УДК 595.762.12

ЖУЖЕЛИЦЫ (COLEOPTERA, CARABIDAE) КАК БИОИНДИКАТОРЫ РАЗВИТИЯ СООБЩЕСТВ ЮЖНОЙ ТАЙГИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

GROUND BEETLES (COLEOPTERA, CARABIDAE) AS A BIO-INDICATORS OF DEVELOPMENT COMMUNITIES OF THE SOUTHERN TAIGA OF WESTERN SIBERIA

Н.В. Важенина
N.V. Vazhenina

Тобольская комплексная научная станция УрО РАН, Россия, 626150, г. Тобольск, ул. Ак. Осипова, 15

Tobolsk complex scientific station of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 15 Ac. Osipova St, Tobolsk, 626150, Russia

E-mail: nataliavict@yandex.ru

Аннотация. Проведен анализ эколого-фаунистической структуры населения жужелиц суходольного луга, березово-осинового леса и пихтарника зеленомошного, представляющих стадии лесовосстановительной сукцессии в условиях подзоны южной тайги Западной Сибири. Установлено, что для биомониторинга состояния сообществ целесообразно использовать количественные характеристики населения жужелиц. Биоиндикаторами могут выступать виды, доминирующие в сообществе более двух лет, представленные в преобладающих биотопических группах и жизненных формах. Для разнотравных лугов это *Poecilus cupreus*, *P. lepidus*, *Amara aenea*; березово-осиновых лесов – *Carabus schoenherri*; пихтовых лесов – *C. glabratus* и *Calathus micropterus*.

Resumé. The analysis of the ecological and faunal ground beetle population structure in different stages of successional communities of the southern taiga of Western Siberia in order to identify their bioindication opportunities was carried out. Beetles collection was performed using traps Barbera. Grass-forb meadows (2005–2010), birch and aspen forest (2005–2009), and green moss fir (2005–2007) were studied.

In a series of communities meadow – deciduous forest – fir forests there is a decrease in species richness and dynamic density. An increasing number of dominant, species, form a permanent component of the community, the number of forest dwellers and predators. Lugo-field and field species are replaced by forest and forest-meadow. It was found that for condition of biomonitoring of communities it is appropriate to use quantitative characteristics of ground beetle populations. Qualitative indicators based on stenobiontic rare species, are not convincing.

Species dominating in the community for more than two years, can act as bioindicators stages of succession presented in the prevailing biotopic groups and life forms. For mixed grass meadows these are *Poecilus cupreus*, *P. lepidus*, *Amara aenea*; birch and aspen forests – *Carabus schoenherri*; fir forests – *C. glabratus* and *Calathus micropterus*.

Ключевые слова: южная тайга, биоиндикаторы, население жужелиц, экологическая структура.

Key words: southern taiga, bio-indicators, the population of ground beetles, ecological structure.

Введение

Зональным типом растительности южной тайги Западной Сибири считаются ельники-кисличники (*Picea abies*, *Oxalix acetosella*). Наряду с ними распространены кедровые (*Pinus sibirica*) и пихтовые леса (*Abies sibirica*) с развитым мохово-травянистым и травянистым напочвенным покровом. Темнохвойные леса приурочены к приречным высоким и хорошо дренированным участкам [Базилевич и др., 1986].

Значительную площадь здесь занимают сообщества находящиеся на разных стадиях сукцессионного преобразования. Подзона характеризуется широким распространением березовых, осиновых и темнохвойных березово-осиновых лесов, чаще всего формирующихся на месте вырубок и пожаров. В них обычно хорошо выражен подрост темнохвойных пород, травянистый покров состоит из лугово-лесных и лугово-степных растений. Луга на коренных террасах имеют антропогенное происхождение и сохраняются в результате систематического выкашивания и расчистки.

Длительность процесса лесовосстановления в южной тайге от вырубок и гарей до ельников оценивается в 120–150 лет [Тишков, Глазов, 1976]. В настоящее время естественному развитию лесов препятствуют различные антропогенные факторы, что влияет на сроки сукцессионного процесса и приводит к формированию разнотипных сообществ. Одним из методов оценки состояния ценозов считается мониторинг с применением биоиндикационных исследований. Биоиндикаторами выступают организмы, присутствие, численность или особенности развития которых служат показателями естественных процессов, условий или антропогенных изменений среды обитания [Гиляров, 1965].

Одной из удобных модельных групп герпетобионтов, используемых для оценки состояния и динамики природных систем считаются жуки-жужелицы (Coleoptera, Carabidae). Это семейство насекомых обладает высоким видовым и экологическим разнообразием, тонко реагирует на изменение почвенно-растительных и гидротермических условий среды. Использованию структурных характеристик населения жужелиц в биологическом мониторинге посвящен целый ряд работ зарубежных и отечественных исследователей [Heydemann, 1955; Шишова, 1994; Бутовский, 2001; Шарова, Якушкина, 2002; Романкина, 2010 и др.]. Однако жужелицы как биоиндикаторы лесовосстановительных процессов в подзоне южной тайги исследованы недостаточно. В связи с этим, целью работы являлось изучить состав и структуру населения жужелиц на разных стадиях восстановления лесных сообществ подзоны южной тайги Западной Сибири и определить их биоиндикационные возможности.

Объекты и методы исследования

Работа основана на результатах многолетних исследований закономерностей пространственного распространения беспозвоночных в бассейне нижнего Иртыша [Бухкало и др., 2011]. В качестве стадий лесовосстановительной сукцессии изучены участки злаково-разнотравного суходольного луга (2005–2010 гг.), березово-осинового высокотравного леса (2005–2009 гг.) и пихтарника кислично-схизахнового зеленомошного (2005–2007 гг.). Биотопы располагаются на поверхности коренной террасы Иртыша, не далеко друг от друга, в 20 км от г. Тобольска.

Учеты жуков проводили с помощью ловушек Барбера [Barber, 1931]. В качестве ловушек использовали жестяные банки объемом 200 мл с фиксирующей жидкостью (4%-ный раствор формалина). В каждом биотопе устанавливали по 10 ловушек в линию через каждые 8–10 м. Выборка материала производилась раз в 10 суток в течение всего полевого сезона.

Численность жуков переведена в единицы динамической плотности (Д/п.) – уловистость экземпляров на 100 ловушко-суток (в тексте экз./100 л.-с.). Состав доминирующего комплекса определен по шкале О. Ренконена [Renkonen, 1944]: численное обилие вида от 5% и более – доминант, от 2 до 5% – субдоминант, от 2% и менее – малочисленный или редкий. Для характеристики структуры населения жужелиц использовали следующие показатели: видовое богатство (S), обратная величина индекса доминирования Бергера-Паркера ($1/d$), индексы видового разнообразия (H') и выравненности Шеннона (J'), коэффициент Жаккара (K_J), численное обилие [Песенко, 1982], состав и соотношение биотопических групп и жизненных форм.

При определении биотопической приуроченности видов использованы результаты исследований и классификация экологических групп, предложенная А.Г. Ворониным [1999] с некоторыми изменениями с учетом собственных наблюдений. При характеристике спектров жизненных форм жужелиц использовали систему, разработанную И.Х. Шаровой [1981].

Результаты и их обсуждение

Видовой состав жужелиц трех изученных участков представлен 73 видами и 28 родами, что составляет около 1/3 региональной карабидофауны бассейна нижнего течения Иртыша [Бухкало и др., 2011]. Наиболее богат видами злаково-разнотравный луг антропогенного происхождения: 54 вида и 21 род. Значительным разнообразием характеризуются роды: *Amara* (12 видов), *Bembidion* (6), *Harpalus* (6), *Pterostichus* (5), *Carabus* (4), *Poecilus* (3) и *Calathus* (3). На протяжении 6 лет исследований показатель видового богатства варьирует от 18 до 37 видов (табл. 1).

Таблица 1

Структура населения жужелиц сообществ подзоны южной тайги Западной Сибири

Table 1

The structure of the population of ground beetles communities of southern taiga of Western Siberia

Биотопы	Показатели*	Год исследования					
		2005	2006	2007	2008	2009	2010
Злаково-разнотравный луг	*S*	21	32	37	18	34	26
	1/*d*	4.1	1.7	2.5	3.4	2.6	3.0
	H'	2.40 ±0.08	1.50 ±0.07	2.20 ±0.07	2.20 ±0.08	1.90 ±0.08	1.70 ±0.08
	J'	0.80 ±0.03	0.40 ±0.02	0.60 ±0.02	0.70 ±0.03	0.50 ±0.02	0.50 ±0.02
	Д/п	138.6 ±8.4	158.6 ±16.5	108.2 ±7.7	9.1 ±0.7	177.2 ±13.9	95.5 ±8.6
Березово-осиновый лес	*S*	23	20	19	10	22	-
	1/*d*	3.6	2.7	3.7	3.0	3.8	-
	H'	2.30 ±0.09	1.80 ±0.09	2.0 ±0.1	2.0 ±0.1	2.1 ±0.1	-
	J'	0.70 ±0.03	0.60 ±0.03	0.70 ±0.03	0.80 ±0.04	0.70 ±0.03	-
	Д/п	89.8 ±6.2	111.7 ±10.6	176.2 ±13.9	4.9 ±0.4	86.0 ±6.2	-
Пихтовый лес	S	17	15	21	-	-	-
	1/*d*	6.3	2.9	3.9	-	-	-
	H'	2.50 ±0.09	2.10 ±0.09	2.20 ±0.09	-	-	-
	J'	0.80 ±0.03	0.70 ±0.03	0.70 ±0.03	-	-	-
	Д/п	25.8±1.2	23.0±1.9	97.6±7.2	-	-	-

*Примечание: показатели *S*, 1/*d*, *H'*, *J'*, Д/п см. выше (раздел «Объекты и методы исследования»).
*Remark: indexes *S*, 1/*d*, *H'*, *J'*, Д/п see above under (in chapter "Objects and methods").

Постоянным компонентом сообщества являются луго-полевые виды *Poecilus versicolor*, *Calathus melanocephalus*, *Amara aenea*, *A. tibialis*, *A. equestris* и полевой *P. cupreus* (табл. 2). Доминантами и субдоминантами в основном выступают луговые, луго-полевые и лесо-луговые виды. В состав доминирующего комплекса входит от 4 до 11 видов. С 2005 г. в населении жужелиц наблюдается постепенное снижении числа доминантов. Стабильную группу формируют экологически пластичные виды *P. cupreus*, *P. versicolor* и *A. aenea*, составляющие до 85% суммарной численности.

Высокие показатели уловистости определяет активность двух хищных видов *P. cupreus* (до 92.0 экз./100 л.-с.) и *P. versicolor* (до 26.6 экз./100 л.-с.). Максимальная динамическая плотность жужелиц 177.2±13.9 экз./100 л.-с. выявлена в 2009 г. (см. табл. 1). Лишь в 2008г. динамическая плотность составила 9.1±0.7 экз./100 л.-с. что, вероятно, обусловлено погодными условиями, существенно влияющими на активность жуков открытых территорий.

Таблица 2

Доминирующий комплекс жужелиц злаково-разнотравного луга южной тайги Западной Сибири (2005–2010 гг.), в %

Table 2

The dominant complex of ground beetle grass-forb meadows of southern taiga of Western Siberia (2005–2010), in %

Виды	Год исследования					
	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Cylindera germanica (L., 1758)	17.0	+*	+	-	+	-
Clivina fossor (L., 1758)	+	+	+	4.0	-	-
Trechus secalis (Pk., 1790)	+	+	2.3	-	+	-
Bembidion gilvipes Sturm, 1825	-	+	-	4.0	-	-
Poecilus cupreus (L., 1758)	6.4	5.3	9.6	4.0	38.3	30.5
P. versicolor (Sturm., 1824)	24.3	58.0	40.2	28.3	27.3	32.9
P. lepidus Leske, 1785	13.2	16.8	4.0	-	3.3	2.6
Pterostichus niger (Schall., 1783)	5.4	+	+	-	+	+
Pt. melanarius (Ill., 1798)	3.5	+	-	-	+	+
Calathus melanocephalus (L., 1758)	4.5	+	+	2.7	7.3	+
Amara aenea (Deg., 1774)	3.3	8.4	18.9	29.7	10.6	22.2
A. communis (Pz., 1797)	-	+	3.6	+	+	+
A. lunicollis Schioedte, 1837	3.5	-	+	+	-	-
A. tibialis (Pk., 1798)	+	+	+	10.8	+	+
A. equestris (Duft., 1812)	4.8	+	+	+	+	+
Harpalus rufipes (Deg., 1774)	4.7	+	2.4	-	+	+
H. latus (L., 1758)	+	+	-	2.7	+	+
H. luteicornis (Duft., 1812)	-	+	3.3	-	+	+
Всего видов доминантов и субдоминантов	11	4	8	8	5	4

*Примечание: «+» – здесь и далее малочисленный или редкий вид.

*Remark: «+» – hereinafter few or rare species.

Индексы обратного доминирования, разнообразия и выравненности лугового сообщества значительно варьируют на протяжении всего периода исследований (см. табл. 1). Максимальные показатели зарегистрированы в 2005 г. и определены составом доминирующей группы, включающей 11 видов составляющих около 80% численного обилия (см. табл. 2).

На рисунке 1 показана динамика численного обилия биотопических групп жуков суходольного луга за 6 лет исследований. Выявлены представители девяти биотопических групп. По количеству видов (12–24) и численности (85.4–96.3%) преобладают жужелицы открытых пространств (луговая, луго-полевая, полевая группы). Среди них доминируют луго-полевые виды (53.8–90.3%). Обитатели лесов (лесная, лесо-болотная, лесо-луговая группы) – не многочисленны (4.0–13.2%) и составили от 2 до 8 видов. Влаголюбивые жужелицы (околоводная, прибрежная, прибрежно-луговая группы) представлены 1–5 видами, их доля не превышает 8.1%. С 2005 г. наблюдается постепенное снижение доли луговых и луго-полевых видов с увеличением участия полевых.

Высоким экологическим разнообразием и численностью представлены зоофаги: 11–22 видов, составляющие от 51.4 до 80.4%. Менее значительны миксофитофаги (7–16 видов, 14.5–48.6%). В целом состав и соотношение ярусных группировок соответствует луговому сообществу, однако варьирует по годам и не имеет общей направленности (рис. 2).

Среди зоофагов преобладают стратобионты зарывающиеся, составляющие до 82% численного обилия. Это обитатели подстилки, растительного опада, рыхлого слоя почвы и трещин, способные к активному рытью почвы. Большинство миксофитофагов (до 36.5%) представлено геохортобионтами гарпалоидными, способными лазать по растениям и зарываться в почву.

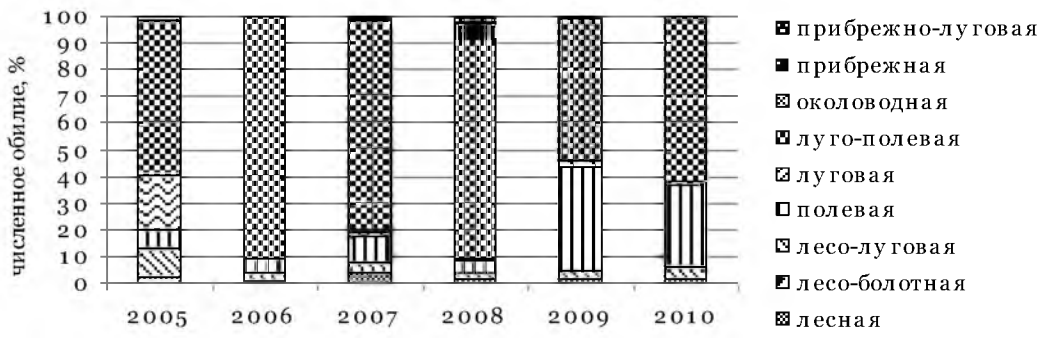

Рис. 1. Состав биотопических групп жужелиц злаково-разнотравного луга южной тайги Западной Сибири (2005–2010 гг.), в %

Fig. 1. The composition of the biotopic groups of ground beetles grass-forb meadows of southern taiga in West Siberia (2005–2010), in %

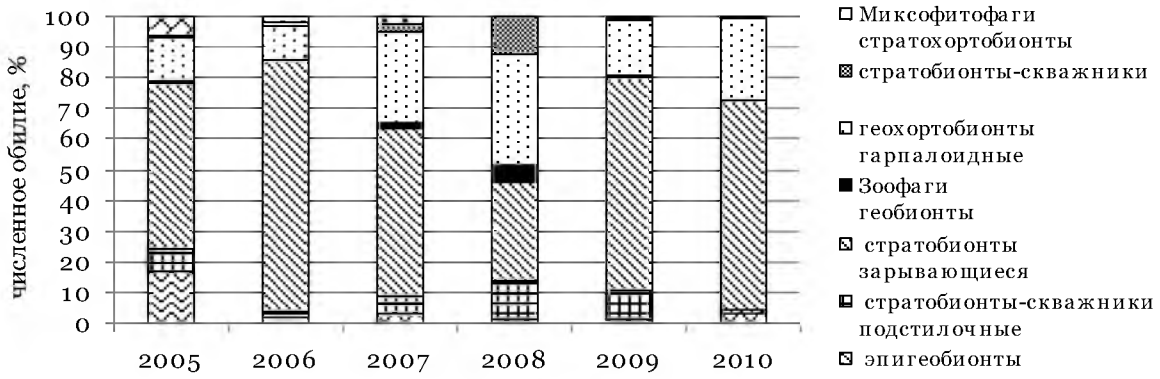

Рис. 2. Состав жизненных форм жужелиц злаково-разнотравного луга южной тайги Западной Сибири (2005–2010 гг.), в %

Fig. 2. The composition of life forms of ground beetles grass-forb meadows of southern taiga in West Siberia (2005–2010), in %

В березово-осиновом лесу зарегистрировано 38 видов жужелиц из 15 родов. Значительным видовым разнообразием характеризуются роды: *Carabus* (6 видов), *Pterostichus* (5), *Amara* (5) и *Harpalus* (4). Показатели видового богатства сообщества варьируют по годам от 10 до 23 (см. табл. 1). Устойчивую группу формируют лесные виды *C. aeruginosus*, *C. glabratus*, *C. schoenherri*, *Cychrus caraboides*, *Pt. oblongopunctatus* и лесо-луговые – *C. granulatus*, *Pt. niger*, *Pt. melanarius*.

Доминирующий комплекс в разные годы представлен 7–10 видами (табл. 3). Его постоянными составляющими выступают *C. granulatus*, *C. aeruginosus*, *Pt. niger*, *Pt. oblongopunctatus* и *Pt. melanarius*, являющиеся характерным элементом фауны лесов южной тайги [Стриганова, 2001]. В состав комплекса в разные годы так же входят лесные виды *C. schoenherri*, *C. caraboides*; лесо-луговые – *Trechus secalis*, *C. cancellatus*; лесо-болотный – *Pt. strenuus*; луго-полевые – *P. versicolor*, *Harpalus rufipes* и *C. melanocephalus*.

Динамическая плотность жуков в лесу варьирует от 4.9±0.4 до 111.7±10.6 экз./100 л.-с. (см. табл. 1). Высокие показатели уловистости отмечены для *Pt. niger* (до 47.0 экз./100 л.-с.), *Pt. melanarius* (до 44.5 экз./100 л.-с.) и *Pt. oblongopunctatus* (до 41.3 экз./100 л.-с.). За весь период исследования индексы разнообразия сообщества варьируют незначительно и не имеют общей направленности. Следует отметить 2006 г. с минимальными значениями $1/d$ = 2.7, H' = 1.8±0,09, J' = 0.6±0,03 и значительным обилием только двух видов: *Pt. oblongopunctatus* (36.9%) и *Pt. melanarius* (27.2%). В 2009 г. зарегистрировано максимальное значение индекса доминирования ($1/d$ = 3.88), что свидетельствует о стабилизации сообщества.

Таблица 3

Доминирующий комплекс жужелиц березово-осинового леса южной тайги Западной Сибири (2005–2009 гг.), в %

Table 3

The dominant complex ground beetle birch and pine forests of southern taiga of Western Siberia (2005–2009), in %

Вид	Год исследования				
	2005	2006	2007	2008	2009
Carabus cancellatus Ill., 1798	2.9	+	5.2	-	3.0
C. granulatus L., 1758	4.6	2.4	9.3	7.5	6.0
C. aeruginosus F.-W., 1822	10.7	6.3	13.4	7.5	15.4
C. schoenherri F.-W., 1820	6.2	2.2	+	32.5	2.1
Cychrus caraboides (L., 1758)	6.4	+	+	7.5	+
Trechus secalis (Pk., 1790)	4.3	-	3.3	7.5	10.7
Poecilus versicolor (Sturm., 1824)	-	8.8	+	-	-
Pterostichus niger (Schall., 1783)	21.4	8.8	26.7	7.5	11.8
Pt. strenuus (Pz., 1797)	-	+	+	10.0	+
Pt. oblongopunctatus (F., 1787)	5.6	36.9	6.5	15.0	25.8
Pt. melanarius (Ill., 1798)	27.7	27.1	25.2	2.5	19.3
Calathus melanocephalus (L., 1758)	-	-	2.4	-	-
Harpalus rufipes (Deg., 1774)	3.0	+	+	-	+
Всего доминантов и субдоминантов	10	7	8	9	8

В биотопической структуре населения жужелиц выявлено семь групп (рис. 3). Преобладают обитатели лесов (10–17 видов), составляющие от 88.9 до 100%. Обитатели открытых биотопов представлены 5–7 видами и не многочисленны (1–10.7%). Околоводные виды *Agonum dolens* и *Oxypselaphus obscurum* не превышают 0.3%. За период исследования выявлено снижение численности видов открытых пространств: максимальное обилие 10.7% отмечено в 2006 г., к 2008 г. этот показатель не превышает 1%. Обилие лесных, лесо-болотных и лесо-луговых жуков к 2008 г. в сумме составляет около 100%, околоводные виды отсутствуют.

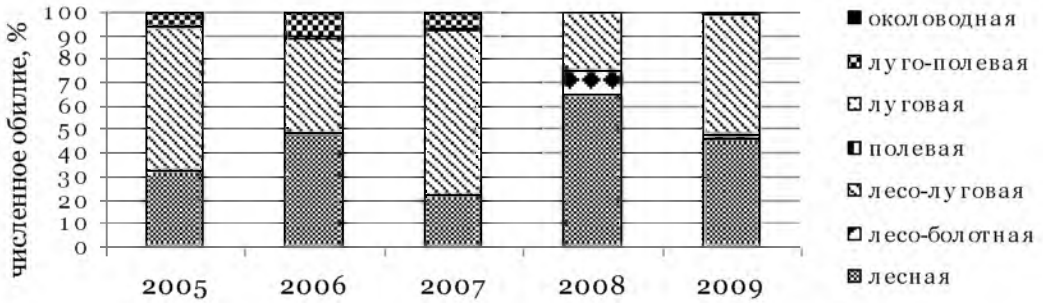

Рис. 3. Состав биотопических групп жужелиц березово-осинового леса южной тайги Западной Сибири (2005–2009 гг.), в %

Fig. 3. The composition of the biotopic groups of ground beetles birch and pine forests of southern taiga of Western Siberia (2005–2009), in %

В населении жужелиц березово-осинового леса по числу видов (16–18) и обилию (94.3–100%) преобладают зоофаги (рис. 4). Миксофитофаги не превышают 7 видов и 5.7%. С 2005 г. наблюдается увеличение численного обилия хищников, достигающих к 2008 г. 100%. Среди ярусных группировок отмечено увеличение обилия стратобионтов-скважников подстилочных, в основном за счет мелкого вида *T. secalis*, обитателя подстилки, предпочитающего лесные почвы с высокой влажностью. Этот вид широко распространен в тайге и часто входит в состав доминантов в лиственных и смешанных лесах [Шарова, 1971].

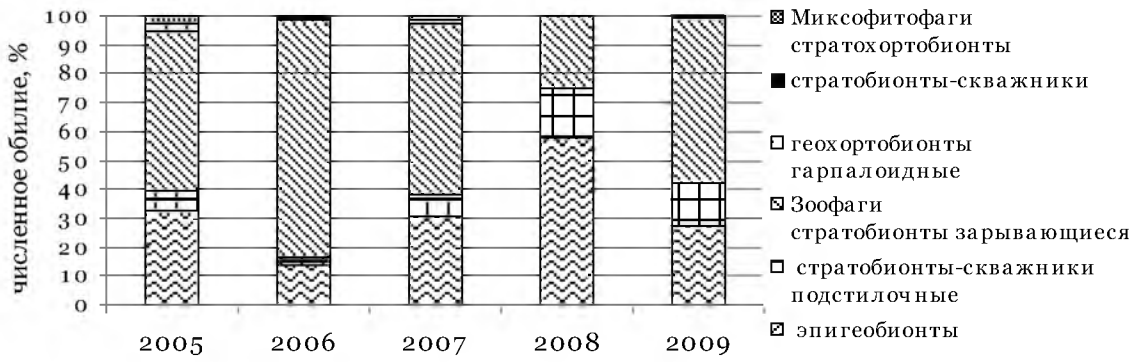

Рис. 4. Состав жизненных форм жужелиц березово-осинового леса южной тайги Западной Сибири (2005–2009 гг.), в %

Fig. 4. The composition of life forms ground beetle birch and pine forests of southern taiga of Western Siberia (2005–2009), in %

Самым низким видовым составом характеризуется пихтовый зеленомошный лес: 24 вида жужелиц из 13 родов. Наибольшее число видов отмечено в родах: *Harpalus* (5 видов), *Carabus* (5) и *Pterostichus* (4). Показатель видового богатства варьирует по годам от 15 до 21 (см. табл. 1). К постоянным обитателям сообщества относятся лесные виды *Leistus terminatus*, *C. aeruginosus*, *C. glabratus*, *C. schoenherri*, *C. caraboides*, *Pt. oblongopunctatus*, *C. micropterus*, *H. laevipes*, лесо-луговые – *C. cancellatus*, *C. granulates*, *Pt. niger*, *Pt. melanarius* и луго-полевой – *Synuchus vivalis*. В состав доминирующего комплекса входит 9–10 видов. Его устойчивым компонентом считаются *C. aeruginosus*, *C. glabratus*, *Pt. niger*, *Pt. oblongopunctatus* и *Pt. melanarius* – типичные представители зональных темнохвойных лесов южной тайги [Еремин, 1986]. В разные годы в комплекс входят лесные, лесо-луговые, реже луго-полевые виды.

Таблица 4

Доминирующий комплекс жужелиц пихтарника зеленомошного южной тайги Западной Сибири (2005–2007 гг.), в %

Table 4

The dominant complex ground beetles of hylocomium fir forest of southern taiga in West Siberia (2005–2007), in %

Вид	Год исследования		
	2005	2006	2007
Leistus terminatus (Hellw.in Pz., 1793)	8.7	+	+
Carabus cancellatus Ill., 1798	+	4.0	4.5
C. granulatus L., 1758	+	2.7	12.9
C. aeruginosus F.-W., 1822	10.2	9.4	24.7
C. glabratus Pk., 1790	6.3	9.8	3.8
Cychrus caraboides (L., 1758)	11.2	+	+
Trechus secalis (Pk., 1790)	3.8	-	2.4
Pterostichus niger (Schall., 1783)	16.0	7.1	25.4
Pt. oblongopunctatus (F., 1787)	8.7	34.5	3.8
Pt. melanarius (Ill., 1798)	12.6	13.9	11.2
Calathus micropterus (Duft., 1812)	3.8	7.6	+
Synuchus vivalis (Ill., 1798)	9.7	+	+
Harpalus rufipes (Deg., 1774)	-	-	2.0
H. laevipes Zett., 1828	+	5.4	+
Всего доминантов и субдоминантов	10	9	9

Показатель динамической плотности варьирует от 23.0±1.9 до 97.6±7.2 экз./100 л.-с. и напрямую зависит от числа выявленных видов (см. табл. 1). За период исследования индекс доминирования изменяется в широких пределах. Максимальные

значения 1/d = 6.3 выявлены в 2005 г., с высоким численным обилием *L. terminatus*, *C. aeruginosus*, *C. caraboides*, *Pt. niger*, *Pt. oblongopunctatus*, *Pt. melanarius* и *S. vivalis* (см. табл. 4). Минимальные значения 1/d = 2.9 отмечены в 2006 г., где господствуют *Pt. oblongopunctatus* и *Pt. melanarius*. Индексы разнообразия и выравненности изменяются не значительно (см. табл. 1).

Население жужелиц пихтарника включает семь биотопических групп (рис. 5). Преобладают обитатели лесных биотопов (13–15 видов), составляющие от 87.4 до 98.6%. Доля видов открытых пространств не превышает 12.6% (1–5 видов). Околоводные виды представлены *Pt. gracilis* (0.5%), прибрежные – *Oodes helopioides* (0.2%). За период с 2005 г. по 2007 г. не выявлено резких изменений в составе групп, поэтому экологическая структура населения остается достаточно стабильной.

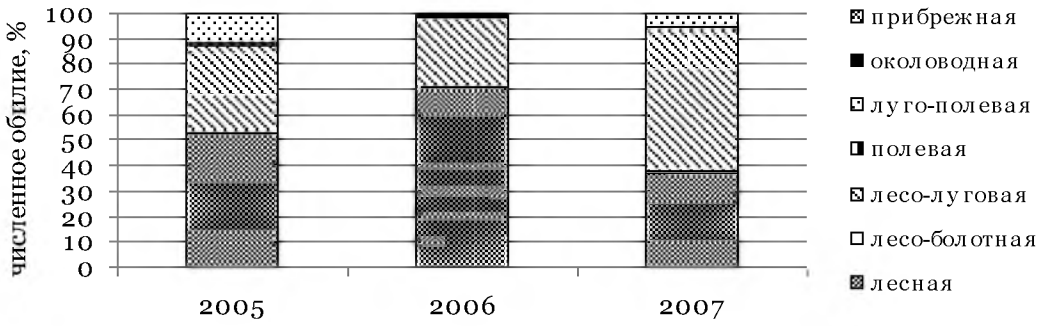

Рис. 5. Состав биотопических групп жужелиц пихтарника зеленомошного южной тайги Западной Сибири (2005–2007 гг.), в %

Fig. 5. The composition of the biotopic groups of ground beetles of hylocomium fir forest of southern taiga in West Siberia (2005–2007), in %

В пихтовом лесу преобладают хищники, представленные 8–10 видами, составляющими до 96.1% численного обилия (рис. 6). Миксофитофаги не превышают 5 видов и 5.4% обилия. За три года исследований численное обилие трофических классов остается постоянным (меняется не более чем на 1.5%). В составе ярусных группировок выявлено увеличение общей численности крупных хищников эпигеобионтов при стабильном видовом составе (*C. cancellatus*, *C. granulatus*, *C. aeruginosus*, *C. glabratus*, *C. schoenherri*, *C. caraboides*) и снижение обилия стратобионтов-скважников подстилочных.

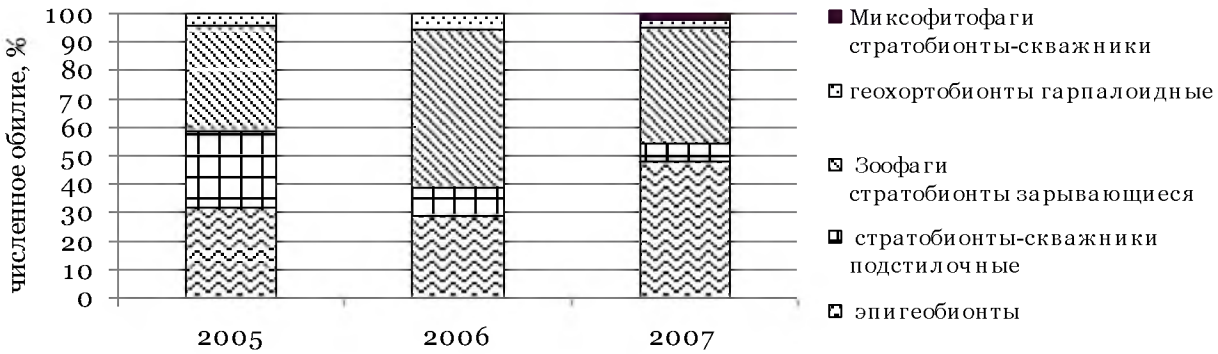

Рис. 6. Состав жизненных форм жужелиц пихтарника зеленомошного южной тайги Западной Сибири (2005–2007 гг.), в %

Fig. 6. The composition of life forms ground beetles of hylocomium fir forest of southern taiga in West Siberia (2005–2007), in %

В условиях южной тайги период преобразования разнотравного суходольного луга в березово-осиновый лес составляет от 40 до 60 лет, во вторичный зональный темнохвойный лес – более 90 лет [Тишков, Глазов, 1976]. В ходе сукцессионных изменений вместе с постепенной сменой растительного фитоценоза меняется и животное население, что особенно четко проявляется в составе почвенной мезофауны, включая жужелиц.

В изученных сообществах представляющих стадии восстановительной сукцессии выявлены закономерные изменения эколого-фаунистической структуры населения жужелиц. Наиболее четко эти изменения проявляются при проведении мониторинговых исследований на протяжении 5 лет и более.

В разные годы показатели структуры населения (видовое богатство, динамическая плотность, индексы обратного доминирования Бергера-Паркера, разнообразия и выравненности Шеннона) характеризуются выраженной разнонаправленностью (см. рис. 1). На протяжении 6 лет исследований достаточно нестабильным остается видовой состав жужелиц суходольного луга: коэффициент фаунистического сходства Жаккара варьирует от 0.38 до 0.62. Что в целом свойственно для герпетобионтов лугов, состав и численность которых зависят от многих факторов окружающей среды. В березово-осиновом лесу коэффициент сходства составил от 0.50 до 0.55. Относительным постоянством отличается пихтарник, где в течение 3 лет показатель сходства видового состава сохраняется на уровне 70% (0.70–0.73). Что свидетельствует о достаточно устойчивом состоянии сообщества.

По результатам исследований в 2008 г. на лугу и в лиственном лесу выявлено многократное снижение показателей видового богатства и динамической плотности. Это явление было отмечено и в других группах беспозвоночных что, видимо, является проявлением популяционных волн вызванных внешними факторами.

В целом в ряду сообществ суходольный луг – березово-осиновый лес – пихтарник наблюдается последовательное снижение видового богатства и динамической плотности жужелиц, увеличивается число видов, формирующих постоянный компонент сообщества. На лугу к постоянным обитателям относятся 6 луго-полевых и полевых видов, в лиственном лесу – 8 лесных и лесо-луговых видов, в пихтарнике – 13 преимущественно лесных видов. Растет количество доминантов. Число и обилие видов открытых пространств снижается, обитателей лесов – возрастает. Наблюдается вытеснение экологически пластичных луго-полевых и полевых видов (*P. cupreus*, *P. versicolor*, *P. lepidus*, *C. melanocephalus*, *A. aenea*, *A. communis*, *H. latus* и др.) более конкурентоспособными лесными обитателями (*Pt. niger*, *Pt. oblongopunctatus*, *Pt. melanarius*). В ряду сравниваемых сообществ численность хищников возрастает до 100%, среди ярусных группировок заметно увеличивается доля эпигеобионтов. Все отмеченные изменения приводят к формированию устойчивого состава и структуры населения, характерного для климаксного сообщества.

Заключение

Сообщества жужелиц формируются под влиянием целого ряда различных экологических факторов, начиная от комплекса физико-географических условий территории до растительно-почвенных характеристик биотопа, микроклимата и степени антропогенного воздействия. Изученные сообщества расположены на поверхности коренной террасы Иртыша, в непосредственной близости друг от друга, что определяет практически равное влияние рельефа и погодных условий. Выявленные особенности в структуре населения жужелиц следует отнести к опосредованному воздействию растительного покрова на условия среды обитания (влажность, температуру, освещенность, животное население и пр.).

На основе проведенных исследований можно предположить, что для биоиндикации состояния и динамики сообществ подзоны южной тайги Западной Сибири возможно использование количественных показателей структуры населения

жужелиц. Среди них следует отметить видовое богатство, доминирующий комплекс, состав биотопических групп и жизненных форм жужелиц. Качественные показатели, учитывающие редкие стенобионтные виды, не являются убедительными.

Биомониторинг целесообразно проводить раз в 5–6 лет, за этот период происходят заметные изменения почвенно-растительных условий, что отражается на структуре населения жужелиц.

Таким образом, биоиндикаторами этапов сукцессионного преобразования травянистых (луговых) сообществ через промежуточные лиственные леса к зональным таежным могут выступать виды, входящие состав доминантного комплекса сообществ более двух лет, представленные в преобладающих биотопических группах и жизненных формах. Для суходольных злаково-разнотравных лугов это *Poecilus cupreus*, *P. lepidus*, *Amara aenea*; березово-осиновых лесов – *Carabus schoenherri*; пихтовых лесов – *C. glabratus* и *C. micropterus*.

Благодарности

Автор благодарен сотрудникам ТКНС УрО РАН к.б.н. С.П. Бухкало, к.б.н. Д.Е. Галичу и Е.В. Сергеевой (г. Тобольск, Россия) за помощь при сборе и первичной обработке материала. Особо признателен к.б.н. Р.Ю. Дудко (ИСиЭЖ СО РАН, г. Новосибирск, Россия) за помощь в определении материала.

Список литературы
References

1. Базилевич Н.И, Гребенщиков О.С., Тишков А.А. 1986. Географические закономерности структуры и функционирования экосистем. М., Наука, 297.

Bazilevich N. I, Grebenshhikov O.S., Tishkov A.A. 1986. Geograficheskie zakonomernosti struktury i funkcionirovanija jekosistem [Geographic patterns of ecosystem structure and functioning]. Moscow, Nauka, 297. (in Russian)

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

Butovskij R.O. 2001. Ustojchivost' kompleksov pochvoobitajushhih chlenistonogih k antropogennym vozdejstvijam [Stability of complexes of soil arthropods to human impact]. Moscow, Den' serebra, 322. (in Russian)

3. Бухкало С.П., Галич Д.Е., Сергеева Е.В., Алемасова Н.В. 2011. Конспект фауны жуков южной тайги Западной Сибири (в бассейне нижнего Иртыша). М., Товарищество научных изданий КМК, 267.

Buhkalo S.P., Galich D.E., Sergeeva E.V., Alemasova N.V. 2011. Konspekt fauny zhukov yuzhnoj tajgi Zapadnoj Sibiri (v bassejne nizhnego Irtysha) [Abstract of beetle fauna of the southern taiga of Western Siberia (of the Lower Irtysh basin)]. Moscow, Tovarishchestvo nauchnyh izdanij KMK, 267. (in Russian)

4. Воронин А.Г. 1999. Фауна и комплексы жужелиц (Coleoptera, Trachypachidae, Carabidae) лесной зоны Среднего Урала (эколого-зоогеографический анализ). Пермь, Издательство Пермского университета, 244.

Voronin A.G. 1999. Fauna i kompleksy zhuzhelic (Coleoptera, Trachypachidae, Carabidae) lesnoj zony Srednego Urala (jekologo-zoogeograficheskij analiz) [Fauna and complexes of ground beetles (Coleoptera, Trachypachidae, Carabidae) of the forest zone of the Middle Urals (ecological and zoogeographical analysis)]. Perm, Izdatel'stvo Permskogo universiteta, 244. (in Russian)

5. Гиляров М.С. 1965. Зоологический метод диагностики почв. М., Наука, 278.

Gilyarov M.S. 1965. Zoologicheskij metod diagnostiki pochv [Zoological soil diagnosis method]. Moscow, Nauka, 278. (in Russian)

6. Еремин П.К. 1986. Население жужелиц (Coleoptera, Carabidae) девственных еловых лесов южной тайги. *В кн.:* Кологривский лес. М.: 110–115.

Eremin P.K. 1986. Naselenie zhuzhelic (Coleoptera, Carabidae) devstvennyh elovyh lesov juzhnoj tajgi. *In:* Kologrivskij les [Kologrivsky forest]. Moscow: 110–115. (in Russian)

7. Песенко Ю.А. 1982. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. М., Наука, 285.

Pesenko YU. A. 1982. Principy i metody kolichestvennogo analiza v faunisticheskih issledovaniyah [Principles and methods of quantitative analysis of faunal studies]. Moscow, Nauka, 285. (in Russian)

8. Романкина М.Ю. 2010. Эколого-фаунистическая структура жужелиц (Coleoptera, Carabidae) суходольных лугов в центре Европейской части России и их роль как биоиндикаторов почвенно-растительных условий. Вестник ЧГПУ. Биологические науки и физика, 2: 298–312.

Romankina M.YU. 2010. Ecological and faunistic structure of ground beetles (Coleoptera, Carabidae) upland meadows in the center of the European part of Russia and their role as bioindicators of soil and vegetation conditions. Vestnik CHGPU. Biologicheskie nauki i fizika [Herald of Chelyabinsk State Pedagogical University. Biological sciences and Physics], 2: 298–312. (in Russian)

9. Стриганова Б.Р. 2001. Особенности биотопического распределения жужелиц (Coleoptera, Carabidae) в тайге Западной Сибири. Русский энтомологический журнал, 10 (3): 225–230.

Striganova B.R. 2001. Features of biotope distribution of ground beetles (Coleoptera, Carabidae) in the taiga of Western Siberia. Russkij ehntomologicheskij zhurnal [Russian Entomological Journal], 10 (3): 225–230. (in Russian)

10. Тишков А.А., Глазов М.В. 1976. Особенности функционирования экосистем ельников южной тайги. *В кн.:* Международный географический конгресс. Т. 12. М., Наука: 116–118.

Tishkov A.A., Glazov M.V. 1976. Features of the functioning of ecosystems of spruce forests of southern taiga. *In:* Mezhdunarodnyj geograficheskij congress. T. 12 [International geographical congress. Vol. 12]. Moscow, Nauka: 116–118. (in Russian)

11. Шарова И.Х. 1971. Особенности биотопического распределения жужелиц (Carabidae) в зоне смешанных лесов. Ученые записки МГПИ им. В.И. Ленина, (465): 61–86.

Sharova I.H. 1971. Features of biotope distribution of ground beetles (Carabidae) in the zone of mixed forests. Uchenye zapiski MGPI im. V.I. Lenina, (465): 61–86. (in Russian)

12. Шарова И.Х. 1981. Жизненные формы жужелиц (Coleoptera, Carabidae). М., Наука, 360.

Sharova I.H. 1981. Zhiznennye formy zhuzhelic (Coleoptera, Carabidae) [Life forms of ground beetles (Coleoptera, Carabidae)]. Moscow, Nauka, 360. (in Russian)

13. Шарова И.Х., Якушкина М.Н. 2002. Закономерности изменения населения жужелиц под влиянием рекреации в лесах Среднего Поволжья. Саранск, 182.

Sharova I.H., Jakushkina M.N. 2002. Zakonomernosti izmenenija naselenija zhuzhelic pod vlijaniem rekreacii v lesah Srednego Povolzh'ja [Patterns of change of ground beetle populations under the influence of recreation in the forests of the Middle Volga region]. Saransk, 182. (in Russian)

14. Шишова М.И. 1994. Динамика структуры населения популяций массовых видов жужелиц (Coleoptera, Carabidae) в лесонасаждениях Северной лесостепи России. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 18.

Shishova M.I. 1994. Dinamika struktury naselenija populjacij massovyh vidov zhuzhelic (Coleoptera, Carabidae) v lesonasazhdenijah Severnoj lesostepi Rossii [The dynamics of population structure of populations of common species of ground beetles (Coleoptera, Carabidae) in forest stands forest North Russia]. Abstract. dis. ... cand. biol. sciences. Moscow, 18. (in Russian)

15. Barber H.S. 1931. Traps for cave-inhabiting insect. Journal of the Elisha Mitchell Scientific Society, 46 (3): 259–266.

16. Heydemann, B. 1955. Carabiden der Kulturfelder als ökologische Indikatoren Wandervers. Deutsche Entomologische, 7: 172 – 185.

17. Renkonen O. 1944. Die Carabiden- und Staphyliniden- Bestande eines Seeufers in S-W Finnland. Ann. Ent. Fenn., 9 (1/2): 10–33.