



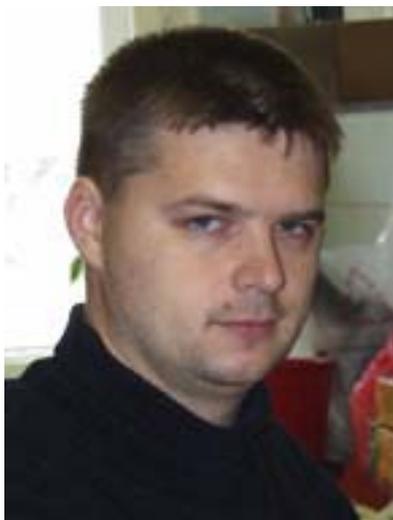
**Бельская Елена Анатольевна** – кандидат биологических наук, научный сотрудник Института экологии растений и животных УрО РАН. Работает в институте с 2002 г. Автор 22 публикаций. Основные из них:

*Е.А. Бельская, Е.В. Зиновьев, М.А. Козырев.* Жужелицы в агроценозе яровой пшеницы на юге Свердловской области и влияние некоторых средств химизации на их популяции // *Экология.* 2002. №1. С. 42-49.

*Е.А. Бельская, С.Л. Есюнин* Хищные паукообразные (Arachnidae) в агроценозе яровой пшеницы на юге Свердловской области и реакции их популяций на воздействие пиретроидного инсектицида дециса // *Экология.* 2003. №5. С.395-398.

*Е.А. Бельская, А.Ю. Солодовников* Влияние пиретроидного инсектицида дециса на популяции жуков-стафилинид (Coleoptera: Staphylinidae) в агроценозе яровой пшеницы // *Агрехимия.* 2003. №6. С.53-58.

Научные интересы: экология, фенетика насекомых, экотоксикология.



**Золотарев Максим Петрович** - кандидат биологических наук, научный сотрудник Института экологии растений и животных УрО РАН. Работает в институте с 2002 г. Автор 8 публикаций. Основные из них:

*Zolotarjev M.P.* Thermo- and hydroprepherend reactions of jumping spiders *Evarcha arcuata* (Clerck 1757) and *Evarcha falcata* (Clerck 1758) (Araneae, Salticidae) in South Ural // Abstracts of the IV European Workshop of Invertebrate Ecophysiology, dedicated to the memory of the late Prof. Alexander S. Danilevsky (1911-1969). Edited by V.E. Kipyatkov, St. Petersburg University Press,

St. Petersburg, 2001. P. 157.

*Золотарев М.П.* Спектр питания и пищевая преференция пауков-скакунчиков *Evarcha arcuata* (Clerck, 1757) и *Evarcha falcata* (Clerck, 1758) (Aranei, Salticidae) на Южном Урале // XII Съезд Русского энтомологического общества. Санкт-Петербург, 2002. С. 129-130.

Научные интересы: поведение, экологическая валентность пауков и сенокосцев, влияние техногенного загрязнения на сообщества паукообразных.

# СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА АКТИВНОСТИ ГЕРПЕТОБИОНТНЫХ ЧЛЕНИСТОНОГИХ (CARABIDAE, STAPHYLINIDAE, ARANEI, OPILIONES) В УСЛОВИЯХ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ ВЫБРОСАМИ МЕДЕПЛАВИЛЬНОГО ЗАВОДА

Бельская Е.А., Золотарев М.П.,

*Институт экологии растений и животных, УрО РАН*

*620144 Екатеринбург, ул. 8-го Марта, 202*

## ВВЕДЕНИЕ

Определение сезонных изменений активности является первым и необходимым этапом изучения беспозвоночных, так как позволяет правильно спланировать сроки учетов и сократить усилия при сборе исходного материала.

Форма кривой сезонной активности членистоногих в основном определяется доминантными видами и зависит как от видового состава, так и от условий обитания. Известно, например, что затяжные дожди или сильная засуха вызывают снижение активности жужелиц (Феоктистов, Душенков, 1982; Жеребцов, 1979, цит. по. Грюнталь, 1988). Для пауков отмечена тесная отрицательная корреляция активности с выпадением осадков (Niemelä et al, 1994). Под воздействием внешних условий происходит изменение физиологических и экологических характеристик видов членистоногих. Например, у жужелиц известно явление географической изменчивости жизненных циклов, что приводит к различиям в кривых активности видов в разных природно-климатических зонах (Шарова, Филиппов, 2003).

Промышленное загрязнение может вызывать сходные эффекты. Так Р.О. Бутовский (2001), ссылаясь на работы Л.С. Чумакова (1986, 1988а, 1988б), проводившего исследования в зоне действия выбросов предприятий по производству искусственного волокна, отмечает изменения сроков размножения, времени появления и длительности выхода имаго первого поколения у жужелицы *Amara brunnea* на загрязненных территориях. В другом исследовании (Read, et al., 1987) изменение жизненного цикла жужелицы *Nebria brevicollis* на участках леса, сильно загрязненных тяжелыми металлами (цинк, свинец, медь и кадмий), выражалось в отсутствии летней диапаузы. Для самцов *Pterostichus oblongopunctatus* отмечено сокращение периода развития личинок до имаго в потомстве жуков, обитающих на участках с повышенным содержанием цинка в почве (Łagisz et al., 2002). Следовательно, можно ожидать преобразования формы кривой активности членистоногих под воздействием промышленного загрязнения.

В настоящей работе представлены данные исследований реакций наземных беспозвоночных на воздействие выбросов Среднеуральского медеплавильного завода (СУМЗ). Этот район уже более 18 лет является полигоном исследований трансформации экосистем в условиях химического загрязнения диоксидом серы (SO<sub>2</sub>) и тяжелыми металлами (Cu, Zn, Pb, Cd). Изучение герпетобионтных членистоногих в этом районе начаты в 1998 г. К настоящему времени рассмотрены реакции герпетобионтных членистоногих на транс-

формацию экосистем в градиенте загрязнения (Бельская, Золотарев, 2004). Исследовано изменение обилия, видовой и биоморфологической структуры населения жужелиц березовых и елово-пихтовых лесов в зоне действия выбросов медеплавильного завода (Ермаков, 2004). Данные же по сезонной динамике активности герпетобия до сих пор не были представлены.

Целью нашего исследования было определение периодов наивысшей активности четырех наиболее обильных групп герпетобионтных членистоногих (жужелиц, стафилинид, пауков и сенокосцев) в градиенте химического загрязнения среды обитания промышленными выбросами.

В задачи исследования входило сравнение сезонной динамики активности жужелиц, стафилинид, пауков и сенокосцев, а также выявление возможного изменения активности под воздействием промышленного загрязнения.

### РАЙОН, ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Работу проводили в 2003 г. в зоне действия СУМЗ, г. Ревда, Свердловской области. Описание полигона исследований приведено в монографии Е.Л. Воробейчика с соавторами (1994). Герпетобионтных членистоногих учитывали в двух типах лесных биотопов: елово-пихтовом (1) и осиново-березовом (2) лесу. Токсическую нагрузку на экосистему измеряли в 2004 г. по содержанию подвижных форм тяжелых металлов (Cu, Pb, Cd, Zn, 5% HNO<sub>3</sub>) в подстилке, используя метод атомно-абсорбционной спектрофотометрии, прибор ААС-6 Vario фирмы Analytik Jena AG (Германия) (табл.). В порядке увеличения степени загрязнения выделяли фоновую, буферную и импактную зоны, расположенные в 20 (2) и 16 (1) км, 6 (1, 2) км на запад и 2 (1) и 1 (2) км на юго-запад от завода.

Таблица. Содержание подвижных форм тяжелых металлов (мкг/г) в подстилке в окрестностях Среднеуральского медеплавильного завода

Металлы	Зона токсической нагрузки		
	Фоновая	Буферная	Импактная
	Елово-пихтовый лес		
<b>Cu</b>	53,060	1025,235	4524,083
<b>Cd</b>	3,461	20,761	19,099
<b>Pb</b>	101,544	895,133	3254,300
<b>Zn</b>	296,787	706,263	802,230
<b>Fe</b>	1177,795	2834,440	7369,821
	Осиново-березовый лес		
<b>Cu</b>	38,371	867,477	3787,906
<b>Cd</b>	3,493	23,568	38,229
<b>Pb</b>	98,776	676,243	2157,610
<b>Zn</b>	471,342	798,361	1884,923
<b>Fe</b>	799,963	1809,882	5003,402

Суммарную токсическую нагрузку оценивали по индексу токсической нагрузки (Воробейчик и др., 1994), который возрастал от фоновой к импактной зоне в елово-пихтовом лесу в 37 раз, в осиново-березовом лесу – в 49 раз.

В качестве объекта исследований были выбраны наиболее обильные на поверхности почвы группы членистоногих: жужелицы (Carabidae), стафилиниды (Staphylinidae), пауки (Aranei) и сенокосцы (Opiliones). Активность этих групп оценивали по динамической плотности, которая является интегральным показателем обилия и активности герпетобионтных членистоногих. Для определения динамической плотности использовали почвенные ловушки (пластиковые стаканы с диаметром отверстия 8.5 см), заполненные фиксатором - 3% раствором уксусной кислоты. Для выявления сезонной динамики провели 11 туров учетов: непрерывный отлов в течение 14 дней в II и III декаде мая и далее отловы по 5 дней в I, II и III декадах июня, I, II и III декадах июля, I и III декадах августа. Один отлов в течение недели провели в конце сентября – начале октября. В исследуемых биотопах размещали по одной линии из 15 ловушек в каждой зоне загрязнения. Расстояние между ловушками составляло 3 м.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Кривые сезонной динамики активности рассматриваемых групп членистоногих приведены на рисунке.

### **Жужелицы**

В отсутствие загрязнения кривая активности жужелиц (рис. А) имеет три пика: весенний - в III декаде мая и два летних – в III декаде июня и I декаде августа. Форма кривой сохраняется в обоих биотопах, однако направленность изменений динамической плотности различна: в елово-пихтовом лесу динамическая плотность повышается к концу лета, достигая максимума в I декаде августа (4.6 особи/ловушко/сутки), в осиново-березовом лесу – постепенно снижается (с 3.5 до 2.6 особей/ловушко/сутки). На участках леса со средней и сильной степенью загрязнения отмечены два пика активности: в III декаде мая и I декаде августа. Причем на сильно загрязненных участках повышение активности жужелиц в конце лета приходится на более ранние сроки, чем на фоновых участках.

### **Стафилиниды**

Форма кривой динамики активности стафилинид на фоновой территории похожа на таковую у жужелиц. В обоих биотопах заметны три пика активности: весенний - в III декаде мая и два летних – в III декаде июня и III декаде августа (рис. Б). В обоих биотопах происходит понижение активности жуков к концу лета. Первые два пика совпадают с таковыми у жужелиц, третий пик смещен на более поздние сроки.

Максимальная динамическая плотность отмечена на буферной территории во время третьего пика активности. Она составила соответственно 6.4 особи/ловушко/сутки в елово-пихтовом лесу и 16.6 особи/ловушко/сутки - осиново-березовом. Загрязнение не влияет на форму кривой активности. Однако

в летний период (июнь-август) на участках осиново-березового леса заметна асинхронность активности жуков в зонах с разной степенью загрязнения.

На импактной территории кривая активности сглажена из-за очень низкого обилия данной группы: в основном менее 1 особи/ловушко/сутки, максимум 1,2 особи /ловушко/сутки.

### **Пауки**

Максимальная активность пауков на фоновой территории отмечена в I декаде августа (рис. В). В елово-пихтовом лесу – это единственный пик активности, во время которого динамическая плотность составляет 5.8 особи/ловушко/сутки. В осиново-березовом лесу на кривой выделяются три пика с постепенным повышением динамической плотности: в I декаде июня (1.3 особи/ловушко/сутки), I декаде июля (2.0 особи/ловушко/сутки) и I декаде августа (4.6 особи/ловушко/сутки). Сезонные колебания динамической плотности синхронны в градиенте загрязнения, при этом в фоновой зоне к концу летнего периода обилие пауков увеличивается, в импактной зоне – уменьшается.

### **Сенокосцы**

Динамическая плотность сенокосцев в весенне-летний период (II декада мая по II декаду июня включительно) во всех зонах загрязнения остается на очень низком уровне (менее 1 особи/ловушко/сутки) (рис. Г). Наибольшая активность сенокосцев (5.5 особей/ловушко/сутки в елово-пихтовом лесу и 4.0 особей/ловушко/сутки в осиново-березовом лесу) отмечена на буферной территории в середине лета с максимумом в III декаде июля. Сезонная динамика в основном совпадает для обоих типов биотопов и одинакова на фоновой и буферной территориях. На импактной территории динамическая плотность сенокосцев очень низка менее 1 особи/ловушко/сутки и лишь в осиново-березовом лесу в I декаде июля достигает 1.3 особей/ловушко/сутки.

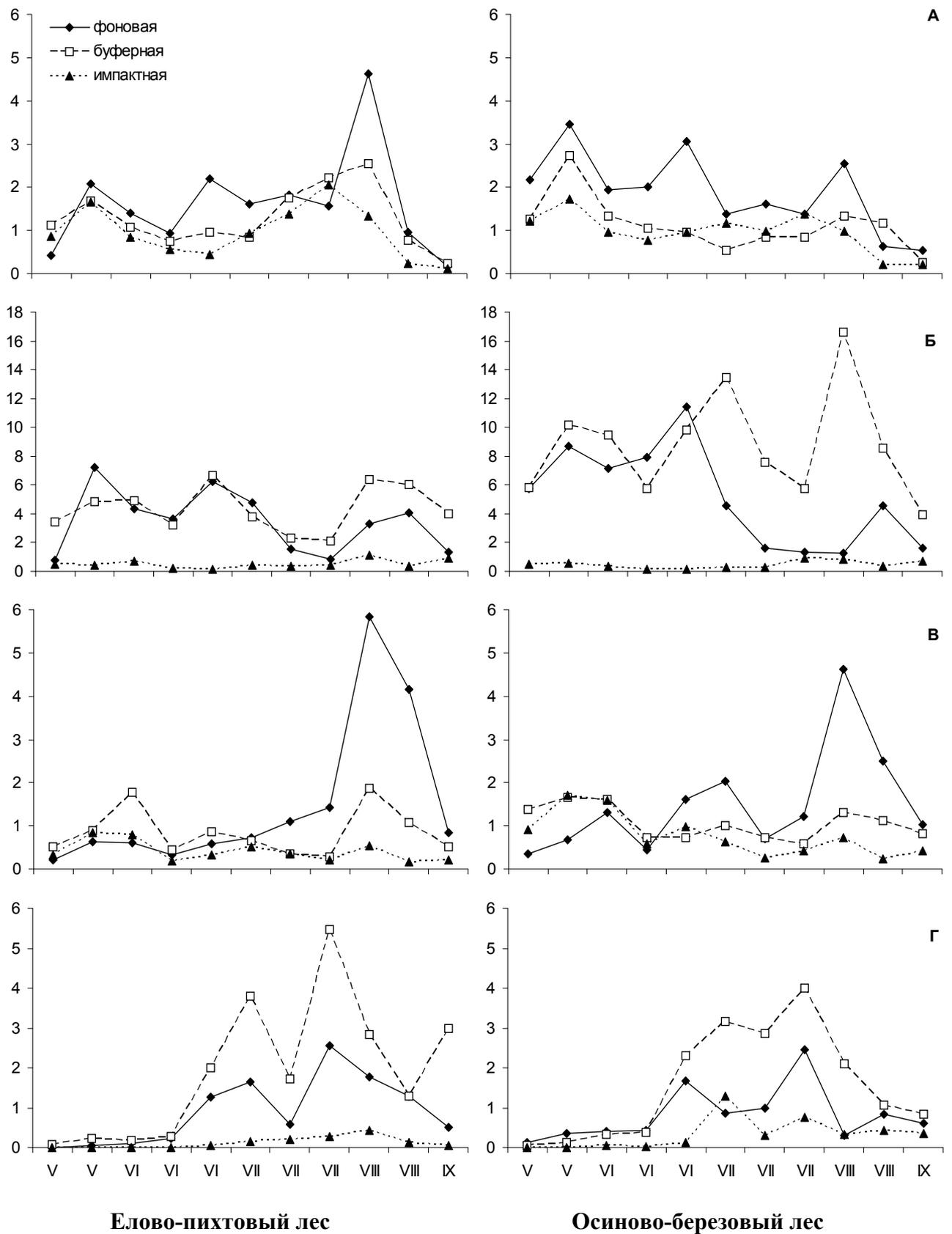


Рисунок. Сезонная динамика активности членистоногих на поверхности почвы в окрестностях Среднеуральского медеплавильного завода: А - жужелицы, Б - стафилиниды, В - пауки, Г – сенокосцы. По оси абсцисс месяцы проведения учетов, по оси ординат – динамическая плотность, особей/ловушко/сутки. Легенда – зоны загрязнения.

## ОБУЖДЕНИЕ

Анализ сезонной динамики активности на участках леса с фоновым уровнем загрязнения показал сходство формы кривых активности у жужелиц и стафилинид. Условно сезон активности этих групп можно подразделить на два периода: весенне-летний (май – июнь) и летне-осенний (август). В середине лета (июль) происходит спад активности.

Такой ход сезонной активности жужелиц описан и в других природно-климатических условиях (Феоктистов, Душенков, 1982; Грюнталь, 1988). В отсутствие загрязнения весенне-летние пики активности у жужелиц в елово-пихтовом лесу детерминированы доминирующим в обоих рассмотренных нами биотопах *Pterostichus oblongopunctatus* F. и субдоминантом *P. urengaicus* Jureček. В осиново-березовом лесу к этим видам добавляются многочисленные в этом биотопе *P. melanarius* Ill. и *P. niger* Schall и *P. aethiops* Panz.. Третий, летне-осенний, пик отражает повышение активности осеннего вида *Eraphius secalis* Payk., преобладающего в этот период в обоих биотопах и имеющего более высокое обилие в елово-пихтовом лесу. Как показано выше, у жужелиц на загрязненных участках леса имеется только два пика активности. Отсутствие второго летнего пика объясняется резким сокращением на этих территориях обилия практически всех видов рода *Pterostichus*, за исключением *P. oblongopunctatus*.

Абсолютным доминантом среди стафилинид на фоновых участках леса является обитатель лесной подстилки *Philonthus decorus* Gravenhorst. Весенне-летние пики активности стафилинид можно объяснить повышенной активностью этого вида в период размножения (в мае и июне), третий пик в конце лета связан в основном с появлением молодых жуков нового поколения (Brunsting, 1981). На загрязненных участках леса обилие этого вида резко сокращается, и сезонная динамика активности стафилинид определяется другими видами. Так на буферной территории преобладает *Zyras humeralis* Grav., мирмекофильный вид, повышенная численность которого объясняется высокой плотностью муравейников на исследуемых участках леса. Поэтому одним из объяснений отмеченной нами асинхронности в активности стафилинид на фоновых и буферных участках осиново-березового леса может быть различие в жизненных циклах доминантных видов. Низкая уловистость стафилинид на импактной территории обусловлена скорее резким снижением обилия этой группы на загрязненных участках леса, чем изменением активности особей.

Пики сезонной активности пауков в трех зонах совпадают во времени. Различие в трендах изменения динамической плотности на фоновой и импактной территориях свидетельствует о смене видового состава доминантов, что отражается и на величине максимумов. Так в фоновой зоне преобладают *Pardosa lugubris* Walck., *Pirata hygrophilus* Thorell и *Allomengea scopigera* Grube, в импактной зоне – *Tarentula aculeata* Clerck, *Xerolycosa nemoralis* Westring и *Zelotes subterraneus* Koch.

Из 6 видов сенокосцев, отмеченных на фоновой и буферной территории, доминирует *Lacinius ephippiatus* Koch, и это единственный вид, встречаю-

щийся в импактной зоне. В елово-пихтовом лесу пики активности *Lacinius ephippiatus* в фоновой и буферной зонах совпадают, в импактной зоне кривая имеет однопиковый характер и максимум активности смещается к концу сезона. В осиново-березовом лесу, отличается активность в фоновой зоне – пик смещен к началу сезона. Установление причин такого изменения динамики требует дополнительных исследований.

Литературные данные по влиянию загрязнения на сезонную динамику активности герпетобионтов немногочисленны. В работе К.Б. Гонгальского с соавторами (1999) есть упоминание о том, что Косогорский металлургический комбинат (Тульская область) не влияет на сезонную динамику сообществ жужелиц, но это, по всей вероятности, касается изменения структуры, а не активности данной группы. В другой работе этого автора (Гонгальский и др., 2007) отмечено, что в сообществах жужелиц на самом загрязненном участке леса в непосредственной близости к комбинату виды-доминанты с весенним и раннелетним пиком численности сменяются видами с летним пиком численности. В этой работе не обсуждается сезонная динамика активности жужелиц, однако на основании приведенного факта можно ожидать смещения второго пика активности на загрязненной территории. В наших условиях отмечено смещение осенней активности жужелиц на более ранние сроки. Мы уже упоминали, что у некоторых видов жужелиц загрязнение может вызывать изменения жизненных циклов (Read, et al., 1987; Бутовский, 2001; Łagisz et al., 2002). Поэтому объяснение отмеченного нами смещения осеннего пика активности жужелиц требует анализа видового состава, сезонной динамики активности отдельных видов и сравнения циклов развития видов на фоновых и загрязненных территориях.

Промышленное загрязнение, по всей вероятности, не вызывает заметных изменений активности пауков. Так, ни у одного из видов пауков в окрестностях металлургического завода в Австрии не обнаружено каких-либо изменений в фенологии на загрязненной территории (Rabitsch, 1995). Форма кривой динамики активности пауков в наших исследованиях в большей степени зависела от типа биотопа, чем от зоны загрязнения. Надвидовой уровень не чувствителен к фактору техногенной нагрузки, в этом случае не заметна динамика более чувствительных видов на фоне доминантных.

Мы не располагаем литературными данными о сезонной динамике активности стафилинид и сенокосцев в условиях загрязнения среды выбросами промышленных предприятий. В наших исследованиях обилие этих групп на сильно загрязненных участках леса было столь мало, что сравнение активности можно проводить только для фоновых и буферных территорий. Смещение пиков активности стафилинид при средней степени загрязнения в сравнении с фоновыми участками происходит в результате смены доминантных видов.

Таким образом, в результате данного исследования установлено, что в окрестностях Среднеуральского медеплавильного завода независимо от типа лесного биотопа и степени его загрязнения жужелицы и стафилиниды имеют два периода активности: в мае-июне и августе. Максимальная активность

пауков отмечена в августе-сентябре, а сенокосцев – в июле. Отмечено изменение формы кривой активности жужелиц на загрязненных территориях по сравнению с фоновой, а также изменение фенологии жужелиц и стафилинид, выраженное в некотором сдвиге во времени пиков активности.

Исследование проведено при финансовой поддержке РФФИ (проект № 07-04-00075а) и программы Президиума РАН "Биологическое разнообразие".

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

*Бельская Е.А., Золотарев М.П.* Реакции комплексов герпетобионтных членистоногих на воздействие выбросов Среднеуральского медеплавильного завода // Научные чтения памяти профессора В.В. Станчинского. Смоленск: Изд-во СГПУ, 2004. Вып. 4. С. 647-651.

*Бутовский Р.О.* Устойчивость комплексов почвообитающих членистоногих к антропогенным воздействиям. М.: День серебра, 2001. 322 с.

*Воробейчик Е.Л., Садыков О.Ф., Фарафонов М.* Экологическое нормирование техногенных загрязнений наземным экосистем. Екатеринбург: Наука, 1994. 280 с.

*Гонгальский К.Б., Филимонова Ж.В., Покаржевский А.Д., Бутовский Р.О.* Различия реакции герпетобионтов и геобионтов на воздействие Косогорского металлургического комбината (Тульская обл.) // Экология. 2007. №1. С. 55-60.

*Грюнталь С.Ю.* Сезонная динамика активности жужелиц (Coleoptera, Carabidae) в лесах Подмоскovie // Экология. 1988. № 6. С. 37-42.

*Ермаков А.И.* Структура комплексов жужелиц (Coleoptera, Carabidae) в природных и техногенно нарушенных лесных экосистемах на юго-западе Свердловской области // Экология. 2004. №6. С. 450-455

*Феоктистов В.Ф., Душенков, В.М.* Сезонная динамика активности жужелиц (Coleoptera, Carabidae) в различных типах леса у южной границы тайги // Зоол. журн. 1982. Т. 61. Вып.2. С. 227-232.

*Шарова И.Х., Филлипов Б.Ю.* Особенности жизненных циклов жужелиц (Coleoptera, Carabidae) в условиях северной тайги // Зоол. журн. 2003. Т. 82. №2. С. 229-238.

*Brunsting A.M.H.* Distribution patterns, life cycle and phenology of *Pterostichus oblongopunctatus* F. (Col., Carabidae) and *Philonthus decorus* Grav. (Col., Staphylinidae) // Neth. J. of Zool. 1981. V. 31. N 2. P. 418-452.

*Gongalsky K.B., Butovsky R.O.* The impact of a metallurgic plant on ground beetle (Coleoptera, Carabidae) communities // Pollution-induced changes in soil invertebrate food-webs / Butovsky R.O., van Straalen N.M. Eds. Amsterdam: Vrije Univ., 1999. V.2. P. 71-76.

*Łagisz M., Kramarz P., Laskowski R., Tobor M.* Population parameters of the beetle *Pterostichus oblongopunctatus* F. from metal contaminated and reference areas // Bull. Environ. Contam. Toxicol. 2002. V. 69. P. 243-249.

*Niemelä J., Pajunen T., Haila P., Punntila P., Halme E.* Seasonal activity of boreal forest-floor spiders (Araneae) // *J. of Arachnology*. 1994. V. 22. P. 23-31.

*Rabitsch W.B.* Metal accumulation in arthropods near a lead/zinc smelter in Arnoldstein, Austria. III. Arachnida // *Environ. Pollut.* 1995. V. 90. No. 2. P. 249-257.

*Read H.J., Wheeler C.P., Martin M.H.* Aspects of the ecology of Carabidae (Coleoptera) from woodlands polluted by heavy metals // *Env. Pollution*. 1987. V. 48. I. 1. P. 61-76.