

ИЗМЕНЕНИЕ СТРУКТУРЫ НАСЕЛЕНИЯ ЖУЖЕЛИЦ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ТОКСИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ

© 2004 г. А. И. Ермаков

Институт экологии растений и животных УрО РАН
620144 Екатеринбург, ул. 8 Марта, 202

Поступила в редакцию 05.08.2003 г.

Исследовано изменение обилия, видовой и биоморфологической структуры населения жуужелиц березовых и пихто-еловых лесов в зоне действия выбросов медеплавильного завода на Среднем Урале. В градиенте загрязнения уменьшается динамическая плотность жуужелиц, меняются видовой состав и соотношение жизненных форм, но не нарушаются принцип организации карабидоценозов и структура доминирования в них.

Ключевые слова: жуужелицы, герпетобионтные беспозвоночные, структура населения, жизненные формы, промышленное загрязнение, тяжелые металлы, медеплавильный завод, Средний Урал, лесные экосистемы.

Реакция беспозвоночных животных, в том числе жуужелиц, на техногенные загрязнения активно исследуется в последние годы (Алейникова, 1976; Гиляров, 1982; Приставко, 1984; Емец, 1986; Козлов, 1990; Криволицкий, 1994; Бутовский, 2001). Значительная часть подобных работ выполнена на организменном и популяционном уровнях, но их объекты – небольшое число модельных видов-индикаторов (Емец, Жулидов, 1985; Емец, Кулматов, 1983; Бутовский, 1997; Lagisz et al., 2002). Реакция карабидоценозов на ценолитическом уровне представляет немалый интерес, особенно в условиях длительного воздействия химического загрязнения от точечных источников эмиссии поллютантов, например металлургических заводов (Хотько и др., 1982; Bengtsson, Rundgren, 1984; Chlodny et al., 1987; Read et al., 1987; Воробейчик, 1995; Воробейчик и др., 1994; Некрасова, 1993; Gongalsky, Butovsky, 1999).

Цель данной работы – проследить изменение таксономической и экологической структуры лесных карабидоценозов в градиенте химического загрязнения выбросами медеплавильного производства.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Сбор материала проведен в 1998 г. в зоне действия Среднеуральского медеплавильного завода (СУМЗа), расположенного около г. Ревды Свердловской области. Район исследования относится к подзоне южной тайги. Источник выбросов действует с 1940 г., основные поллютанты – двуокись серы и адсорбированные на твердых частицах

токсические элементы (Cu, Zn, As, Pb, Cd и др.). Площадки были заложены в двух типах биотопов (березовый и пихто-еловый лес) в выделенных ранее зонах трансформации лесных экосистем (Воробейчик и др., 1994).

Техногенная пустыня – непосредственно у восточной границы завода. Конечная стадия техногенной дигрессии – ярко выраженные эродированные участки с фрагментами разреженной древесной растительности (береза, осина). Травяно-кустарничковый и моховой ярус отсутствуют, в понижениях рельефа накоплен мощный слой неразлагающегося опада.

Импактная зона – 1–1.5 км западнее СУМЗа. Площадки заложены в мезофитном вторичном березняке и в небольшом сохранившемся участке пихто-ельника. Травяно-кустарничковый ярус представлен хвощом и злаками (щучкой, полевицей), сильно развит одновидовой моховой покров. Увеличена мощность подстилки.

Буферная зона – 6 км западнее СУМЗа. Фитоценозы: коренной пихто-ельник кисличный и производный березняк черничный со слабовыраженным подлеском. Травяно-кустарничковый ярус представлен мелкотравными видами, подстилка маломощная.

Фоновая зона – 16–20 км западнее завода. Фитоценозы: пихто-ельник разнотравно-кисличный и березняк разнотравно-папоротниковый с хорошо выраженным подлеском и маломощной подстилкой.

В каждом варианте биотопов была установлена линия из 10 ловушек Барбера (диаметр горловины – 85 мм), фиксатор – этиленгликоль. Учеты

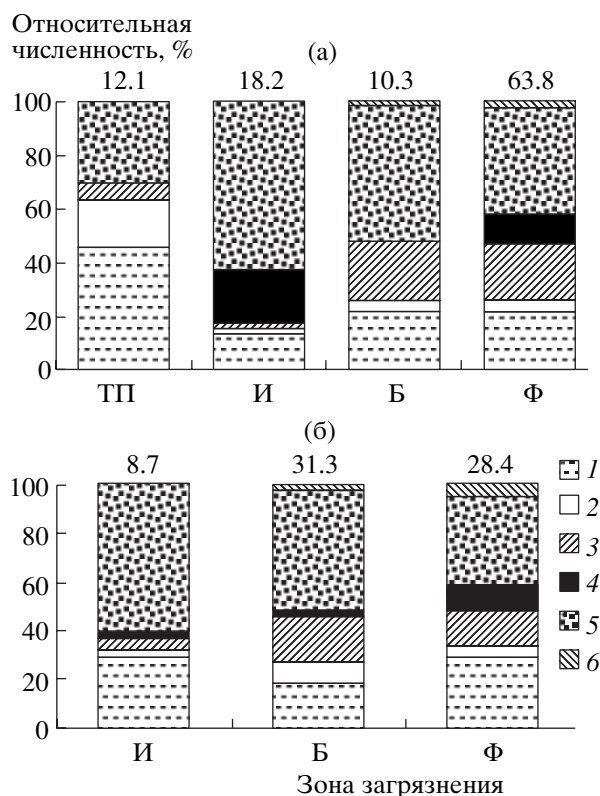
проводили на протяжении всего вегетационного периода (с мая по сентябрь), ловушки проверяли еженедельно. Общий объем работ составил 8,3 тыс. ловушко-суток, объем материала – более 18 тыс. экз. герпетобионтных беспозвоночных (без учета муравьев), в том числе 4,2 тыс. экз. имаго и 1 тыс. личинок жуужелиц.

Для характеристики относительной численности использовали показатель динамической плотности, пересчитанный на 10 ловушко-суток. Разделение видов по категориям обилия для каждой учетной площадки проведено при помощи ограниченной логарифмической шкалы оценки относительного обилия (Песенко, 1982): виды, составляющие менее 5% всего объема выборки, отнесены к редким, от 5 до 20% – к фоновым, более 20% – к доминирующим. Для сравнения видовых комплексов использовали индексы разнообразия Симпсона и Бергера–Паркера (Мэгарран, 1992), при биоморфологическом анализе структуры населения жуужелиц применяли систему жизненных форм И.Х. Шаровой (1981).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Доля имаго жуужелиц в уловах составила в среднем за сезон на разных площадках 15–45% от общего обилия всех герпетобионтных беспозвоночных (см. рисунок), уступая лишь паукообразным (30–60%). Такое высокое участие жуужелиц, в том числе и личиночных стадий, на импактных территориях может свидетельствовать об их “адаптационном успехе” в данных условиях.

За период учетов почвенными ловушками отмечено 54 вида жуужелиц, относящихся к 24 родам (табл. 1). Практически все виды широко распространены и типичны для южной тайги. Фаунистический интерес представляют единичная находка восточносибирского вида *Bradycellus glabratus* и обнаружение многочисленных популяций евро-сибирского *Bembidion humerale* и евро-западносибирского *Pterostichis quadriveolatus*. Последние два вида до настоящего времени были представлены со Среднего Урала небольшим числом экземпляров. Можно упомянуть еще одну интересную находку: летом 1997 г. около завода была найдена погибшая особь красотела пахучего (*Calosoma sycophanta*) – редкого и охраняемого вида (занесен в Красную книгу России и Среднего Урала). Возможно, эти виды, часть из которых способна к активному полету, привлекаются на загрязненные территории рядом факторов (открытая местность с разреженной растительностью, заболоченность, искусственное освещение и др.). Аналогичный феномен отмечен для других групп насекомых: непосредственно возле никелеплавильного завода на Кольском полуострове обнаружена популяция редкого вида бабочки-стек-



Структура герпетобионтного комплекса беспозвоночных березового (а) и пихто-елового (б) лесов в градиенте загрязнения: 1 – жуужелицы, имаго; 2 – жуужелицы, личинки; 3 – стафилиниды; 4 – прочие насекомые; 5 – паукообразные; 6 – прочие беспозвоночные. Зоны загрязнения: ТП – техногенная пустыня; И – импактная; Б – буферная; Ф – фоновая. Цифры над столбиками – суммарная динамическая плотность герпетобия (экз./10 лов.-сут).

лянницы, занесенного в Красную книгу Финляндии как вымерший вид (Kozlov, Jalava, 1994).

Динамическая плотность жуужелиц в градиенте загрязнения уменьшается в два-три раза, составляя в импактной зоне всего 2.5 и 2.6 экз./10 лов.-сут для березняка и пихто-ельника соответственно. В то же время карабидоценозы техногенной пустыни имеют в два раза более высокое обилие, чем в импактной зоне. Одна из возможных причин этого – повышенная активность и, следовательно, попадаемость жуужелиц в ловушки при действии неблагоприятных факторов (инсоляция, сухость почвы и подстилки, недостаток мест укрытия и пищи), свойственных данной территории. Однако сделать заключение об “истинном” изменении численности жуужелиц в техногенной пустыне пока не представляется возможным.

Известно, что карабидофауна лиственных и темнохвойных лесов различается по видовому составу (Грюнталь, 1978; Воронин, 1999). Фауна жуужелиц ненарушенных березовых лесов в целом богаче, чем фауна пихто-ельников. Тренды изме-

Таблица 1. Видовой состав и динамическая плотность (экз./10 лов-сут) жуужелиц в разных зонах токсической нагрузки

№	Вид	Биотоп и зона нагрузки						
		Березовый лес				Пихто-еловый лес		
		техно- генная пустыня	импакт- ная	буферная	фоновая	импакт- ная	буферная	фоновая
Виды, отмеченные в зонах с фоновым уровнем загрязнения								
1	<i>Pterostichus niger</i> Schall.	–	–	–	0.72	–	–	0.14
2	<i>Badister lacertosus</i> Sturm.	–	–	–	0.12	–	–	0.01
3	<i>Carabus glabratus</i> Payk.	–	–	–	0.07	–	–	0.04
4	<i>Carabus schoenherri</i> F.-W.	–	–	–	0.06	–	–	0.05
5	<i>Leistus terminatus</i> Hell. & Panz.	–	–	–	0.01	–	–	0.01
6	<i>Pterostichus uralensis</i> Motsch.	–	–	–	0.20	–	–	–
7	<i>Curtonotus gebleri</i> Dej.	–	–	–	0.18	–	–	–
8	<i>Calathus micropterus</i> Duft.	–	–	–	0.03	–	–	–
9	<i>Agonum fuliginosum</i> Panz.	–	–	–	0.01	–	–	–
10	<i>Harpalus quadripunctatus</i> Dej.	–	–	–	0.01	–	–	–
11	<i>Amara</i> sp.	–	–	–	0.01	–	–	–
12	<i>Pterostichus aethiops</i> Pz.	–	–	–	–	–	–	0.10
13	<i>Pterostichus strenuus</i> Pz.	–	–	–	–	–	–	0.01
Виды, отмеченные в зоне с промежуточным уровнем загрязнения								
14	<i>Pterostichus urengaicus</i> Jur.	–	–	–	0.32	–	0.04	0.49
15	<i>Cychrus caraboides</i> L.	–	–	–	0.27	–	0.09	0.27
16	<i>Carabus aeruginosus</i> F.-W.	–	–	–	0.01	–	0.08	0.01
17	<i>Pterostichus melanarius</i> Ill.	–	–	–	2.73	–	0.42	–
18	<i>Harpalus latus</i> L.	–	–	–	0.53	–	0.01	–
19	<i>Bradycellus caucasicus</i> Chaud.	–	–	–	–	–	0.01	–
Виды, отмеченные в зонах с высоким уровнем загрязнения								
20	<i>Pterostichus quadriveolatus</i> Letz.	2.17	0.12	–	–	0.01	–	–
21	<i>Bembidion lampros</i> Hbst.	1.44	0.02	–	–	–	–	–
22	<i>Clivina fossor</i> L.	0.24	–	–	–	–	–	–
23	<i>Broscus cephalotes</i> L.	0.13	–	–	–	–	–	–
24	<i>Asaphidion pallipes</i> Duft.	0.09	–	–	–	–	–	–
25	<i>Bembidion quadrimaculatum</i> L.	0.08	0.01	0.01	–	–	–	–
26	<i>Poecilus versicolor</i> Sturm.	0.02	0.64	–	–	–	–	–
27	<i>Amara bifrons</i> Gyll.	0.04	0.01	0.40	–	0.06	0.18	–
28	<i>Amara brunnea</i> Gyll.	0.02	0.01	0.23	–	1.04	0.50	–
29	<i>Notiophilus palustris</i> Duft.	0.01	0.04	–	–	–	0.01	–
30	<i>Sericoda quadripunctatum</i> Deg.	0.02	–	–	–	0.01	–	–
31	<i>Harpalus rufipes</i> Deg.	0.01	0.01	–	–	–	–	–
32	<i>Microlestes maurus</i> Sturm.	0.01	0.01	–	–	–	–	–
33	<i>Amara familiaris</i> Duft.	0.01	–	–	–	–	–	–
34	<i>Stenolophus mixtus</i> Hbst.	0.01	–	–	–	–	–	–
35	<i>Bradycellus glabratus</i> Rtt.	0.01	–	–	–	–	–	–
36	<i>Harpalus calceatus</i> Duft.	0.01	–	–	–	–	–	–
37	<i>Agonum sexpunctatum</i> L.	–	0.22	–	–	–	–	–
38	<i>Bembidion humerale</i> Sturm.	–	0.19	–	–	–	–	–

Таблица 1. Окончание

№	Вид	Биотоп и зона нагрузки						
		Березовый лес				Пихто-еловый лес		
		техно- генная пустыня	импакт- ная	буферная	фоновая	импакт- ная	буферная	фоновая
39	<i>Notiophilus aquaticus</i> L.	–	0.03	–	–	–	–	–
40	<i>Pterostichus vernalis</i> Panz.	–	0.02	–	–	0.02	–	–
41	<i>Calathus melanocephalus</i> L.	–	0.01	0.04	–	–	–	–
42	<i>Cicindela campestris</i> L.	–	0.01	–	–	–	–	–
Виды, отмеченные во всех зонах токсической нагрузки								
43	<i>Pterostichus oblongopunctatus</i> F.	0.03	0.85	1.09	2.14	0.78	1.85	0.43
44	<i>Amara communis</i> Panz.	0.43	0.25	0.08	0.52	0.14	0.12	0.01
45	<i>Calathus erratus</i> C. Sahlb.	0.63	–	–	–	0.45	1.32	0.08
46	<i>Notiophilus biguttatus</i> F.	0.01	–	0.02	0.02	0.04	0.34	0.02
47	<i>Amara erratica</i> Duft.	0.02	–	0.01	0.01	0.01	–	0.02
48	<i>Loricera pilicornis</i> F.	0.01	–	0.01	0.05	–	0.02	0.50
49	<i>Synuchus vivalis</i> Payk.	0.06	–	0.30	0.09	–	–	–
50	<i>Carabus granulatus</i> L.	0.01	–	0.01	0.04	–	–	–
51	<i>Amara aenea</i> Deg.	0.01	–	–	0.13	–	–	–
52	<i>Carabus cancellatus</i> Ill.	0.01	–	–	0.03	–	–	–
53	<i>Eraphius secalis</i> Payk.	–	0.01	0.03	5.35	–	0.80	5.94
54	<i>Pterostichus nigrita</i> F.	–	0.03	–	0.05	–	–	–
Всего видов жуужелиц:		26	18	12	27	10	15	17
В том числе: доминирующих		2	2	1	1	2	2	1
фоновых		2	3	2	3	2	4	3
редких		22	13	9	23	6	9	13
Динамическая плотность (среднее за сезон), экз./10 лов.-сут		5.5	2.5	2.2	13.7	2.6	5.8	8.1
Индекс Бергера-Паркера (1/d)		2.6	2.9	2.1	2.6	2.5	3.1	1.4
Индекс Симпсона (1/D)		4.1	4.8	3.4	4.5	3.5	5.3	1.8

нения видового богатства в условиях загрязнения различны для березовых и пихто-еловых лесов. Высокое видовое богатство карабидоценозов березняка сильно загрязненных территорий связано с присутствием ряда специфических мезоксерофильных (для техногенной пустыни) и гигрофильных (для импактной зоны) видов родов *Pterostichus*, *Clivina*, *Broscus*, *Bembidion*, *Notiophilus*, а также залетающих видов. В пихто-ельнике уменьшение количества видов в градиенте загрязнения выражено отчетливее.

В целом на всех изученных площадках ядро карабидоценоза составляют 1–2 доминирующих и 2–3 фоновых вида, остальная часть приходится на долю редких видов. На фоновых территориях эту основу образуют стенотопные виды (*Pterostichus melanarius*, *Eraphius secalis*), в условиях загрязнения – преимущественно эвритопные (*Pterostichis*

oblongopunctatus, *Poecilus versicolor*, *Bembidion lampros*). Однако при крайней техногенной деградации биотопов отмечены появление и доминирование стенотопных видов. Так, в техногенной пустыне доминирует *Pt. quadrifoveolatus* – пиррофильный вид (Whitehouse, Eversham, 2002; Гонгальский и др., 2003), который по мере удаления от источника загрязнения замещается близкородственным – *Pt. oblongopunctatus*. Также в техногенной пустыне присутствует другой пиррофильный вид – *Sericoda quadripunctata* (Burakowski, 1989; Гонгальский и др., 2003). Вероятно, это связано со сходством крайних вариантов техногенной дигрессии и начальных стадий пиррогенной сукцессии по абиотическим параметрам среды.

Структура доминирования в видовых комплексах жуужелиц не претерпевает существенных изменений в градиенте загрязнения: индекс Бергера-

Таблица 2. Спектр жизненных форм жуужелиц (доля от общей численности, %) березовых и пихто-еловых лесов в разных зонах токсической нагрузки

Жизненная форма*			Биотоп и зона нагрузки**						
			Березняк				Пихто-ельник		
Класс	Подкласс	Группа	ТП	И	Б	Ф	И	Б	Ф
Зоофаги (38)	Эпигеобиос (8)	Ходящие (6)	0.3	–	0.4	3.5	–	2.9	4.6
		Бегающие (1)	1.7	–	–	–	–	–	–
		Летающие (1)	–	0.4	–	–	–	–	–
	Стратобиос (28)	Поверхностно-подстилочные (6)	2.0	10.7	1.7	0.5	1.5	6.5	6.3
		Подстилочные (10)	38.4	2.5	16.8	40.0	18.3	36.7	74.2
		Подстильно-трещинные (1)	0.2	0.4	–	–	–	–	–
		Подстильно-почвенные (11)	40.5	74.8	48.7	45.9	31.2	39.9	14.5
	Геобиос (2)	Бегающе-роющие (1)	4.3	–	–	–	–	–	–
Роющие (1)		2.4	–	–	–	–	–	–	
Миксофитофаги (15)	Стратобиос (5)	Скважники (5)	0.9	0.4	10.5	–	40.7	8.7	–
	Стратохортобиос (1)	Стратохортобионты (1)	0.2	0.4	–	–	–	–	–
	Геохортобиос (9)	Гарпалоидные (9)	9.1	10.4	21.9	10.8	8.3	5.3	0.4

* В скобках указано число видов.

** Зона нагрузки: ТП – техногенная пустыня, И – импактная, Б – буферная, Ф – фоновая.

Паркера, отражающий степень выравненности населения, примерно одинаков для исследуемых площадок (от 2.1 до 3.1). Исключение составляет карабидоценоз фонового пихто-ельника (1.4), где наблюдается характерное для лесных южно-таежных фаун жуужелиц (Грюнталь, 1981) сверхдоминирование (до 73% от общей численности) лесо-лугового вида *Eraphius secalis*.

Жизненные формы жуужелиц исследуемой территории представлены двумя классами – зоофагов и миксофитофагов (табл. 2). Первый класс включает 3 подкласса и 9 групп жизненных форм, второй – 3 подкласса и 3 группы. Примечательно, что в градиенте загрязнения спектр жизненных форм расширяется: на фоновых площадках отмечено 5 групп жизненных форм, в буферных – 6, в техногенной пустыне – 11. Только на площадках с высоким уровнем загрязнения отмечены такие группы, как бегающие и летающие эпигеобионты, подстильно-трещинные стратобионты и геобионты. Очевидно, что эти формы более приспособлены к обитанию в условиях данного биотопа. Передвигающиеся в дневное время по поверхности почвы эпигеобионты активно избегают негативного влияния среды постоянным поиском влаги, пищевых ресурсов и укрытий. Геобионтные формы и подстильно-трещинные стратобионты, напротив, придерживаются стратегии пассивного избегания действия экстремальных факторов: на поверхность почвы они поднимаются в темное время суток, когда влажность почвы и приземного слоя воздуха повышена. По-

добная картина отмечается при выкашивании или частичном изреживании травостоя лесо-луговых биотопов (Приставка, 1984).

Численное преобладание зоофагов из подстильного яруса – зональная особенность карабидоценозов лесной зоны (Шарова, 1981) – прослеживается и в нашем случае: доля зоофагов-стратобионтов составляет от 50 до 80% от общей численности. Миксофитофаги-стратобионты в ряде случаев достигают большой численности: в импактном пихто-ельнике их доля за счет лесного вида *Amara brunnea* составляет около 40%.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Учитывая достаточно высокое обилие жуужелиц на загрязненных территориях, можно предположить, что загрязнение действует на структуру карабидоценоза не прямо, а опосредованно – через изменение условий обитания. Виды, обитающие в условиях техногенно трансформированной среды, проявляют те же адаптационные механизмы, что и в ненарушенных местообитаниях в условиях пессимума естественных экологических факторов. Выработанные в ходе эволюции механизмы устойчивости к негативным климатическим факторам (низкая влажность, высокая температура, повышенная инсоляция) могут быть эффективными и при действии такого молодого в историческом масштабе фактора, как химическое загрязнение.

Работа завершена при частичной поддержке РФФИ (проект № 03–04–49135). Автор выражает глубокую признательность сотрудникам Института экологии растений и животных УрО РАН Е.А. Бельскому и М.Е. Гребенникову за помощь при сборе материала, Е.В. Зиновьеву – за определение ряда видов, Е.Л. Воробейчику и Е.А. Бельской – за ценные замечания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Алейникова М.М.* Животное население почв и его изменение под влиянием антропогенных факторов // *Redobiologia*. 1976. Bd 16. № 3. P. 195–206.
- Бутовский Р.О.* Тяжелые металлы в жуужелицах (Coleoptera, Carabidae) // *Агрохимия*. 1997. № 11. С. 78–86.
- Бутовский Р.О.* Устойчивость комплексов почвообитающих членистоногих к антропогенным воздействиям. М.: День Серебра, 2001. 322 с.
- Воробейчик Е.Л.* Реакция почвенной биоты лесных экосистем Среднего Урала на выбросы медеплавильных комбинатов: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Екатеринбург, 1995. 24 с.
- Воробейчик Е.Л., Садыков О.Ф., Фарафонов М.Г.* Экологическое нормирование техногенных загрязнений наземных экосистем. Екатеринбург: Наука, 1994. 280 с.
- Воронин А.Г.* Фауна и комплексы жуужелиц (Coleoptera, Trachyrachidae, Carabidae) лесной зоны Среднего Урала (эколого-зоогеографический анализ). Пермь: Изд-во Пермского ун-та, 1999. 244 с.
- Гиляров М.С.* Почвенные беспозвоночные как индикаторы почвенного режима и его изменений под влиянием антропогенных факторов // *Биоиндикация состояния окружающей среды Москвы и Подмосковья*. М.: Наука, 1982. С. 8–12.
- Гонгальский К.Б., Викари Л.-У., Першон Т.* Влияние пожаров в бореальных лесах Швеции на сообщества жуужелиц (Coleoptera, Carabidae) // *Разнообразие беспозвоночных животных на Севере*. Сыктывкар, 2003. С. 19.
- Грюнталь С.Ю.* О распределении жуужелиц (Coleoptera, Carabidae) в лесах волосисто-осокового цикла в условиях Подмосковья // *Фауна и экология беспозвоночных животных*. М., 1978. С. 68–77.
- Грюнталь С.Ю.* Распределение жуужелиц (Coleoptera, Carabidae) в лесах южной тайги // *Вестн. зоол.* 1981. № 5. С. 20–24.
- Емец В.М.* Использование параметров популяций хищных насекомых для фонового мониторинга экосистем // *Бюл. МОИП. Отд. биол.* 1986. Т. 91. Вып. 6. С. 38–43.
- Емец В.М., Жулидов А.В.* Изменчивость содержания цинка в популяциях жуужелицы *Pterostichus oblongopunctatus* F. (Coleoptera, Carabidae) в условиях заповедного режима и комбинированного воздействия загрязнения и рекреации // *Докл. АН СССР*. 1985. Т. 283. № 3. С. 760–763.
- Емец В.М., Кулматов Р.А.* Индивидуальная изменчивость содержания цинка в теле имаго разного возраста в популяциях *Pterostichus oblongopunctatus* F. (Coleoptera, Carabidae) на фоновой и загрязненной территориях // *Докл. АН СССР*. 1983. Т. 271. № 5. С. 1274–1276.
- Козлов М.В.* Влияние антропогенных факторов на популяции наземных насекомых // *Итоги науки и техники*. Т. 13. М.: ВИНТИ, 1990. 191 с.
- Криволицкий Д.А.* Почвенная фауна в экологическом контроле. М.: Наука, 1994. 272 с.
- Мэгарран Э.* Экологическое разнообразие и его измерение. М.: Мир, 1992. 181 с.
- Некрасова Л.С.* Влияние медеплавильного производства на почвенную фауну // *Экология*. 1993. № 5. С. 83–85.
- Песенко Ю.А.* Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. М.: Наука, 1982. 287 с.
- Приставка В.П.* Жизненные формы насекомых как критерий при отборе видов-индикаторов для экологического мониторинга (на примере жуужелиц – Coleoptera, Carabidae) // *Энтомол. обозр.* 1984. Т. 63. № 1. С. 52–56.
- Хотько Э.И., Ветрова С.Н., Матвеев А.А., Чумаков Л.С.* Почвенные беспозвоночные и промышленные загрязнения. Минск: Наука и техника, 1982. 264 с.
- Шарова И.Х.* Жизненные формы жуужелиц (Coleoptera, Carabidae). М.: Наука, 1981. 360 с.
- Bengtsson G., Rundgren S.* Ground-living invertebrates in metal-polluted forest soils // *Ambio*. 1984. V. 13. № 1. P. 29–33.
- Burakowski B.* *Agonum (Sericoda) quadripunctatum* (De Geer) – a pyrophilous beetle and its immature stages (Coleoptera, Carabidae) // *Ann. Zool.* 1989. Т. 42. № 6. P. 181–195.
- Chlodny J., Matuszczyk I., Styfi-Bartkiewicz B., Syrek D.* Catchability of the epigeal fauna of pine stands as a bioindicator of industrial pollution of forests // *Ekol. Pol.* 1987. V. 35. № 2. P. 271–290.
- Gongalsky K.B., Butovsky R.O.* The impact of a metallurgical plant on ground beetle (Coleoptera, Carabidae) communities // *Pollution-induced changes in soil invertebrate foodwebs*. V. 2. Amsterdam–Moscow, 1999. P. 71–76.
- Kozlov M. V., Jalava J.* Lepidoptera of Kola Peninsula, Northwestern Russia // *Entomol. Fennica*. 1994. V. 5. P. 65–85.
- Lagisz M., Kramarz P., Laskowski R., Tobor M.* Population parameters of the *Pterostichus oblongopunctatus* F. from metal contaminated and reference areas // *Bul. Environ. Contam. Toxicol.* 2002. V. 69. P. 243–249.
- Read H.J., Wheeler C.P., Martin M.H.* Aspects of the ecology of Carabidae (Coleoptera) from woodlands polluted by heavy metals // *Environ. Pollut.* 1987. V. 48. P. 61–76.
- Whitehouse N.J., Eversham B.C.* A fossil specimen of *Pterostichus angustatus* (Duftschmid) (Carabidae): implications for the importance of pine and fire habitats // *The Coleopterist*. 2002. V. 11(3). P. 107–114.