

УДК 595.4+502.211:582.099+504.5:669.2/.8

Видовой состав паукообразных (*Arachnida: Aranei, Opiliones*) луговых сообществ на Среднем Урале: изменение под влиянием выбросов медеплавильного производства

М. П. Золотарёв, А. В. Нестерков, Т. К. Тунёва



Золотарев Максим Петрович, Нестерков Алексей Вадимович, Тунева Татьяна Константиновна, Институт экологии растений и животных УрО РАН, ул. 8 Марта, 202, г. Екатеринбург, 620144; zmp@ipae.uran.ru; nesterkov@ipae.uran.ru; tuneva@ipae.uran.ru

Поступила в редакцию 25 марта 2016 г.

Рассмотрен видовой состав населения луговых паукообразных на территории, подверженной воздействию атмосферных выбросов Среднеуральского медеплавильного завода (г. Ревда, Свердловская обл.). Материал собран в 2006–2008 гг. с помощью биоценометра; представлен таксономический список, содержащий 141 вид из 22 семейств. С приближением к источнику загрязнения в населении луговых паукообразных двукратно снижается видовое богатство, значительно меняется видовой состав; зоогеографическая структура не претерпевает радикальных изменений.

Ключевые слова: паукообразные, луга, медеплавильный завод, атмосферное загрязнение, тяжелые металлы, Средний Урал.

Планомерные комплексные исследования, основанные на материале из 13 географических точек Уральского региона, позволили оценить разнообразие и описать структуру фауны паукообразных Урала (Ёсюнин, 2015а). Показано, что разнообразие фауны относительно невелико, уровень ее эндемизма крайне низок, а реликтовые виды немногочисленны. В то же время на Среднем Урале, где Уральский хребет наиболее сглажен и облесен, разнообразие локальных фаун паукообразных достаточно высоко и не уступает таковому равнинных фаун Приуралья.

Высокое таксономическое разнообразие – одна из характерных особенностей

сообществ беспозвоночных (в том числе паукообразных), обитающих в ярусе травянистой растительности (Чернов, Руденская, 1975). Оно обеспечивается тем, что в состав населения яруса травостоя входят не только собственно хортобионты (наиболее типичные его обитатели), но также и хортофильные представители других ярусных групп, главным образом герпето- и стратобионтов. Ярусно-подвижные хортофильные беспозвоночные составляют подчас значительную долю населения травостоя; априорное их исключение может исказить выводы о структуре и разнообразии населения яруса травянистой растительности (Лагунов, 1994). При использовании био-

ценометра небольшой участок луга, включая травостой, поверхность почвы и всех застигнутых на данном участке беспозвоночных, оказывается в той или иной степени изолированным. Это позволяет, на наш взгляд, дать наиболее полную оценку ассоциаций паукообразных, включающую все ярусно-подвижные группы.

В данной работе мы рассматриваем паукообразных, населяющих луговые экосистемы в градиенте загрязнения атмосферными выбросами металлургического производства. Отметим, что исследователи, изучающие сообщества наземных беспозвоночных под действием загрязнения, чаще всего останавливают свой выбор на герпето-, страто- и педобионтах, что вызвано, по-видимому, наличием стандартизированных методик сбора материала. В полной мере это относится и к паукообразным (Readetal., 1998; Золотарев, 2009; Корonen, 2011; Воробейчик и др., 2012), в т.ч. при исследовании луговых экосистем (Hunteretal., 1987; Rabitsch, 1995). Изучение сообществ беспозвоночных, населяющих травостой, более трудоемко, что снижает их «привлекательность» для исследователей. В то же время высокое разнообразие населения травяного яруса позволяет ожидать более выраженную реакцию на стрессующие факторы. Насколько нам известно, в условиях загрязнения паукообразные в составе населения травостоя практически не исследованы, что делает актуальным их фаунистический анализ.

Ранее мы уже приводили некоторые данные по паукообразным травяного яруса лугов в зоне действия Среднеуральского медеплавильного завода (Нестерков, Воробейчик, 2009; Золотарев, Нестерков, 2015), но только на уровне надвидовых таксонов и экологических групп. В настоящей работе приведены данные о видовом составе луговых арахноценозов на территориях с разным уровнем промышленного загрязнения.

РАЙОН ИССЛЕДОВАНИЯ

Работа выполнена в окрестностях Среднеуральского медеплавильного завода (СУМЗ, г. Ревда, Свердловская обл.), действующего с 1940 г. и до недавнего времени считавшегося одним из крупнейших источников промышленного загрязнения в России. Основные ингредиенты выбросов — SO_2 и тяжелые металлы (Cu, Zn, Cd и Pb). Характер загрязнения и техногенной трансформации экосистем подробно описан ранее (Воробейчик и др., 1994, 2014). Пробные площади расположены на трех участках: в импактной (1 км к западу от завода), буферной (4 км) и фоновой (30 км) зонах загрязнения (см. рисунок) на вторичных суходольных лугах, сформировавшихся на лесных полянах размером 3–5 тыс. м² в результате вырубки леса около 60 лет назад.

Флористический состав луговой растительности сильно различается в разных зонах нагрузки, что связано с исчезновением чувствительных видов разнотравья и замещением их злаками. В фоновой зоне луга разнотравные, растительный покров сомкнутый, многоярусный, с развитой архитектурой из ветвящихся и переплетающихся растений. В буферной зоне луга разнотравно-злаковые, характеристики растительного покрова сходны с фоновыми показателями. В импактной зоне луга злаковые, абсолютный доминант — полевица тонкая; архитектура и ярусность растительного покрова упрощены, проективное покрытие и общая биомасса сильно снижены. Более подробно луговые участки описаны нами ранее (Нестерков, Воробейчик, 2009).

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Сбор беспозвоночных проводили в 2006–2008 гг. с помощью модифицированного биоценометра Конакова–Онишимовой (площадь основания 0.25 м²). В каждый год учеты осуществляли в 3 тура, приуроченных ко 2-й половине каждого летнего месяца (июнь, июль,



Схема района исследований: 1 – территория населенных пунктов, 2 – дороги, 3 – реки и водохранилища, 4 – СУМЗ, 5 – пробные площади: Ф – в фоновой зоне, Б – в буферной, И – в импактной.

Schematic map of the study area: 1 – settlement territory, 2 – driveways, 3 – rivers and water reservoirs, 4 – MUCS, 5 – sampling plots located in: Ф – background zone, Б – buffer zone, И – impact zone.

август). Пробные площади (ПП) размером 50×50 м, по три в каждой зоне нагрузки, располагали на расстоянии 100–300 м друг от друга. Конструкция биоценометра (Нестерков, 2014), а также методика и порядок сбора проб (Нестерков, Воробейчик, 2009) подробнее описаны ранее.

Объем выборки составил 10 проб на ПП за один тур учета. За все 3 года исследований собрано 810 проб (по 270 в каждый год), отловлено 3824 экз. пауков (видовая принадлежность установлена для 1364 экз.) и 332 экз. сенокосцев. До уровня видов были определены половозрелые особи и те из неполовозрелых, видовая принадлежность которых не вызвала сомнений. Номенклатура пауков приведена по N. Platnick (2013), сенокосцев – по Г. Ш. Фарзалиевой и С. Л. Есюнину (1999).

Виды паукообразных распределены по 18 вариантам биотопической приуроченности (Есюнин, 2015б, а также неопубликованные данные, предоставленные д.б.н. С. Л. Есюниным), которые для удобства анализа мы сгруппировали в 4 основных типа: *лесо-лугово-болотный* (включает лесо-болотный и лугово-болотный варианты); *лугово-лесной* (болотно-лесной, лесной, лугово-лесной, степно-лугово-лесной, тундрово-лугово-лесной); *лесо-луговой* (болотно-лесо-луговой, лесо-луговой, луговой, пойменно-луговой, степно-лесо-луговой); *лугово-степной* (лесо-степно-луговой, степно-луговой, лесо-лугово-степной, лесо-степной, лугово-степной, солонцово-степной). В данной классификации предпочитаемый тип биотопа соответствует последнему значению характеристики.

Для оценки значимости различий параметров населения паукообразных между зонами нагрузки, годами и этапами учетов использовали трехфакторный дисперсионный анализ, а также множественные сравнения с помощью теста Тьюки (Микрюков, 2014).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На исследуемых лугах нами обнаружен 141 вид паукообразных: 134 вида пауков из 20 семейств и 7 видов сенокосцев из двух семейств (табл. 1). В фоновой зоне отмечено 97 видов паукообразных: 90 видов пауков из 19 семейств и 7 видов сенокосцев из двух семейств. В буферной зоне ситуация сходная: 97 видов паукообразных (91 вид пауков из 16 семейств и 6 видов сенокосцев из 2 семейств). В импактной зоне видовое богатство группы сильно снижено: отмечено 48 видов пауков из 13 семейств, а сенокосцы в травостое вблизи завода не обнаружены.

Ранее мы (Золотарев, Нестерков, 2015) показали, что с приближением к заводу видовое разнообразие паукообразных снижается (значения индекса Шеннона в фоновой зоне — 2.4 ± 0.1 , в буферной — 2.1 ± 0.1 , в импактной — 1.4 ± 0.1), тогда как доминирование в арахноценозах, напротив, увеличивается (значения индекса Бергера-Паркера 0.25 ± 0.02 , 0.29 ± 0.03 и 0.42 ± 0.10 соответственно).

В арахноценозе импактной зоны происходит отчетливая смена видового состава. Только 16% от общего количества видов паукообразных встречено во всех зонах загрязнения (22 вида из 141); всего 22% от количества видов, отмеченных в фоновой зоне, обнаружены в импактной (23 вида из 97). В фоновой зоне доминируют сенокосцы — *Oligolophus tridens*, *Lacinius ephippiatus* (пик обилия в середине лета) и *Lophopilio palpinalis* (суммарное обилие больше, чем у предыдущего вида). Субдоминантами выступают пауки *Bolyphantes alticeps*, *Marpissa pomatia* и *Piratulula hygrophila*. В буферной зоне преобладает *B. alticeps*, а субдоминанты — *O. tridens* и *P. hygrophila*. В то же время в импактной зоне доминируют пауки *Minicia marginella*, *Sibianor larvae*, *Philodromus* sp. и *Thanatus formicinus*. Тенденция к смене видового состава особенно выражена у Theridiidae (в градиенте загрязнения видовой состав меняется полностью при относительно постоянном видовом богатстве и

обилии), а также у Araneidae и Salticidae. Изменение видового состава в градиенте загрязнения не установлено для единственного семейства — Philodromidae.

На надвидовом уровне арахноценозы разных зон загрязнения также различаются: только 12 из 22 семейств паукообразных, отмеченных для района исследований, встречаются во всех зонах загрязнения. В импактной зоне не зарегистрированы представители 6 семейств пауков (Pisauridae, Oxyopidae, Dictynidae, Mimetidae, Eutichuridae и Liocranidae) и обоих семейств сенокосцев (Nemastomatidae и Phalangiidae). В буферной зоне отмечено семейство Corinnidae, не обнаруженное в других зонах нагрузки (см. табл. 1).

В фоновой и буферной зонах преобладают мезофильные виды, предпочитающие умеренные условия увлажнения. В видовом богатстве импактной зоны увеличивается доля лугово-степных видов (с 16% в фоновой зоне до 44%; $p < 0.001$) и снижается — лугово-лесных (с 54% до 24%; $p < 0.001$), при этом появляющиеся виды являются преимущественно ксерофильными, а исчезающие — гигро- и мезофильными (табл. 2).

Основу населения паукообразных во всех зонах загрязнения составляют палеарктические виды температурного комплекса (более 50% от общего числа видов), многочисленны также голарктические виды (в среднем 25%). Доля европейско-сибирских видов составляет в среднем 30%, что выше значения, указанного С. Л. Есюниным (2015а) для фауны паукообразных Урала и связано, вероятно, с локальной спецификой. Доля бореальных видов в среднем равна 6%, неморальных — 15%, полизональных — 8%; интразональные виды не обнаружены. Под действием загрязнения радикальных изменений в зоогеографической структуре арахноценозов не происходит.

В качестве наиболее вероятных причин описанных изменений мы (Золотарев, Нестерков, 2015) рассматриваем прямой токсический эффект тяжелых ме-

Таблица 1. Видовой состав и основные зоогеографические и экологические характеристики населения луговых паукообразных в градиенте загрязнения выбросами СУМЗ
 Table 1. Species composition and basic zoogeographical and ecological parameters of grassland arachnid communities in the gradient of air pollution with MUCS emissions

Таксон	Д	Ш	Вл	БП	Зона нагрузки и тур учета										
					Фоновая			Буферная			Импактная				
					І	ІІ	ІІІ	І	ІІ	ІІІ	І	ІІ	ІІІ		
Aranei															
Theridiidae: <i>Asagena phalerata</i> (Panzer 1801)	п	пл	к	ст	-	-	-	-	-	-	-	-	ед	ед	ед
<i>Canalidion montanum</i> (Emerton 1882)	г	б	м	лес	-	-	-	-	ед	-	-	-	-	-	-
<i>Crustulina guttata</i> (Wider 1834)	п	т	к	ст	-	-	-	-	-	-	ед	-	ед	ед	ед
<i>Cryptachaea riparia</i> (Blackwall 1834)	п	т	м	лес	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Eoplognatha ovata</i> (Clerck 1757)	г	т	м	лес	ед	-	-	-	ед	-	-	-	-	-	-
<i>Neottiura bimaculata</i> (Linnaeus 1767)	г	т	к	ст	ед	ед	ед	ед	ед	-	-	-	-	-	-
<i>Phylloneta impressa</i> (L. Koch 1881)	г	пл	к	ст	-	-	-	-	-	-	ед	-	ед	ед	-
<i>P. sisyphia</i> (Clerck 1757)	п	пл	м	лес	-	-	-	-	-	-	ед	-	-	-	-
<i>Robertus arundineti</i> (O.P.-Cambridge 1871)	п	т	к	луг	-	-	-	-	мал	-	-	-	ед	-	-
<i>Rugathodes aurantius</i> (Emerton 1915)	г	б	м	лес	мал	ед	ед	ед	-	-	-	-	-	-	-
<i>Steatoda</i> sp.	-	-	к	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	ед
<i>Theridion</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	ед	-	ед
Linyphiidae: <i>Agyneta affinis</i> (Kulczynski 1898)	п	б	м	лес	ед	-	-	-	ед	-	-	-	ед	-	ед
<i>Allomegea scopigera</i> (Grube 1859)	г	т	м	лес	-	-	-	-	ед	-	-	-	ед	-	-
<i>A. vidua</i> (L. Koch 1879)	г	н	г	луг	-	-	-	-	мал	-	-	мал	-	-	-
<i>Araeoncus humilis</i> (Blackwall 1841)	п	т	м	луг	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Bathypantes gracilis</i> (Blackwall 1841)	г	т	м	лес	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>B. nigrinus</i> (Westring 1851)	е-с	т	м	лес	мал	-	-	-	мал	-	ед	-	ед	-	-
<i>Bolyphantes alticeps</i> (Sundevall 1833)	п	т	м	лес	-	-	-	-	3	-	3	-	3	-	-
<i>Centromerus arcanus</i> (O.P.-Cambridge 1873)	е-с	т	м	лес	-	-	-	-	ед	-	-	-	-	-	-

Продолжение табл. 1

Таксон	Зона нагрузки и тур учета													
	Д	Ш	Вл	БП	Фоновая			Буферная			Импактная			
					І	ІІ	ІІІ	І	ІІ	ІІІ	І	ІІ	ІІІ	
<i>C. levitarsis</i> (Simon 1884)	е-с	Т	Г	лес	-	-	ед	-	-	-	-	-	-	-
<i>C. sylvaticus</i> (Blackwall 1841)	Г	Т	М	лес	-	ед	ед	-	-	ед	-	-	-	-
<i>Ceraticelus bulbosus</i> (Emerton 1882)	Г	бм	М	луг	-	-	ед	мал	мал	3	-	-	-	-
<i>Ceratinella brevis</i> (Wider 1834)	П	Т	М	лес	-	-	ед	-	ед	-	-	-	-	-
<i>Cnephalocotes obscurus</i> (Blackwall 1834)	Г	Т	М	луг	ед	-	ед	ед	-	ед	ед	ед	ед	ед
<i>Dismodicus bifrons</i> (Blackwall 1841)	е-с	Т	М	луг	мал	ед	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Erigonella ignobilis</i> (O.P.-Cambridge 1871)	П	Т	М	луг	мал	мал	мал	ед	ед	мал	-	-	-	-
<i>Floronia bucculenta</i> (Clerck 1757)	П	Н	М	лес	-	-	ед	-	-	-	-	-	-	-
<i>Goniatum rubellum</i> (Blackwall 1841)	П	Т	М	лес	-	ед	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Gongyldiellum latebricola</i> (O.P.-Cambridge 1871)	е-с	Н	М	лес	ед	-	-	ед	-	-	-	-	-	-
<i>Gongyldiellum murcidum</i> Simon 1884	П	Н	М	лес	-	-	-	-	ед	-	-	-	-	-
<i>Hypselistes jacksoni</i> (O.P.-Cambridge 1902)	Г	Т	М	лес	ед	-	ед	ед	-	мал	-	-	-	-
<i>Kaestneria pullata</i> (O.P.-Cambridge 1863)	Г	Т	М	луг	ед	-	ед	мал	мал	мал	-	-	-	-
<i>Linyphia triangularis</i> (Clerck 1757)	П	Т	М	лес	ед	-	-	-	-	ед	-	-	-	-
<i>Metopobactrus prominulus</i> (O.P.-Cambridge 1872)	Г	Т	М	луг	ед	ед	ед	-	-	-	-	-	-	-
<i>Microlinyphia pusilla</i> (Sundevall 1830)	Г	Т	М	ст	ед	-	ед	мал	-	-	мал	ед	-	-
<i>Minicia marginella</i> (Wider 1834)	П	Т	К	ст	-	-	-	мал	ед	-	ср	мал	ср	-
<i>Neritene clathrata</i> (Sundevall 1830)	Г	Т	М	лес	-	-	мал	-	ед	-	-	-	-	-
<i>N. emphana</i> (Walckenaer 1841)	Г	Т	М	лес	-	ед	-	-	-	ед	-	-	-	-
<i>Notioscopus sarcinatus</i> (O.P.-Cambridge 1872)	Г	Т	Г	лес	-	-	ед	-	-	-	-	-	-	-
<i>Oedoiothorax apicatus</i> (Blackwall 1850)	П	Т	М	ст	-	-	-	-	ед	-	-	-	-	-
<i>O. retusus</i> (Westring 1851)	П	Т	М	луг	-	ед	ед	ед	ед	ед	ед	ед	-	-
<i>Pocadicnemis pumila</i> (Blackwall 1841)	Г	Т	М	луг	мал	ед	мал	мал	мал	мал	мал	мал	-	-
<i>Porrhonna pygmaeum</i> (Blackwall 1834)	П	Т	М	лес	-	-	-	ед	-	-	-	-	-	-

Продолжение табл. 1

Таксон	Зона нагрузки и тур учета													
	Д	Ш	Вл	БП	Фоновая			Буферная			Импактная			
					І	ІІ	ІІІ	І	ІІ	ІІІ	І	ІІ	ІІІ	
<i>Semijicola thaleri</i> (Eskov 1981)	е-с	бм	м	луг	-	-	-	ед	ед	-	-	-	-	-
<i>Silometopus elegans</i> (O.P.-Cambridge 1872)	е-с	т	г	луг	ед	-	-	-	ед	-	-	-	-	-
<i>Sphyloctetor stativus</i> (Simon 1881)	г	т	м	лес	ед	ед	ед	ед	-	ед	-	-	-	-
<i>Tallusia experta</i> (O.P.-Cambridge 1871)	е-с	т	г	луг	ед	-	мал	ед	-	мал	-	-	-	-
<i>Tenuiphantes alacris</i> (Blackwall 1853)	п	т	м	лес	-	-	ед	-	-	-	-	-	-	-
<i>T. mingei</i> (Kuleczyński 1887)	п	т	м	лес	-	-	ед	ед	-	ед	-	-	-	-
<i>T. nigriventris</i> (L. Koch 1879)	г	б	м	лес	-	-	-	-	-	ед	-	ед	-	-
<i>Trematocephalus cristatus</i> (Wider 1834)	п	т	м	лес	ед	-	-	ед	-	-	-	-	-	-
<i>Walckenaeria alticeps</i> (Denis 1952)	е-с	т	м	лес	-	-	ед	-	-	-	-	-	-	-
<i>W. antica</i> (Wider 1834)	п	т	м	лес	-	-	-	-	-	-	-	ед	-	-
<i>W. kochi</i> (O.P.-Cambridge 1872)	п	т	г	луг	-	-	-	-	-	-	-	ед	-	-
<i>W. mitrata</i> (Menge 1868)	е-с	т	м	лес	-	-	-	-	-	-	-	ед	-	-
<i>W. nudipalpis</i> (Westring 1851)	п	т	м	лес	-	-	-	ед	-	-	-	-	-	-
<i>W. unicoloris</i> O.P.-Cambridge 1861	е-с	т	м	лес	-	-	ед	-	-	-	-	-	-	-
<i>W. vigilax</i> (Blackwall 1853)	г	т	м	лес	ед	ед	ед	ед	ед	ед	-	-	-	-
Tetragnathidae: <i>Metellina mingei</i> (Blackwall 1870)	п	т	м	лес	-	-	-	ед	-	-	-	-	-	-
<i>Pachygnatha degeeri</i> Sundevall 1830	п	т	м	луг	-	-	ед	ед	-	ед	-	-	-	-
<i>P. listeri</i> Sundevall 1830	п	т	м	лес	ед	-	мал	ед	-	ед	-	-	-	-
<i>Tetragnatha extensa</i> (Linnaeus 1758)	пл	пл	м	лес	ед	-	-	ед	-	-	-	-	-	-
<i>T. pinicola</i> L. Koch 1870	п	т	м	лес	ед	-	-	ед	ед	ед	-	-	-	ед
Araneidae: <i>Araneus alsine</i> (Walckenaer 1802)	п	т	м	лес	-	-	ед	-	-	ед	-	-	-	-
<i>A. marmoreus</i> Clerck 1757	г	т	м	лес	-	-	ед	-	-	-	-	-	-	-
<i>A. quadratus</i> Clerck 1757	п	т	м	луг	-	-	-	-	-	ед	-	-	-	ед
<i>A. sturni</i> (Hahn 1831)	п	т	м	лес	-	-	ед	-	-	-	-	-	-	-

Продолжение табл. 1

Таксон	Зона нагрузки и тур учета													
	Фоновая			Буферная			Импактная							
	Д	Ш	Вл	БП	И	II	III	И	II	III	И	II	III	
<i>Araniella</i> sp.	-	-	М	-	-	-	-	-	-	-	-	-	ед	ед
<i>Argiophe bruennichi</i> juv. (Scopoli 1772)	П	н-стр	К	ст	-	ед	-	ед	-	ед	-	ед	-	ед
<i>Cercidia prominens</i> (Westring 1851)	Г	Т	М	лес	-	ед	-	ед	-	ед	-	ед	-	ед
<i>Cyclosa conica</i> juv. (Pallas 1772)	Г	Т	М	лес	-	ед	-	ед	-	ед	-	ед	-	ед
<i>Hyposinga pygmaea</i> (Sundevall 1831)	Г	пл	М	ст	-	-	-	-	-	-	-	ед	-	ед
<i>Singa</i> sp.	П	-	М	-	-	-	-	-	-	-	-	ед	-	ед
Lycosidae: <i>Alopecosa</i> sp.	-	-	М	-	ед	ед	-	ед	-	ед	-	ед	-	ед
<i>Pardosa fulvipes</i> (Collett 1876)	е-с	Т	М	луг	мал	мал	ед	мал	мал	мал	мал	мал	мал	ед
<i>P. lugubris</i> (Walckenaer 1802)	П	Т	М	лес	мал	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>P. palustris</i> (Linnaeus 1758)	Г	Т	М	луг	-	-	-	-	-	-	-	-	мал	ед
<i>P. riparia</i> (C.L. Koch 1833)	П	Т	Г	луг	ед	-	-	-	мал	ед	ед	ед	ед	ед
<i>P. sphagnicola</i> (Dahl 1908)	е-с	Т	Г	б	ед	мал	-	мал	ед	ед	ед	мал	ед	ед
<i>Pirata uliginosus</i> (Thorell 1856)	е-с	Т	Г	луг	ед	ед	ед	ед	-	ед	-	ед	-	ед
<i>Piratula hygrophila</i> (Thorell 1872)	е-с	Т	М	луг	мал	мал	-	мал	ед	ед	ед	ед	-	ед
<i>Trochosa ruricola</i> (De Geer 1778)	П	Т	М	луг	ед	ед	ед	ед	-	ед	-	ед	-	ед
<i>T. terricola</i> Thorell 1856	П	Т	М	лес	-	ед	-	ед	-	ед	-	ед	-	ед
Pisauridae: <i>Dolomedes fimbriatus</i> (Clerck 1757)	П	Н	М	ст	ед	ед	ед	ед	-	ед	-	ед	-	ед
<i>Pisaura mirabilis</i> (Clerck 1757)	П	Н	М	ст	ед	ед	ед	ед	-	ед	-	ед	-	ед
Oxyopidae: <i>Oxyopes ramosus</i> juv. (Martini & Goeze 1778)	е-с	Т	К	ст	мал	мал	мал	мал	ед	ед	ед	ед	-	ед
Zoridae: <i>Zora armillata</i> Simon 1878	П	Н	М	луг	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Z. spinimana</i> (Sundevall 1833)	П	Т	М	лес	ед	ед	ед	ед	-	ед	-	ед	-	ед
Hahniidae: <i>Antistea elegans</i> (Blackwall 1841)	П	б	Г	б	-	ед	ед	мал	ед	ед	ед	ед	-	ед
<i>Hahnia ononidum</i> Simon 1875	П	Т	М	лес	-	-	-	ед	-	ед	-	ед	-	ед

Продолжение табл. 1

Таксон	Д	Ш	Вл	БП	Зона нагрузки и тур учета											
					Фоновая			Буферная			Импактная					
					И	II	III	И	II	III	И	II	III			
<i>H. pusilla</i> C.L. Koch 1841	е-с	н	м	лес	-	-	ед	ед	-	ед	ед	-	-	-		
Dictynidae: <i>Dictyna arundinacea</i> (Linnaeus 1758)	г	пл	м	луг	ед	-	-	ед	-	-	-	-	-	-		
Mimetidae: <i>Ero cambridgei</i> Kulczyński 1911	п	т	м	ст	-	-	ед	-	-	-	-	-	-	-		
<i>E. furcata</i> (Villers 1789)	п	т	м	лес	-	-	-	-	-	-	ед	-	-	-		
Eutichuridae: <i>Cheiracanthium erraticum</i> (Walckenaer 1802)	п	н	к	ст	ед	ед	-	-	-	-	-	-	-	-		
Liocranidae: <i>Agroeca</i> sp.	-	-	-	-	-	-	ед	ед	-	-	-	-	-	-		
Clubionidae: <i>Clubiona caerulescens</i> L. Koch 1867	п	т	м	лес	ед	-	ед	-	-	-	-	-	-	-		
<i>C. diversa</i> O.P.-Cambridge 1862	е-с	т	м	ст	-	-	-	-	-	-	ед	-	-	-		
<i>C. kulczyński</i> Lessert 1905	г	т	м	луг	ед	мал	ед	мал	ед	ед	-	-	-	-		
<i>C. lutescens</i> Westring 1851	г	т	м	лес	мал	ед	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>C. neglecta</i> O.P.-Cambridge 1862	п	т	м	луг	ед	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>C. stagnatilis</i> Kulczyński 1897	п	т	м	лес	ед	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>C. subtilis</i> L. Koch 1867	п	н	м	ст	-	-	-	-	-	ед	-	-	-	-		
Corinnidae: <i>Phrurolithus festivus</i> (C.L. Koch 1835)	п	н	к	ст	-	-	-	ед	-	-	-	-	-	-		
Gnaphosidae: <i>Drassodes pubescens</i> (Thorell 1856)	п	н	м	ст	-	-	-	-	-	-	-	-	ед	-		
<i>Drassyllus praeficus</i> (L. Koch 1866)	п	т	к	ст	-	-	-	-	-	-	-	-	ед	-		
<i>Haplodrassus pseudosignifer</i> Marusik Hippa et Koponen 1996	е-с	н	м	ст	-	-	-	-	-	-	-	-	ед	-		
<i>H. soerenseni</i> (Strand 1900)	п	т	м	лес	-	-	-	-	-	-	-	-	ед	-		
<i>Micaria pulicaria</i> (Sundevall 1831)	г	т	к	ст	ед	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>Zelotes clivicola</i> (L. Koch 1870)	е-с	т	м	ст	-	-	-	-	-	-	-	-	-	ед		
<i>Z. subterraneus</i> (C.L. Koch 1833)	п	т	м	лес	-	-	-	-	-	-	-	-	-	ед		
Sparassidae: <i>Micrommata virescens</i> (Clerck 1757)	п	н	м	ст	мал	мал	ед	ед	-	ед	-	ед	-	-		

Продолжение табл. 1

Таксон	Зона нагрузки и тур учета														
	Д	Ш	Вл	БП	Фоновая			Буферная			Импактная				
					І	ІІ	ІІІ	І	ІІ	ІІІ	І	ІІ	ІІІ		
Philodromidae: <i>Philodromus</i> sp.	-	-	М	-	ед	ед	ед	ед	ед	ед	ед	мал	-	мал	
<i>Thanatus formicinus</i> (Clerck 1757)	Г	Т	К	ст	-	-	-	-	-	-	-	-	-	мал	ед
<i>Tibellus oblongus</i> (Walckenaer 1802)	Г	пл	М	ст	ед	-	-	-	-	-	-	-	-	ед	-
Thomisidae: <i>Ebrechtella tricuspidata</i> sp. (Fabricius 1775)	П	н	К	ст	-	-	ед	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Misumena vatia</i> (Clerck 1757)	Г	пл	М	ст	ед	ед	ед	ед	ед	мал	ед	-	-	-	-
<i>Ozyptila trux</i> (Blackwall 1846)	П	Т	М	лес	мал	ед	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Thomisus onustus</i> juv. Walckenaer 1805	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	ед
<i>Xysticus audax</i> (Schrank 1803)	е-с	Т	М	лес	-	-	-	-	ед	-	ед	-	-	-	-
<i>X. bifasciatus</i> C.L. Koch 1837	П	Т	М	луг	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	ед
<i>X. cristatus</i> (Clerck 1757)	П	Т	М	ст	-	-	-	-	ед	-	ед	-	-	ед	-
<i>X. luctuosus</i> (Blackwall 1836)	П	Т	М	лес	ед	-	ед	ед	-	-	-	-	-	-	ед
<i>X. obscurus</i> Collett 1877	Г	бМ	М	луг	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>X. ulmi</i> (Hahn 1831)	П	Т	М	луг	-	-	-	-	ед	-	ед	-	-	-	-
Salticidae: <i>Euophrys frontalis</i> (Walckenaer 1802)	П	Т	К	лес	ед	ед	ед	ед	-	-	-	мал	ед	-	-
<i>Evarcha arcuata</i> (Clerck 1757)	П	Т	М	луг	-	-	ед	ед	ед	мал	ед	ед	ед	мал	-
<i>E. falcata</i> (Clerck 1757)	П	Т	М	луг	мал	мал	ед	ед	ед	ед	ед	ед	ед	-	ед
<i>Heliophanus camtschadalicus</i> Kulczyński 1885	е-с	б	М	лес	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Marpissa pomatia</i> (Walckenaer 1802)	П	Т	М	ст	ед	мал	мал	ед	ед	ед	ед	-	-	-	-
<i>Sibianor tarae</i> Logunov 2001	е-с	б	К	ст	ед	ед	ед	ед	ед	ед	ед	мал	мал	мал	ед
<i>Sitticus caricus</i> (Westring 1861)	П	б	М	б	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Talavera aequipes</i> (O.P.-Cambridge 1871)	П	н-стп	К	ст	ед	-	-	-	ед	ед	-	ед	-	ед	ед
Opiliones															
Nemastomatidae: <i>Nemastoma lugubre</i> (O.F. Müller 1776)	Г	н	Г	лес	-	ед	мал	-	-	-	-	ед	-	-	-

Окончание табл. 1

Таксон	Зона нагрузки и тур учета														
	Д	Ш	Вл	БП	Фоновая			Буферная			Импактная				
					І	ІІ	ІІІ	І	ІІ	ІІІ	І	ІІ	ІІІ		
Phalangidae: <i>Lacinius ephippiatus</i> (C.L. Koch 1835)	е-с	н	м	лес	ед	ед	ед	ед	ед	ед	ед	ед	-	-	-
<i>Lophopilio palpinalis</i> (Herbst 1799)	е-с	н	м	лес	ед	мал	мал	ед	ед	ед	ед	ед	-	-	-
<i>Mitorus morio</i> (Fabricius 1779)	г	пл	м	луг	-	мал	-	-	-	-	-	ед	-	-	-
<i>Oligolophus tridens</i> (C.L. Koch 1836)	е-с	н	м	лес	-	сп	мн	ед	ед	ед	сп	ед	-	-	-
<i>Phalangium opilio</i> Linnaeus 1758	г	н-стр	м	луг	-	ед	ед	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Rhilaena triangularis</i> (Herbst 1799)	е-ам	н	м	лес	мал	мал	-	-	-	-	ед	-	-	-	-
Aranei	54	42	62	62	57	37	50	34	21	24					
Opiliones	3	7	5	1	3	6	-	-	-	-					
Все паукообразные	57	49	67	58	40	56	34	21	24						

Примечание. Для видов приведено относительное обилие (суммированное за три года исследования) по 5-балльной логарифмической шкале (Песенко, 1982): ед – единично, мал – мало, ср – средне, мн – много, для отрядов и всех паукообразных – количество видов. Прочерк в таблице – таксон не обнаружен. юв. – видовая принадлежность установлена для ювенильных особей. Д – долготное распределение (г – голарктический, е-ам – европейско-американский, е-с – европейско-сибирский, п – палеарктический, пл – полизональный); Ш – широтное распространение (б – boreальный, бм – бореомонтанный, н – неморальный, н-стп – неморально-степной, н-стр – неморально-субтропический, пл – полизональный, т – температурный); Вл – экологическая группа по отношению к влажности (г – гидрофил, к – ксерофил, м – мезофил); БП – биотопическая приуроченность (б – лесосо-лугово-болотный, лес – лугово-лесной, луг – лесо-луговой, ст – лугово-степной). Зональные и биотопические характеристики даны по: С. Л. Есюнин (2015б), а также на основе неопубликованных данных, предоставленных С. Л. Есюниным.

Note. The relative abundance of species (summarized for the 3 years of study) is presented on a 5-point logarithmic scale (Pesenko, 1982): ед – single specimens, мал – few, ср – medium, мн – many specimens; the fifth point was not presented. For orders and all the arachnids, the total number of species is given. A dash means that the taxon was not found; юв. – the species was identified in juvenile individuals; Д – longitudinal distribution (г – holarctic, е-ам – European-American, е-с – European-Siberian, п – paleartic, пл – polyzonal); Ш – latitudinal distribution (б – boreal, бм – boreomontane, н – nemoral, н-стп – nemoral-steppe, н-стр – nemoral-subtropical, пл – polyzonal, т – temperate); Вл – ecological group in relation to the level of humidity (г – hygrophilous, к – xerophilous, м – mesophilous); БП – biotopic specificity (б – forest-meadow-marsh, лес – meadow-forest, луг – forest-meadow, ст – meadow-steppe). The zonal and biotopic parameters were identified on the basis of the data provided by D. Sc. S. L. Esyunin from the Perm State University.

Таблица 2. Распределение видового богатства по зоогеографическим и экологическим группам в населении луговых паукообразных на территориях с разной токсической нагрузкой

Table 2. Distribution of species abundance among the zoogeographical and ecological groups in grassland arachnid communities in areas with different toxic load

Группа	Зона нагрузки		
	Фоновая	Буферная	Импактная
Долготное распределение			
Голарктическая	29	26	9
Европейско-американская	1	1	-
Европейско-сибирская	21	18	8
Палеарктическая	42	47	25
Полирегиональная	1	1	-
не установлено	3	4	6
Широтное распространение			
Бореальная	4	6	3
Бореомонтанная	1	3	-
Неморальная	13	13	7
Неморально-степная	1	1	1
Неморально-субтропическая	2	1	1
Полизональная	5	7	4
Температная	68	62	26
не установлено	3	4	6
Группа по отношению к влажности			
Гигрофильная	11	9	1
Мезофильная	76	73	33
Ксерофильная	9	13	12
не установлено	1	2	2
Биотопическая приуроченность			
Лесо-лугово-болотная	2	3	1
Лесо-луговая	26	27	12
Лугово-лесная	51	42	10
Лугово-степная	15	20	18
не установлено	3	5	7
Все паукообразные	97	97	48
Aganei	90	91	48
Opiliones	7	6	-

Примечание. Приведено количество видов, прочерк в таблице – группа не обнаружена.

Note. The numbers show the amount of species. A dash means that the taxon was not found.

таллов (наиболее выражен в отношении таксонов, тесно связанных с почвой и подстилкой), а также опосредованное загрязнением изменение среды обитания (обеднение видового разнообразия и упрощение архитектуры травостоя, модификация гидротермического режима в нем, приводящая к «аридизации» условий).

Во всех зонах наибольшее число видов, зарегистрированных в начале лета, относится к семействам Lycosidae и Tetragnathidae, а также Linyphiidae, в конце лета – главным образом к Linyphiidae, а также Araneidae и Phalangidae.

Сезонные изменения в уловистости паукообразных обусловлены главным образом тем, что взрослые особи у разных видов появляются в разные летние периоды (и, следовательно, возникает возможность установить их точную таксономическую принадлежность). В фоновой и буферной зонах некоторое снижение зарегистрированного количества видов (см. табл. 1) в середине лета статистически не подтверждается ($p = 0.912$ и $p = 0.221$), к концу лета значительно увеличивается ($p = 0.037$ и $p < 0.001$). В импактной зоне наибольшее количество видов зарегистрировано в начале лета; к середине оно сильно снижается ($p = 0.005$) и далее значимо не изменяется ($p = 0.999$). Эта ситуация повторялась из года в год на протяжении всего исследованного периода (взаимодействия незначимы: «зона × год» – $F(4;53) = 0.25$, $p = 0.910$; «год × тур» – $F(4;53) = 1.70$,

$p = 0.163$). Таким образом, характер сезонной динамики появления половозрелых особей паукообразных вблизи завода отличается от зарегистрированного на фоновой и буферной территориях. Однако предположение о том, что это явление обусловлено влиянием загрязнения, может оказаться преждевременным: фенологические особенности большей части видов паукообразных изучены к настоящему времени относительно слабо.

В заключение отметим, что с приближением к источнику загрязнения в луговых сообществах паукообразных двукратно снижается видовое богатство, полностью исчезают сенокосцы. Изменение видового состава сообществ сопровождается сменой доминантного комплекса; в импактной зоне зарегистрировано несколько видов пауков, не обнаруженных на незагрязненной территории. В конце лета видовое богатство паукообразных сильно уменьшается.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы признательны д.б.н. С. Л. Есюнину (Пермский государственный национальный исследовательский университет) за предоставленные данные и помощь в определении материала, к.б.н. Е. А. Бельской, д.б.н. Е. Л. Воробейчику, к.б.н. В. С. Микрюкову и к.б.н. Д. В. Нестерковой (Институт экологии растений и животных УрО РАН) за советы и замечания при обработке данных и обсуждении результатов. Работа завершена при поддержке Президиума РАН (проект № 15-12-4-26).

ЛИТЕРАТУРА

- Воробейчик Е. Л., Ермаков А. И., Золотарев М. П., Тунёва Т. К. Изменение разнообразия почвенной мезофауны в градиенте промышленного загрязнения // *Rus. Entomol. J.* 2012. V. 21, № 2. P. 203–218.
- Воробейчик Е. Л., Садыков О. Ф., Фарафонов М. Г. Экологическое нормирование

техногенных загрязнений наземных экосистем. Екатеринбург, 1994. 280 с.

- Воробейчик Е. Л., Трубина М. Р., Хантемирова Е. В., Бергман И. Е. Многолетняя динамика лесной растительности в период сокращения выбросов медеплавильного завода // *Экология.* 2014. № 6. С. 448–458.

- Есюнин С. Л. Фауна пауков (Aranei) Урала: Разнообразие, структура, типизация // Кавказ. энтомол. бюл. 2015а. № 11 (2). С. 237–257.
- Есюнин С. Л. Аннотированный список пауков Республики Башкортостан // Материалы по флоре и фауне Республики Башкортостан. Уфа, 2015б. Вып. 9. 114 с.
- Золотарев М. П. Изменение таксономической структуры населения паукообразных-герпетобионтов в градиенте загрязнения от выбросов медеплавильного комбината // Экология. 2009. № 5. С. 378–382.
- Золотарев М. П., Нестерков А. В. Паукообразные (Aranei, Opiliones) лугов: реакция на загрязнение выбросами Среднеуральского медеплавильного комбината // Экология. 2015. № 1. С. 48–56.
- Лагунов А. В. Стратиграфическая структура хортобионтного комплекса беспозвоночных животных в Ильменском заповеднике // Экологические исследования в Ильменском государственном заповеднике. Миасс, 1994. С. 25–42.
- Микрюков В. С. ANOVA — дисперсионный анализ [Электронный ресурс]. 2014. URL: http://shiny.srv.ipae.uran.ru:3838/Anova_shiny/
- Нестерков А. В. Опыт использования биоценометра с вакуумным пробосборником для учета беспозвоночных травостоя // Евразийск. энтомол. журн. 2014. № 3. С. 244–245.
- Нестерков А. В., Воробейчик Е. Л. Изменение структуры населения беспозвоночных-хортобионтов под действием выбросов медеплавильного завода // Экология. 2009. № 4. С. 303–313.
- Песенко Ю. А. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. М., 1982. 285 с.
- Фарзалиева Г. Ш., Есюнин С. Л. Фауна сенокосцев (Arachnida: Opiliones) Урала (Россия) с определителем уральских видов // Arthropoda selecta. 1999. V. 8. P. 183–199.
- Чернов Ю. И., Руденская Л. В. Комплекс беспозвоночных – обитателей травостоя как ярус животного населения // Зоол. журн. 1975. Т. 54, вып. 6. С. 884–894.
- Hunter B. A., Johnson M. S., Thompson D. J. Ecotoxicology of copper and cadmium in a contaminated grassland ecosystem. 2. Invertebrates // J. Appl. Ecol. 1987. № 2. P. 587–599.
- Koponen S. Ground-living spiders (Araneae) at polluted sites in the Subarctic // Arachnol. Mitteil. 2011. V. 40. P. 80–84.
- Platnick N. I. The world spider catalog. Version 15.0 [Electronic resource] / Amer. Museum of Natural History. 2013. URL: <http://www.research.amnh.org/iz/spiders/catalog/>
- Rabitsch W. B. Metal accumulation in arthropods near a lead/zinc smelter in Arnoldstein, Austria. 3. Arachnida // Env. Pollut. 1995. V. 90, № 2. P. 249–257.
- Read H. J., Martin M. H., Rayner J. M. Invertebrates in woodlands polluted by heavy metals — an evaluation using canonical correspondence analysis // Water Air Soil Pollut. 1998. V. 106, № 1/2. P. 17–42.