хорошо заметна и не нарушена попавшими в нее насекомыми. В искусственных условиях пауки хорошо плетут сети в садках размером 1 куб. м из марли или оконной сетки с выдвигаемыми стенками. В таких садках можно исследовать дифференциальную чувствительность, устойчивость пауков и структуру их ловчих сетей в зависимости от концентрации токсичных веществ или уровня физических воздействий. Экспериментальное построение калибровочных кривых значительно повышает достоверность интерпретации биоиндикационных оценок в природных условиях.

Центральная зона сети заплетена неклеякими нитями, и количество витков в центральной зоне является видовым признаком рода пауков-кругопрядов. Далее следует незаплетенный промежуток так называемой свободной зоны, после которой следуют клейкие витки ловчей зоны, натянутые на радиусы, исходящие из центральной зоны.

Анализ примерно 10 тысяч ловчих сетей пауков-кругопрядов (*A. marmoreus*) позволил нам выделить достаточно типичные аномалии в структуре ловчих сетей (рис. 24, 25).

Полностью аномальная сеть *A*, сектор которой представлен на рис. 24, характерна для патологически больного паука, на которого экологическая среда, токсические вещества или радиация повлияли в такой степени, что животное не способно плести нормальную сеть и, скорее всего, умрет. Изменения в структуре ловчих сетей, определенные нами как аномалии, отражают нарушения в поведении паука.

Следовательно, вся картина дифференцированной адаптации, позволяющей различить тип воздействующего фактора, протекает в диапазоне структурных различий ловчей зоны пауков от *K* до *A* (см. рис. 24, 25). В экспериментальных условиях при искусственном облучении пауков в дозе от 10 до 100 Р/ч нами были получены аномалии типа *F*, проявляющие себя в

незаплетении одного, двух или трех секторов ловчей зоны сети пауков-кругопрядов.

Необходимо отметить, что пауки очень устойчивы к действию радиации.

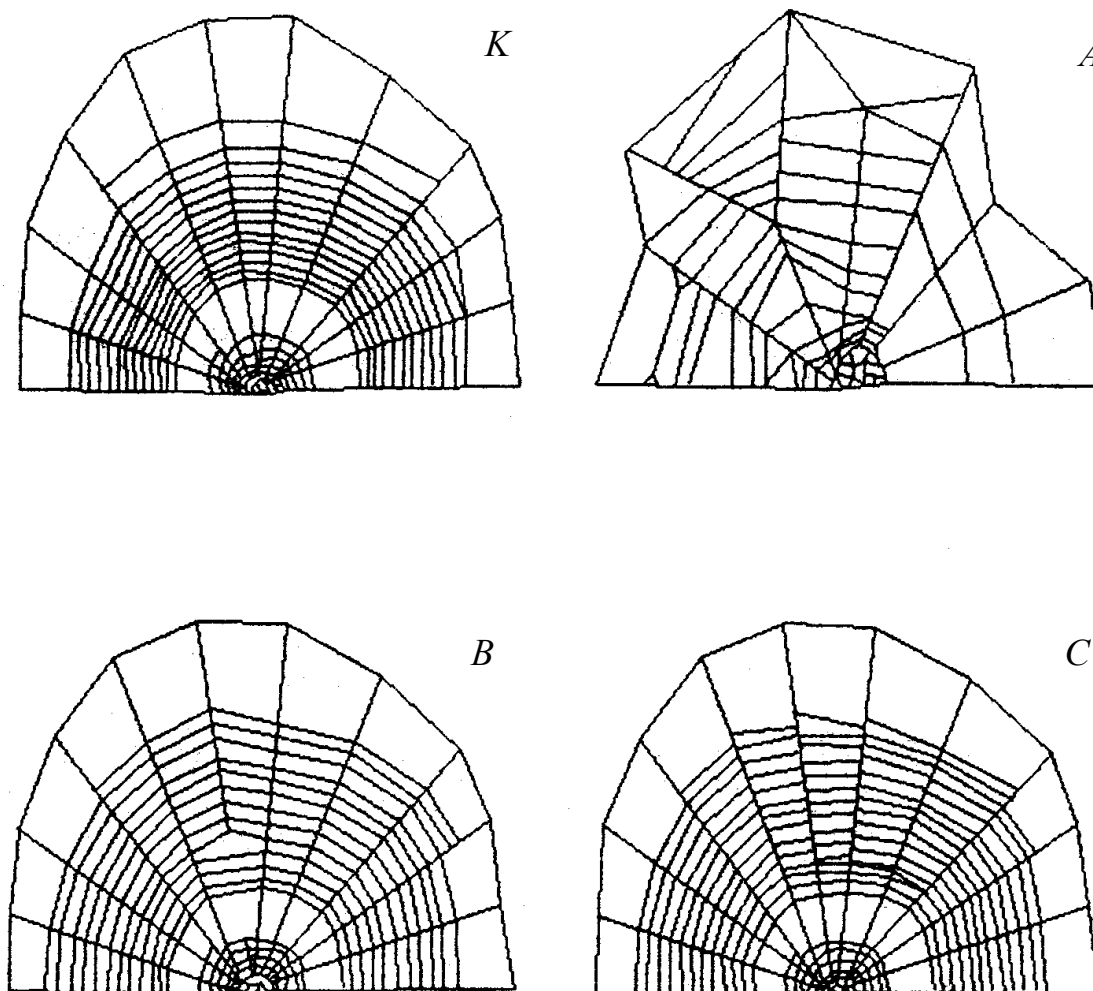


Рис. 24. Типы аномалий в ловчих сетях пауков-кругопрядов:  
*K* — фрагмент эталонной ловчей сети; *A* — абсолютно аномальная сеть; *B* — укороченный радиус; *C* — ступенчатость ловчей спирали

В наших экспериментах пауки в 100 % случаев погибали только при дозе облучения, равной 1500 Р/ч, в то время как нормальной фоновой дозой является 12 мкР/ч. При искусственном облучении возрастает количество различного типа аномалий — чем выше доза, тем чаще встречаются аномалии типа *F* и *A* (см. рис. 24, 25).

Экологические обследования проводились в течение 1994–1998 гг. в г. Северске и окрестностях г. Томска. Выявлена повышенная частота встречаемости аномалий всех типов, в особенности

аномалии *F*-типа — до 70 %, и аномалии *A*-типа — до 20 %, в районе остановленных, отработавших тридцатилетний срок, атомных реакторов. Аналогичные нарушения в ловчих сетях пауков-кругопрядов наблюдались вдоль действующего стока слаборадиоактивных жидких отходов, сбрасываемых в р. Томь (рис. 26, табл. 37).

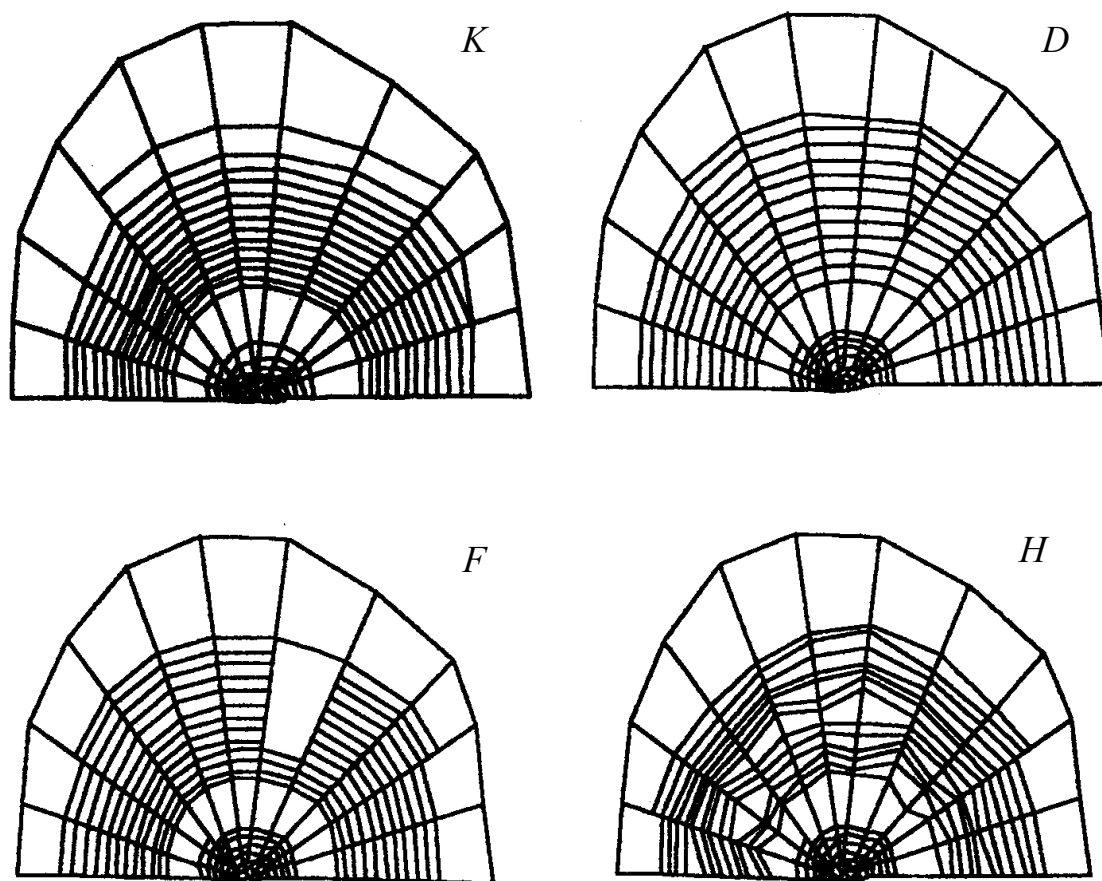


Рис. 25. Типы аномалий в ловчих сетях пауков-кругопрядов:  
*K* — фрагмент эталонной ловчей сети; *D* — раздвоение радиуса;  
*F* — отсутствие ловчих нитей в секторе;  
*H* — ломаная ловчая спираль

Сравнение с калибровочной кривой позволяет нам считать, что аналогичные нарушения в структуре ловчих сетей пауков-кругопрядов возникают при искусственной дозе облучения, равной 10–20 Р/ч.

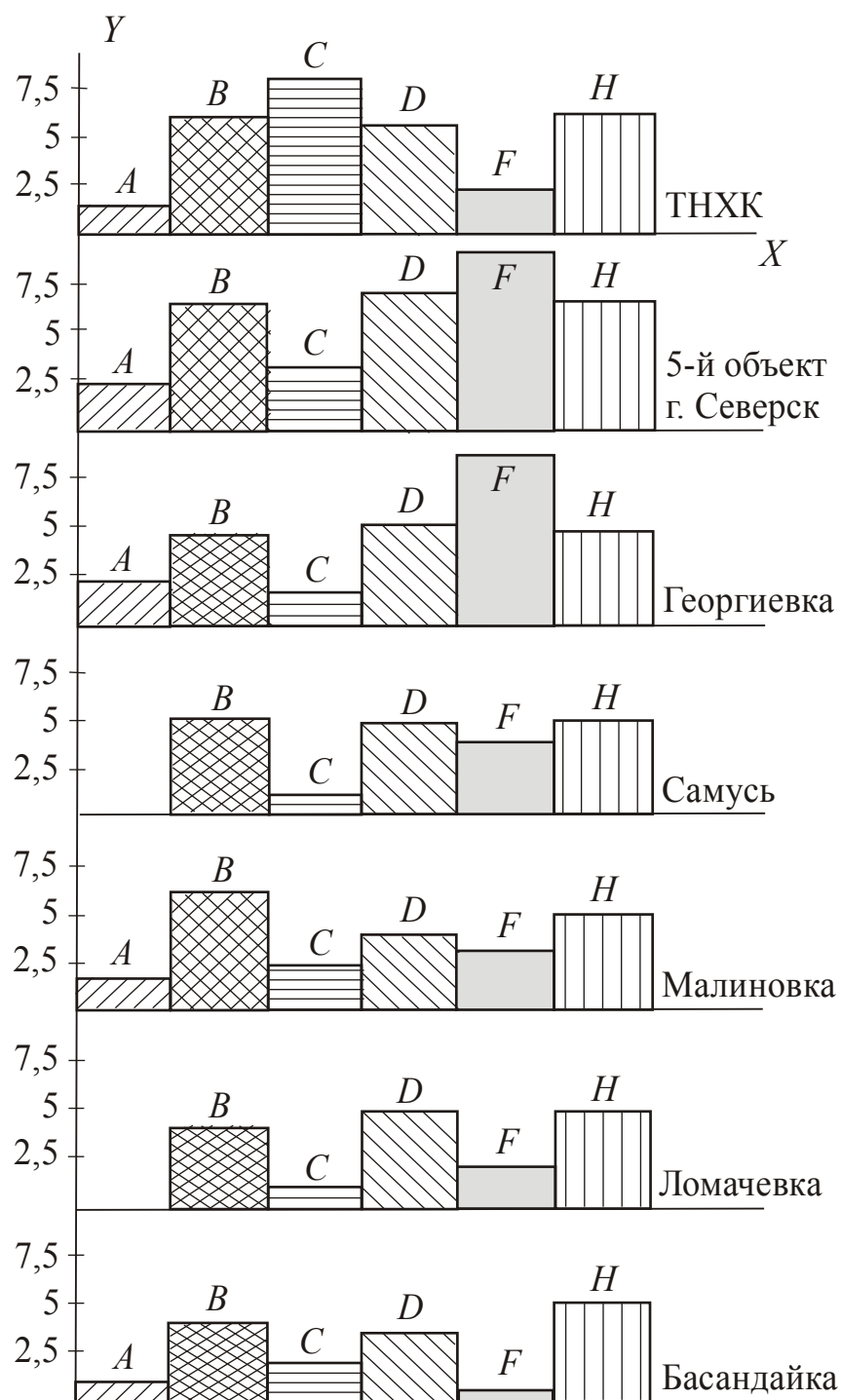


Рис. 26. Гистограммы частоты встречаемости типов аномалий в ловчих сетях пауков-кругопрядов: ось  $X$  — типы аномалий; ось  $Y$  — частота встречаемости каждого вида аномалий

В то же время дозиметрические измерения с помощью радиометра показывают уровень излучения, равный 14–17 мкР/ч, на месте плетения сетей пауков. Следовательно, реакция пауков отражает реальную интегральную биологическую опасность радиоактивного окружения. В интегральную картину, вероятно,

можно включить излучения  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ , затем радионуклидную загрязненность, циркулирующую по пищевым цепям, а также суммарное количество микрорадиоактивных выбросов радиохимического завода. Следовательно, на основании паутинового теста, используемого в качестве биоиндикационного экспресс-метода, можно достаточно хорошо проводить комплексную качественную оценку радиоэкологической обстановки (табл. 37).

Таблица 37

Распределение аномалий ловчих сетей пауков-кругопрядов в зависимости от района обследования с соответствующей биоиндикационной радиоэкологической характеристикой (%)

Место-положение	Тип аномалий	Радиоэкологическая ситуация						
		<i>A</i>	<i>F</i>	<i>D</i>	<i>B</i>	<i>H</i>	<i>C</i>	
п. Ярское		–	–	12	7	–	–	Хорошая
п. Ломачевка		–	3	4	5	9	5	Хорошая
р. Поперечка		–	13	6,6	–	–	6,6	Удовлетворительная
Золоотвал		–	40	20	20	–	–	Неудовлетворительная
Водоразбор		–	20	12,5	12,5	10	–	Удовлетворительная
Радиохимический завод		10	40	20	20	–	–	Неудовлетворительная
р. Ромашка		38	38	50	12,5	–	–	Неудовлетворительная

С целью выяснения особенностей в поведенческой реакции пауков при действии химических веществ использовалась аминная соль, раствором которой из пульверизатора опрыскивались сети пауков-кругопрядов. В результате проведенных исследований выяснилось, что в зависимости от концентрации раствора аминной соли происходит увеличение общего количества нарушений структуры ловчих сетей с преобладанием аномалий *C*-типа (см. рис. 24). Аномалии *C*-типа выражаются нарушением параллельности по секторам в заплетении клейкими ловчими нитями ловчей зоны паутины.

При увеличении концентрации аминной соли количество «непараллельных» секторов увеличивается, растет количество и



других видов аномалий, возникает асимметричность всей сети и, наконец, сеть становится полностью аномальной.

Необходимо отметить, что в данном случае количество радиоактивных аномалий *F*-типа не превышает 10–15 %.

В период летних полевых исследований 1995–1997 гг. нами обследовались ловчие сети пауков-кругопрядов, живущих в сосняке вокруг очистных сооружений Томского нефтеперерабатывающего комбината. Прежде всего в районе очистных сооружений была отмечена низкая численность пауков-кругопрядов относительно контрольных местообитаний: п. Ярское, п. Ломачевка.

Доминирующим типом нарушений в структуре ловчих сетей оказались аномалии *C*-типа, которые наблюдались ранее в экспериментальных условиях под влиянием аминной соли.

Следовательно, можно с большой долей вероятности дифференцировать радиоэкологические и химические влияния, используя в качестве биоиндикатора структуру ловчей сети пауков-кругопрядов.

Необходимо отметить, что количественный учет ловчих сетей пауков, проведенный ранним росистым утром, может быть использован как биоиндикатор массового скопления летающих насекомых. Вдоль рек и озер плетет свои круговые горизонтальные сети интересный паук-кругопряд семейства *Tetragnathidae*. Ловчие сети тетрагнат хорошо структурированы. Ареал их распространения очень широк: зона тайги, Камчатка, средне-европейская часть, Казахстан, Туркмения.

Нами в 1993 г. для оценки степени загрязненности некоторых водоемов Туркмении пестицидами и гербицидами, используемыми при выращивании хлопка, в качестве биоиндикационного показателя интегральной экологической напряженности использовалась структура ловчих сетей пауков семейства *Tetragnathidae*. В результате проведенных исследований водоемы на основании паутинного теста были ранжированы по степени экологического благополучия. Последующий химический анализ донных проб подтвердил достоверность ранжирования водоемов по степени их загрязненности, проведенного на основе биотестирования.

Результаты исследований влияния внешних факторов на структуру ловчих сетей пауков-кругопрядов позволяют считать, что

различные виды воздействий изменяют поведение пауков, что отражается в изменении структуры и конфигурации ловчих сетей.

В зависимости от степени воздействия нарушения в структуре ловчих сетей носят адаптивный или необратимый характер. Адаптивные вариации разнообразны, локализуются в ловчих и свободных областях сетей пауков, существенно зависят от вида воздействий и их интенсивности.

Так, в дождливую погоду наблюдается заплетание свободной зоны, в зависимости от биологических условий варьируются размеры ловчей зоны сетей кругопрядов.

Вблизи автодорог изменяются размеры ловчих сетей, снижается уровень их структурированности.

При действии химических веществ увеличивается количество нарушений в структуре ловчей зоны.

Радиоактивное влияние приводит к появлению значительного количества отклонений в структуре ловчей зоны, искривлению или перекрыванию радиусов, а также отклонений в других областях ловчих сетей пауков-кругопрядов.

При действии внешних факторов, превышающих адаптивный уровень, независимо от вида воздействия ловчие сети становятся неструктурированными, нарушаются геометрические пропорции и, как правило, пауки прекращают плести сети, мигрируют или погибают.

Следовательно, ловчие сети пауков-кругопрядов являются биоиндикаторами состояния окружающей среды и могут быть использованы в качестве экспресс-методики в системе экологического мониторинга.

## 5.7. Возрастная структура ловчих сетей пауков рода *Araneus*

Исследования структуры сетей проводились в летние сезоны 1993–1996 гг. в Ижморском районе Кемеровской области. Отлавливались самые мелкие паучки *A. marmoreus*, плетущие сети (на 3-й стадии развития). На каждой очередной стадии развития пауки проходят линьку. По числу линек определяется возраст паука. Всего было отмечено пять личиночных и одна взрослая стадия.

В материалы были включены промеры сетей только самок, так как самцы в половозрелом возрасте сетей не плетут. Отловленные паучки поодиночке сажались в садки размером 50 × 50 × 50 см, в которых они и плели сети.

Садки находились на открытом воздухе под навесом. Замеры проводились по 20 параметрам (в скобках указан порядковый номер параметра): число витков в центральной зоне (1); вертикальный (2) и горизонтальный (3) диаметры центральной зоны; верхний (4), правый (5), нижний (6) и левый (7) размеры свободной зоны; те же размеры ловчей зоны (8–11); те же длины радиусов (12–15); число ловчих нитей сверху (16), справа (17), снизу (18) и слева (19); число радиусов (20).

Всего было измерено 270 сетей (от 9 до 97 на разных стадиях) на примере 50 пауков (от 3 до 9).

Обработка данных проводилась на компьютере с помощью статистического пакета Statgraphics. С целью выявления статистически достоверных различий в структуре сети на разных стадиях развития пауков применялся дисперсионный анализ с уровнем значимости 5 % (Лакин, 1980). Регулирующим фактором в данном случае является номер стадии.

В табл. 38 для каждой стадии развития пауков приведены средние значения по каждому показателю со стандартными отклонениями.

Сравнительный анализ всех стадий между собой показал, что ни по одному параметру нет достоверных различий между третьей и четвертой стадиями развития.

Между 3-й и 5-й стадиями достоверны различия по следующим показателям: число витков в центральной зоне; вертикальный и горизонтальный диаметры центральной зоны; правый размер

свободной зоны; верхний и правый размеры ловчей зоны и все длины радиусов.

Между 3-й и 6-й стадиями различия достоверны по тем же показателям и еще по верхнему размеру свободной зоны, всем размерам ловчей зоны, а также по числу ловчих нитей справа и снизу сети.

Сети пауков на 4-й и 5-й стадиях достоверно различаются по следующим показателям: верхний, правый и нижний размеры ловчей зоны и все длины радиусов.

Между 4-й и 6-й стадиями различия достоверны по тем же показателям и по нижнему размеру свободной зоны, левому размеру ловчей зоны, по числу ловчих нитей с каждой стороны.

Наконец, между сетями пауков на 5-й и 6-й стадиях выявляются достоверные различия по таким показателям, как вертикальный и горизонтальный диаметры центральной зоны, все размеры ловчей зоны и все длины радиусов, а также число ловчих нитей с каждой стороны.

Таким образом, можно видеть, что наименьшие изменения в структуре сетей *A. marmoreus* происходят при переходе от 3-й к 4-й стадии развития, а наибольшие — при переходе от последней личиночной стадии развития к половозрелой.

Таблица 38

Средние значения параметров ( $x \pm mt$ ) ловчих сетей пауков *A. marmoreus*

№	Стадии развития			
	3-я	4-я	5-я	половозрелая
1	8,5 ± 1,7	7,9 ± 1,8	6,8 ± 1,1	6,7 ± 1,1
2	13,3 ± 2,3	16,2 ± 4,2	34,6 ± 10,8	52,6 ± 11,6
3	11,4 ± 1,5	13,4 ± 3,1	25,9 ± 7,4	38,7 ± 10,0
4	5,7 ± 1,5	6,8 ± 1,9	8,5 ± 2,4	8,9 ± 3,9
5	6,8 ± 1,7	8,9 ± 2,3	10,4 ± 3,1	10,4 ± 3,9
6	14,2 ± 2,6	14,6 ± 3,6	17,5 ± 4,1	18,7 ± 5,8
7	8,4 ± 4,0	8,4 ± 2,2	10,4 ± 2,6	10,5 ± 4,3
8	39,6 ± 13,3	37,1 ± 11,3	60,3 ± 18,2	78,8 ± 20,5
9	29,6 ± 11,3	32,0 ± 7,4	48,5 ± 13,3	82,6 ± 22,8
10	53,7 ± 12,9	54,0 ± 15,5	77,0 ± 19,5	128,5 ± 30,4
11	40,8 ± 9,8	37,8 ± 8,2	54,9 ± 13,6	84,8 ± 25,3

12	56,4 ± 14,2	61,0 ± 18,1	97,9 ± 27,4	119,5 ± 26,0
13	46,3 ± 14,2	52,6 ± 9,1	90,0 ± 22,8	129,7 ± 24,8
14	89,6 ± 15,9	96,7 ± 23,5	142,9 ± 27,5	204,6 ± 26,1
15	60,9 ± 9,4	53,8 ± 13,4	94,2 ± 21,0	132,5 ± 33,6
16	16,7 ± 4,3	13,3 ± 4,7	15,5 ± 4,0	22,5 ± 8,8
17	16,0 ± 4,3	13,0 ± 4,5	16,1 ± 4,0	26,2 ± 10,6
18	24,4 ± 3,8	19,6 ± 6,6	25,7 ± 8,6	38,3 ± 15,5
19	19,7 ± 3,9	13,9 ± 4,8	16,6 ± 4,7	26,2 ± 12,3
20	26,3 ± 5,6	24,1 ± 4,6	23,3 ± 3,3	23,5 ± 3,4

*Примечание.* № — порядковый номер параметра. Все размеры приведены в миллиметрах.

Среди всех исследуемых показателей только два изменяются в сторону уменьшения: число витков в центральной зоне и число радиусов. Причем по второму показателю достоверных различий не выявлено. То есть можно говорить о том, что число радиусов является тем параметром сети, который достаточно постоянен и мало зависит от возраста.

Наиболее последовательна динамика изменения размеров центральной зоны и ловчей зоны и длин радиусов. Видимое увеличение числа ловчих нитей происходит только на взрослой стадии. Наибольший разброс в результатах получился по размерам свободной зоны. Например, на взрослой стадии этот показатель изменялся от 2 до 31 мм, встречались даже сети, в которых свободная зона совсем отсутствовала. Этот показатель представляется наименее информативным и мало зависящим от возраста.

Таким образом, на основании проведенных исследований возрастной структуры ловчих сетей пауков-кругопрядов *A. marmoreus* можно считать, что основной алгоритм построения ловчих сетей формируется на третьей личиночной стадии и не претерпевает существенных изменений в динамике развития (см. табл. 38).

## Заключение

Одним из интереснейших аспектов жизни пауков является использование паутины в качестве специализированных средств и материалов в своей деятельности. Обладая способностью синтезировать и выделять слизистое вещество большой прочности — паутину, паукообразные адаптировали и эволюционно совершенствовали свое поведение по оптимизации использования паутины в течение всей жизни. Рождение большинства видов пауков происходит в семейном домике, построенном из паутины. Распространение пауков происходит также с использованием паутины, которая разносится ветром. Паутина используется в качестве «альпинистского» снаряжения, в нее заворачиваются пойманные насекомые, с ее помощью делаются подводные, наземные и подземные убежища и различной формы ловчие сети.

Наибольшего совершенства достигли колесовидные ловчие сети пауков размерами от нескольких метров до нескольких сантиметров. Для каждого вида пауков характерна типичность видового построения сетей. Размеры ловчих сетей существенно зависят от возраста пауков, биологических условий и факторов внешней среды. Необходимо отметить схожесть поведения в процессе построения ловчих сетей.

Исследование алгоритмов поведения 14 видов наиболее распространенных в Западной Сибири пауков-кругопрядов позволило нам выделить три основные составляющие поведенческой стратегии.

Первая составляющая — наследственная, ответственная за видоспецифичную пространственную структуру ловчих сетей.

Вторая составляющая существенно зависит от характера попадаемых насекомых и изменяется в соответствии с доминирующими размерами добычи.

Третья составляющая варьирует в зависимости от внешних биологических и климатических условий.

В то же время влияние антропогенных факторов в зависимости от их интенсивности, нарушая структуру наиболее вариабельных составляющих поведения паукообразных, изменяет корреляционные взаимоотношения в пространственной структуре всей ловчей сети. В зависимости от типа физико-химических воздействий можно выделить характерные для внешних факторов

специфичные адаптивные нарушения ловчих сетей. Следовательно, структура ловчих сетей пауков-кругопрядов может быть использована в качестве биоиндикационного метода оценки состояния окружающей среды.

В эволюционном аспекте уровень структурированности ловчих сетей может быть использован при анализе эволюционных поведенческих алгоритмов паукообразных.

Таким образом, проведенные исследования ловчих сетей пауков-кругопрядов значительно расширяют наши представления о биологической роли поведения беспозвоночных животных, стимулируют более плодотворные исследования в данном направлении.

## Литература

1. Гудошников С.В. Определитель растений Томской области / С.В. Гудошников. – Томск, 1965. – 300 с.
2. Иванов А.В. Пауки, их строение, образ жизни и значение для человека / А.В. Иванов. – Л. : Изд-во ЛГУ, 1965. – 304 с.
3. Карташева А.А. Биоиндикационные изменения в структуре ловчих сетей пауков вблизи автострад / А.А. Карташева // 4-я междунар. экол. конф. «Экология России и сопредельных территорий. Экологический катализ». – Новосибирск, 1999. – С. 30–31.
4. Карташева А.А. Видовое разнообразие пауков — биоиндикатор степени антропогенного воздействия / А.А. Карташева // 40-я междунар. науч. студ. конф. «Студент и научно-технический прогресс». – Новосибирск, 2002. – С. 23–24.
5. Карташева А.А. Структура ловчих сетей пауков — экспресс-методика экологического мониторинга / А.А. Карташева // 6-я Пущинская конф. молодых ученых «Биология — наука XXI века». – М., 2002. – С. 75.
6. Карташева А.А. Экологические характеристики структуры ловчих сетей *S. hamata* / А.А. Карташева // 41-я междунар. науч. студ. конф. «Студент и научно-технический прогресс». – Новосибирск, 2003. – С. 115–116.
7. Карташева А.А. Биотопическая изменчивость ловчих сетей *A. marmoreus* (Aranei, Araneidae) / А.А. Карташева // 6-я регион. конф. по актуальным проблемам экологии, морской биологии и биотехнологии студентов, аспирантов, молодых преподавателей и сотрудников вузов Дальнего Востока России. – Владивосток, 2003. – С. 53–54.
8. Карташева А.А. Статистический анализ структуры ловчих сетей *S. conica* (Arachneda, Aranei) / А.А. Карташева // междунар. науч. шк.-конф. студентов и молодых ученых «Экология Южной Сибири и сопредельных территорий». – Абакан, 2003. – С. 78–80.
9. Карташева А.А. Экологические особенности структуры ловчих сетей пауков *L. patagiatus* (Aranei, Araneidae) при действии антропогенных факторов / А.А. Карташева // междунар. науч. конф. «Фауна Казахстана и сопредельных стран на рубеже веков: морфология, систематика, экология». – Алматы, 2004. – С. 134–136.



10. Карташев А.Г. Влияние автотранспорта на структуру ловчих сетей *Larinioides patagiatus* (Arachneda, Aranei) / А.Г. Карташев, А.А. Карташева // Сиб. экол. журнал. – 2004. – № 1. – С. 25–34.

11. Карташев А.Г. Биоиндикация экологического состояния окружающей среды / А.Г. Карташев. – Томск : Водолей, 1999. – 192 с.

12. Карташев А.Г. Видовая и популяционная информативность показателей ловчих сетей пауков рода *Araneus* (Aranei, Araneidae) / А.Г. Карташев, А.Н. Галкин // Зоол. журн. – 1990. – Т. 69, вып. 9. – С. 148–151.

13. Климат Томска / Л.И. Трифонова, И.А. Изнаирская, Л.И. Курыгина ; под ред. С.Д. Кошинского [и др.]. – Л. : Гидрометеиздат, – 1982. – 176 с.

14. Лукьянцев С.В. Фауна и экология пауков (Arachneda, Aranei) подзоны южной тайги Западной Сибири / С.В. Лукьянцев // дис. ... канд. биол. наук. – Томск, 1999. – 125 с.

15. Марусик Ю.М. Сравнительное изучение сетей пауков-кругопрядов (Aranei: Araneidae, Tetragnathidae, Uloboridae) Лагодехского заповедника / Ю.М. Марусик // Вестн. зоол. – 1987. – Вып. 3. – С. 83–86.

16. Непряхин А.Н. Почвы Томской области / А.Н. Непряхин. – Томск : Изд-во ТГУ, 1977. – 438 с.

17. Ончуров М.В. Сравнительное изучение сетей двух видов пауков-кругопрядов (Aranei, Araneidae) из Крыма / М.В. Ончуров // Уч. зап. Таврического нац. ун-та. – 2001. – Т. 14, № 2. – С. 25–29.

18. Положенцев П.А. О строении и прочности ловчих сетей некоторых пауков / П.А. Положенцев, Н.А. Акимцева // Вестн. зоол. – 1979. – № 4. – С. 86–88.

19. Положий А.В. Введение к изучению растительного покрова лесной зоны Западной Сибири / А.В. Положий, Е.П. Прокопьев, Ю.А. Львов. – Томск : Изд-во ТГУ, 1995. – 96 с.

20. Рябикова Т.П. Пауки-кругопряды сем. Araneidae юга Западной Сибири / Т.П. Рябикова. – Новосибирск, 1990. – 23 с.

21. Рябикова Т.П. К фауне пауков-кругопрядов (Arachneda, Aranei) юга Западной Сибири / Т.П. Рябикова // Пауки и насекомые Сибири. – Новосибирск, 1985. – С. 9–13.

22. Тарабаев Ч.К. О трофоэкологии пауков / Ч.К. Тарабаев // Фауна и экология пауков СССР : тр. ЗИН АН СССР, т. 139. – Л. : ЗИН АН СССР, 1985. – С. 99–104.

23. Тыщенко В.П. Определитель пауков Европейской части СССР / В.П. Тыщенко. – Л. : Наука, –1971. – 281 с.

24. Тыщенко В.П. Ловчие сети пауков-кругопрядов. 1. Обоснование метода эталонных сетей на примере двух видов рода *Araneus* / В.П. Тыщенко // Зоол. журн. – 1984. – Т. 63, № 6. – С. 839–847.

25. Тыщенко В.П. Ловчие сети пауков-кругопрядов. 3. Географическая изменчивость сетей у *Araneus marmoreus* / В.П. Тыщенко, Ю.М. Марусик // Зоол. журн. – 1985. – Т. 64, № 12. – С. 1816–1822.

26. Шумилова Л.В. Ботаническая география Сибири / Л.В. Шумилова. – Томск : Изд-во ТГУ, 1962. – 440 с.

27. Breed A.L. The fate of the intact orb web of the spider *Araneus diadematus* / A.L. Breed, V.D. Levine, D.B. Peakall, P.N. Witt // Journal of Arachnology. – 1964. – Vol. 7, № 3. – P. 259–295.

28. Chacon. Factors affecting numbers and kinds of prey caught in artificial spider webs, with consideration of how orb webs trap prey / Chacon, W.G. Eberhard // Bull Br. Arachnology. – 1980. – Vol. 5. – P. 29–38.

29. Eberhard W.G. Photography of orb webs in the field / W.G. Eberhard // Bul. Brit. Arachnology. – 1976. – Vol. 3, No. 7. – P. 200–204.

30. Eberhard W.G. Behavioral characters for the higher classification of orb-weaving spiders; Evolution / W.G. Eberhard. – 1982. – 36(5). – P. 1067–1095.

31. Eberhard W.G. Web-building behaviour of anapid, symphytognathid and mysmenid spiders (Araneae) / W.G. Eberhard // Journal of Arachnology. – 1986. – 14(3). – P. 339–355.

32. Eberhard W.G. Early stages of orb construction by *Philoponella vicinia*, *Leucauge mariana* and *Nephila clavipes* (Araneae, Uloboridae and Tetragnathidae) and their phylogenetic implications / W.G. Eberhard // Journal of Arachnology. – 1990. – 18(2). – P. 205–234.

33. Foelix R.F. Biology of Spiders, Harvard University Press / R.F. Foelix. – 1982. – 450 p.

34. Herberstein M.E. Asymmetry in spider orb-webs: a result of physical constraints? / M.E. Herberstein, A.M. Heiling // Animal Behaviour. – 1999. – Vol. 58, № 6. – P. 1241–1246.

35. Krieger M. Radienbau im Nets der Radnetzspinne / M. Krieger. Diplomarbeit, Universitat Basel. 1992. – P. 352.

36. Johanson R.R. The effect of DDT on the Webs of *Aranea diademata* / R.R. Johanson // *New. Soc. Fauna Flora Fenn.* – 1967. – Vol. 43. – P. 100–104.

37. Johanson R.R. Influence of DDT C1 on Web-Building in *Aranea diademata* / R.R. Johanson // *New. Soc. Fauna Flora Fenn.* – 1972. – Vol. 48. – P. 5–11.

38. Levi H.W. Orb-webs and phylogeny of orb-weavers / H.W. Levi // *Zool. Soc. Lond. Symp.* – 1978. – 42(1) – P. 1–15.

39. Lin L. Structural engineering of a spider's web / L. Lin, D. Edmonds, F. Vollrath // *Nature.* – 1995. – Vol. 373. – P. 146–148.

40. Marson J.E. Some observations on the variations in the camouflage devices used by *Cyclosa insulana* (Costa), an Asiatic spider, in its web / J.E. Marson // *Proc. Zool. Soc. London.* – 1947. – Vol. 117. – P. 219–227.

41. Masters M.W. Functional explanation of top-bottom asymmetry in vertical orb-webs / M.W. Masters, A.A. Moffat // *Animal Behaviour.* – 1983. – Vol. 31. – P. 1043–1046.

42. Mayer G. Untersuchungen über Herstellung und Struktur des Radnetzes von *Aranea diadema* und *Zilla x-notata* mit besonderer Berücksichtigung des Unterschiedes von Jugend und Altnetzen / G. Mayer // *Zeitschrift für Tierpsychologie.* – 1952. – Vol. 9. – P. 337–362.

43. McClintock C. Research note notes on *Cyclosa insulana* (Araneae, Araneidae) of Papua New Guinea / C. McClintock // *Journal of Arachnology.* – 1999. – Vol. 27. – P. 685–688.

44. Neet C.R. Function and structural variability of the stabilimenta of *Cyclosa insulana* (Costa) (Araneae, Araneidae) / C.R. Neet // *Bulletin of the British Arachnological Society.* – 1990. – Vol. 8. – P. 161–164.

45. Opell B.D. Changes in spinning anatomy and thread stickiness associated with the origin of orb-weaving spiders / B.D. Opell // *Biological journal of the Linnean Society.* – 1999a. – Vol. 68. – P. 593–612.

46. Opell B.D. Redesigning spider webs: stickiness, capture area and evolution of modern orb-webs / B.D. Opell // *Evolutionary Ecology Research.* – 1999b. – Vol. 1. – P. 503–516.

47. Peters H.M. Studien am Nets der Kreuzspinne (*Aranea diadema*). 1. Die Grundstruktur des netzes und beziehungen zum Bauplan des Spinnenkörpers / H.M. Peters // *Zeitschrift für Morphologie und Ökologie der Tiere.* – 1937. – Vol. 32. – P. 613–649.

48. Peters H.M. Fine structure and function of capture threads / H.M. Peters // In: *Ecophysiology of spiders* (W. Nentwig ed.), Springer, Berlin. 1987. – P. 187–202.

49. Peters H.M. On the structure and glandular origin of bridging lines used by spider for moving to distant places / H.M. Peters // *Acta Zool. Fennica*. – 1989. – Vol. 190. – P. 309–314.

50. Polesny F. Effects of three selected insecticides on the cross-spider *Araneus diadematus* Cl. (Araneidae) / F. Polesny // *Pflanzenschutzberichte*. – 1988. – Vol. 49, № 1. – P. 9–16.

51. Retnakaran A. Web-spinning in Spiders is unaffected by the Moltinhibiting insect-growth regulator BAY SIR 8514 / A. Retnakaran, L. Smith // *Bi-Month. Res. Notes* (Ottawa). – 1980. – Vol. 36, № 1. – P. 19–20.

52. Rhisiart A. Design features of a spider's orb web / A. Rhisiart, F. Vollrath // *Behav. Ecol.* – 1994. – Vol. 5. – P. 280–287.

53. Risch P. Quantitative analysis of web patterns in four species of spiders / P. Risch // *Behavior Genetics*. – 1977. – Vol. 7, № 3. – P. 199–238.

54. Sandoval C.P. Plasticity in web design in the spider. *Parawixia bistriata*: a response to variable prey type / C.P. Sandoval // *Funct. Ecol.* – 1994. – Vol. 8. – P. 701–707.

55. Savory T.H. *The spider's web* / T.H. Savory. – London : Frederick Warne. 1952. – 367 p.

56. Schneider J.M. The effect of prey type on the geometry of the capture web of *Araneus diadematus* / J.M. Schneider, F. Vollrath // Department of Zoology, University of Uhus, Denmark Received. – 1998. – Vol. 14, № 2. – P. 129–147.

57. Sherman P.M. The orb-web: an energetic and behavioural estimator of a spider's dynamic foraging and reproductive strategies / P.M. Sherman // *Anim Behav.* – 1994. – Vol. 48. – P. 19–34.

58. Shear W.A. *Spiders : Webs, Behavior and Evolution* / W.A. Shear. – Stanford University Press, 1986. – 310 p.

59. Tso I.M. Stabilimentum-decorated webs spun by *Cyclosa conica* (Araneae: Araneidae) trapped more insects than undecorated webs / I.M. Tso // *Journal of Arachnology*. – 1998. – Vol. 26. – P. 101–105.

60. Tilquin A. *La toite geometrique des araignees* / A. Tilquin // Presses Universitaires de France. – 1942. – Vol. 11. – P. 56–70.

61. Uetz G.W. Web placement, structure, and prey capture in orb-weaving spiders / G.W. Uetz, A.D. Johnson, D.W. Schemske // *Bulletin of the British Arachnological Society*. – 1978. – Vol. 4. – P. 141–148.
62. Vollrath F. Design variability in web geometry of an orb-weaving spider / F. Vollrath, M. Downes, S. Krackow // *Physiology & Behavior*. – 1997. – Vol. 62. – P. 735–743.
63. Vollrath F. The effect of starvation on web geometry in an orb-weaving spider / F. Vollrath, F. Samu // *Bull Br. Arachnol.* – 1997. – Vol. 10. – P. 295–298.
64. Wainwright S.A. Mechanical design in organisms / S.A. Wainwright, W.D. Biggs, J.D. Currey, J.M. Gosline. – Edward Arnold, London, 1976. – 357 p.
65. Wiehle H. Beiträge zur Kenntnis des Radnetzbaues der Epeiriden, Tetragnathiden und Uloboriden / H. Wiehle // *Zeitschrift für Morphologie und Ökologie der Tiere*. – 1927. – Vol. 8. – P. 468–537.
66. Wiehle H. Araneidae / H. Wiehle // *Die Tierwelt Deutsch., Spinnentiere*. Jena. 1931. – Bd 23. – 135 p.
67. Witt P.N.: Die Wirkung von Substanzen auf den Netzbau der Spinne als biologischer Test – Springer / P.N. Witt. – Verlag, Berlin. 1956. – P. 81–95.
68. Witt P.N. Changes in orb-webs of spiders during growth (*Araneus diadematus* Clerk and *Neoscona vertebrata* McCook) / P.N. Witt, R. Baum // *Behaviour*. – 1960. – Vol. 16. – P. 309–318.
69. Zshokke S. Web construction behaviour of the orb weaving spider *Araneus diadematus* Cl. / S. Zshokke. Dissertation, Universität Basel. 1994. – 177 P.
70. Zshokke S. Factors influencing the size of the orb web in *Araneus diadematus* / S. Zshokke // In: *Proceedings of the 16th European Colloquium of Arachnology* (Zabka M, ed). – 1997. – P. 329–334.
71. Zshokke S. Radius construction and structure in the orb-web of *Zilla diodia* (Araneidae) / S. Zshokke // *Journal of Comparative Physiology*. – 2000. – Vol. 186. – P. 999–1005.
72. Zshokke S. Form and function of the orb-web / S. Zshokke // In: *European Arachnology*. – 2002. – P. 99–120.
73. Zshokke S. Unfreezing the behaviour of two orb spiders / S. Zshokke, F. Vollrath // *Physiology & Behavior*. – 1995. – Vol. 58. – P. 1167–1173.

# Оглавление

Научное издание

**Карташев** Александр Георгиевич

**Карташева** Анна Александровна

**СТРУКТУРА ЛОВЧИХ СЕТЕЙ  
ПАУКОВ-КРУГОПРЯДОВ**

Монография

Корректор Л.И. Кирпиченко

Компьютерная верстка Е.Н. Ворониной

Подписано в печать 11.06.09. Усл. печ. л. 6,98.

Формат 60x84/16. Тираж 100 экз. Заказ 561.

Томский государственный университет  
систем управления и радиоэлектроники.

634050, г. Томск, пр. Ленина, 40.

Тел. 8(3822)533018.