

Видовой состав и таксономическая структура ассамблей жуужелиц (Coleoptera, Carabidae) отвалов фосфогипса ОАО «Гомельский химический завод»

А.Н. Крицкая

В статье дается обзор сообществ жуужелиц, обитавших на залежах отходов производства фосфорных удобрений на территории ОАО «Гомельский химический завод». Такие долгосрочные исследования позволяют составить более полную картину существования жуков в нетипичных условиях существования. Таким образом, статья представляет собой описание видового состава представителей семейства жуужелиц.

Ключевые слова: семейство жуужелиц, видовой состав, род, отвалы фосфогипса.

The article is an overview of the communities of ground beetles that lived on the deposits of phosphorus fertilizer production waste on the territory of Gomel Chemical Plant. Such long-term research makes it possible to create a more complete information of the existence of beetles in atypical living conditions. Thus, the article is a description of the species composition of the representatives of the ground beetle family.

Keywords: ground beetle family, species composition, genus, phosphogypsum dumps.

Введение. Почвенное население беспозвоночных животных не обходится без представителей семейства жуужелиц, которые чутко реагируют на различные изменения почвенно-растительных и микроклиматических условий, поэтому они используются как биоиндикаторы [1]. Помимо этого, они играют важную роль в численности других беспозвоночных животных, а также являются компонентом рациона позвоночных животных. Поэтому чаще всего не проходит исследование экосистем без изучения спектра видов данного семейства. Таких биоиндикаторов стоит отслеживать для понимания естественных экологических процессов в их жизнедеятельности, что способствует выявлению антропогенных изменений окружающей среды [2]. Целью нашего исследования было выявление видового состава и таксономической структуры представителей семейства жуужелиц, которые обитали на отвалах фосфогипса.

Материал и методы исследования. Сбор имаго жуужелиц проводился в три этапа: с 2006 по 2009 гг., с 2011 по 2013 гг. и в 2019 г. на территории концентрации отходов производства фосфорных удобрений (отвалов фосфогипса) ОАО «Гомельский химический завод». Исследования проводились на трех стационарах, которые располагались на отвалах фосфогипса с разной степенью проективного покрытия растительностью (1 % покрытия участка растительностью, 60–70 % и 90 %), а также на контрольном участке, находившийся в смешанном лесу. При этом верхний слой почвы на отвалах на глубину 5–10 см представлял собой сплошной слой фосфогипса. Рядом со стационарами располагался обводной канал. При помощи почвенных ловушек нами было собрано 1587 жуужелиц на отвалах фосфогипса и 1262 экземпляров на контрольном участке. Первичный учет данных велся при помощи электронных таблиц Calc офисного пакета Libre Office 7.6 (<https://www.libreoffice.org>). Таксономия семейства приведена по [3].

Результаты и их обсуждение. При рассмотрении таксономической структуры семейства жуужелицы, обитавшего на выбранных нами стационарах, было установлено, что жуки относились к 5 подсемействам (Cicindelinae, Omophroninae, Broscinae, Trechinae, Harpalinae) на стационаре «Отвал 1», к 7 подсемействам (Nebriinae, Cicindelinae, Carabinae, Scaritinae, Broscinae, Trechinae, Harpalinae) на стационаре «Отвал 2», к 6 подсемействам (Nebriinae, Carabinae, Scaritinae, Broscinae, Trechinae, Harpalinae) на стационаре «Отвал 3», а также к 6 подсемействам (Nebriinae, Carabinae, Loricarinae, Broscinae, Trechinae, Harpalinae) на контрольном участке (таблица 1).

В состав фауны жуужелиц, обитавших на наименее заросшем стационаре, вошло 17 видов из 9 родов и 8 триб (6 подтриб) общей численностью 93 экземпляра. Состав карабидо-комплекса, располагавшегося на территории с проективным покрытием растительностью 60–70 %, включал уже 35 видов из 15 родов и 13 триб общей численностью 366 экземпляров.

Наибольшим видовым богатством из отвалов отличался самый заросший стационар – 47 видов из 21 рода и 13 триб общей численностью 1128 экземпляров. При этом сообщество жужелиц на контрольном участке состояло из 54 видов из 23 родов и 15 триб общей численностью 1262 экземпляра. Из полученных данных можно выделить, что триба Notiophilini (подсемейство Nebriinae) характерна только для стационара «Отвал 2» и контрольного участка. В тоже время триба Cychrini (подсемейство Carabinae) и триба Panagaeini (подсемейство Harpalinae) характерны только для контрольного участка. Представители, относящиеся к трибе Trechini (подсемейство Trechinae), встречались только на самом заросшем стационаре. К трибе Platynini (подсемейство Harpalinae), в который входит три рода, относились представители стационара «Отвал 3» и контрольного участка. Таким образом, таксономическая структура позволяет оценить разнообразие карабидокомплекса на изучаемой территории.

Таблица 1 – Таксономическая структура жужелиц на изучаемой территории

Стационар	Подсемейства	Трибы	Подтрибы	Роды	Подроды	Виды
Отвал 1	5	8	6	9	13	17
Отвал 2	7	13	8	15	24	35
Отвал 3	6	13	12	21	31	47
Контроль	6	15	12	23	30	54

По результатам нашего исследования на стационаре «Отвал 1» было собрано 17 видов жужелиц (таблица 1 и 2). При этом род *Harpalus* оказался самым разнообразным и включал в себя 4 вида, хотя численность составила всего 9,68 % (таблица 2). Род *Bembidion* включал 3 вида с относительным обилием 13,98 %. В то же время род *Calathus*, *Cicindela* и *Pterostichus* включали по 2 вида каждый, хотя численность их значительно отличалась друг от друга – 10,75 %, 24,73 % и 5,38 % соответственно. В свою очередь представители рода *Amara*, *Anisodactylus* и *Omophron* были отмечены единично. Стоит отметить тот факт, что последний род был отмечен только на стационаре «Отвал 1». Кроме того, такие виды как *Anisodactylus nemorivagus*, *Bembidion femoratum*, *Cicindela hybrida*, *Harpalus flavescens* и *Omophron limbatus* фиксировались нами только на данной территории в связи с тяготением к открытым местообитаниям. Самым многочисленным оказался представитель рода *Broscus* – *Broscus cephalotes* 32,26 % от общей численности – типичный обитатель открытых пространств с сыпучим подстилающим субстратом.

Таблица 2 – Видовой состав и относительное обилие жужелиц исследованных стационаров

Вид	Отвал 1	Отвал 2	Отвал 3	Контроль
1	2	3	4	5
<i>Acupalpus flavicollis</i> (Sturm, 1825)	0	0	0,62	0,08
<i>Agonum fuliginosum</i> (Panz., 1800)	0	0	0,09	0,24
<i>Agonum sexpunctatum</i> (Linnaeus, 1758)	0	0	0,09	0,16
<i>Amara aenea</i> (DeGeer, 1774)	1,07	1,37	0,62	2,30
<i>Amara bifrons</i> (Gyllenhal 1810)	0	0	0	0,24
<i>Amara brunnea</i> (Gyllenhal, 1810)	0	0	0,35	0
<i>Amara communis</i> (Panzer, 1797)	0	2,19	0,09	0,55
<i>Amara consularis</i> (Duftschmid, 1812)	0	0,55	0	0
<i>Amara majuscula</i> (Chaudoir, 1850)	0	0,27	0	0
<i>Anisodactylus binotatus</i> (Fabricius, 1787)	0	0	0,09	0,08
<i>Anisodactylus nemorivagus</i> (Duftschmid, 1812)	1,07	0	0	0
<i>Asaphidion flavipes</i> (Linnaeus, 1761)	0	0	0,44	0,55
<i>Badister bullatus</i> (Schränk, 1798)	0	0	0,09	0,16
<i>Badister lacertosus</i> (Sturm, 1815)	0	0	0	0,16
<i>Badister unipustulatus</i> (Bonelli, 1813)	0	0	0,09	0,08
<i>Bembidion andreae polonicum</i> (G.Müller, 1930)	0	0,27	0	0
<i>Bembidion articulatum</i> (Panzer, 1797)	0	0	0,18	0
<i>Bembidion azurescens</i> (Dalla Torre, 1877)	0	0,27	0,09	0
<i>Bembidion femoratum</i> (Sturm, 1825)	1,07	0	0	0
<i>Bembidion lampros</i> (Herbst, 1784)	0	2,46	0,97	0,40
<i>Bembidion properans</i> (Stephens, 1827)	4,30	0,55	0	0

Окончание таблицы 2

1	2	3	4	5
<i>Bembidion quadrimaculatum</i> (Linnaeus 1761)	8,60	3,55	4,25	0
<i>Bembidion varium</i> (Olivier, 1795)	0	0	0,27	0
<i>Broscus cephalotes</i> (Linnaeus, 1758)	32,26	0,27	0,18	0,08
<i>Calathus ambiguus</i> (Paykull, 1790)	0	0	0,44	0
<i>Calathus erratus</i> (C.Sahlb., 1827)	5,38	49,18	28,63	2,06
<i>Calathus fuscipes</i> (Goeze, 1777)	5,38	4,92	1,68	0,32
<i>Calathus melanocephalus</i> (Linnaeus, 1758)	0	4,64	0,09	1,19
<i>Calathus micropterus</i> (Duftschmid, 1812)	0	5,46	0,80	19,02
<i>Calosoma auropunctatum</i> (Herbst, 1784)	0	0	0,09	0
<i>Calosoma investigator</i> (Illiger, 1798)	0	0	0,09	0,08
<i>Carabus arvensis</i> (Herbst, 1784)	0	0	0,09	0
<i>Carabus cancellatus</i> (Illiger, 1798)	0	0	0,09	0,87
<i>Carabus glabratus</i> (Payk., 1790)	0	0	0	11,33
<i>Carabus granulatus</i> (Linnaeus, 1758)	0	0,82	0,80	2,93
<i>Carabus hortensis</i> (Linnaeus, 1758)	0	0,55	0,35	3,96
<i>Carabus nemoralis</i> (Müller, 1764)	0	0	0	0,08
<i>Cicindela campestris</i> (Linnaeus, 1758)	12,90	3,55	0	0
<i>Cicindela hybrid</i> (Linnaeus, 1758)	11,83	0	0	0
<i>Cylindera germanica</i> (Linnaeus, 1758)	0	0,27	0	0
<i>Curtonotus aulica</i> (Panzer, 1796)	0	0,55	0,09	0,08
<i>Cychrus caraboides</i> (Linné, 1758)	0	0	0	3,64
<i>Dyschirius arenosus</i> (Stephens, 1827)	0	0,55	0,27	0
<i>Epaphius secalis</i> (Paykull, 1790)	0	0	0,18	0
<i>Harpalus affinis</i> (Schränk, 1781)	0	0,82	0	0
<i>Harpalus anxius</i> (Duftschmid, 1812)	0	0	0	0,08
<i>Harpalus calceatus</i> (Duftschmid, 1812)	0	0	0	0,08
<i>Harpalus flavescens</i> (Piller et Mitterpacher, 1783)	4,30	0	0	0
<i>Harpalus latus</i> (Linnaeus, 1758)	0	0	0,27	0,16
<i>Harpalus rubripes</i> (Duftschmid, 1812)	2,15	2,73	1,42	0,32
<i>Harpalus rufipes</i> (De Geer, 1774)	1,07	5,19	20,12	11,65
<i>Harpalus smaragdinus</i> (Duftschmid, 1812)	0	0	0	0,08
<i>Harpalus tardus</i> (Panzer, 1797)	2,15	0,55	1,33	0,32
<i>Leistus ferrugineus</i> (Linné 1758)	0	0	0	0,47
<i>Leistus rufescens</i> (Fabricius, 1775)	0	0,55	0,53	1,35
<i>Licinus depressus</i> (Paykull, 1790)	0	0,27	0	0
<i>Limnodropus assimilis</i> (Paykull, 1790)	0	0	0	0,08
<i>Loricera pilicornis</i> (Fabricius, 1775)	0	0	0	0,08
<i>Microlestes minutulus</i> (Goeze, 1777)	0	3,83	26,15	2,46
<i>Notiophilus aquaticus</i> (Linnaeus, 1758)	0	0,27	0	0,16
<i>Notiophilus palustris</i> (Duftschmid, 1812)	0	0,27	0	0,24
<i>Omophron limbatum</i> (Fabricius, 1777)	1,07	0	0	0
<i>Oxypselaphus obscurus</i> (Herbst, 1784)	0	0	0,97	1,74
<i>Panagaeus bipustulatus</i> (Fabricius, 1775)	0	0	0	0,32
<i>Poecilus cupreus</i> (Linnaeus 1758)	0	0	0,44	0,71
<i>Poecilus lepidus</i> (Leske, 1785)	0	0,27	1,06	0,63
<i>Poecilus punctulatus</i> (Schaller, 1783)	0	0	0	0,08
<i>Poecilus versicolor</i> (Sturm, 1824)	0	1,37	0,62	9,67
<i>Pterostichus aethiops</i> (Panzer, 1797)	0	0	0	0,16
<i>Pterostichus aterrimus</i> (Herbst, 1784)	0	0	0	0,40
<i>Pterostichus melanarius melanarius</i> (Illiger, 1798)	0	0	0,62	1,50
<i>Pterostichus niger</i> (Schaller, 1783)	3,22	0,82	3,28	9,67
<i>Pterostichus nigrita</i> (Paykull, 1790)	0	0,27	0,18	0,08
<i>Pterostichus oblongopunctatus</i> (Fabricius, 1787)	0	0	0,27	5,39
<i>Pterostichus strenuus</i> (Panzer, 1797)	0	0,27	0,18	0,47
<i>Pterostichus vernalis</i> (Panzer, 1796)	0	0,27	0	0,24
<i>Pterostichus quadrioveolatus</i> (Letzner, 1852)	2,15	0	0	0
<i>Stenolophus mixtus</i> (Herbst, 1784)	0	0	0,27	0
<i>Synuchus vivalis</i> (Illiger, 1798)	0	0	0,09	0,79
Всего экземпляров	93	366	1128	1262
Всего видов	17	35	47	54

При обработке данных на стационаре «Отвал 2» было собрано 35 видов жужелиц (таблица 1 и 2). Видовое разнообразие родов *Amara* и *Bembidion* оказались наибольшим – по 5 видов каждый. При этом численность второго рода составила 7,10 % от общего количества: *Bembidion andreae* (был отмечен единично и только на данном стационаре), *B. azurescens* (был отмечен единично на данном стационаре, а также и на «Отвале 3»), *B. properans* (встречался также на стационаре «Отвал 1» – открытых солнечных местах), *B. lampros*, *B. quadrimaculatum*. Численность рода *Amara* составила 4,92 %, среди которых были виды, отмеченные только на изучаемой территории – *Amara consularis* и *A. majuscula*. Наиболее многочисленным оказался род *Calathus* – 64,21 %, который включал в себя 4 вида: *Calathus erratus*, *C. fuscipes*, *C. melanocephalus*, *C. micropterus*. Среди представителей рода *Harpalus*, относительное обилие которого составило 9,29 %, также встречались представители, отмеченные только на стационаре «Отвал 2» – *Harpalus affinis*. В том же ряду стоит и род *Pterostichus* – 4 вида, только обилие составило всего 1,64 %. Вместе с тем представители рода *Cicindela* встречались только на наименее заросшем и данном стационаре, что может быть связано с тем, что эти жесткокрылые предпочитают открытые места обитания с редкой растительностью. Кроме того, вид *Cylindera germanica* отмечался единично и только на данной территории. При этом род *Broscus* (*Broscus cephalotes*) и *Licinus* (*Licinus depressus*) были зафиксированы в крайне малом количестве. В свою очередь последний отмечался только на рассматриваемом стационаре. Такая низкая встречаемость характеризуется тем фактом, что данные виды предпочитают места с ограниченной растительностью. В условиях стационара с высокой степенью зарастания растительностью эти виды могут испытывать нехватку подходящих мест обитания, доступа к пище и укрытию, что может привести к их меньшему количеству. Также возможно, что подобные условия снижают конкурентоспособность данных видов относительно других животных, что также может сказаться на их численности.

В процессе анализа собранного материала по стационару «Отвал 3» было отмечено 47 видов (таблица 1 и 2). Такие роды, как *Bembidion*, *Calathus* и *Pterostichus* оказались наиболее разнообразны в видовом плане, как и на предыдущем стационаре – по 5 видов, хотя их численность составила 5,76 %, 31,65 % и 4,52 % соответственно. При этом жужелица *Bembidion quadrimaculatum* нами была отмечена на трех отвалах фосфогипса, что может быть связано с тем, что этот вид обитает на полях и в садах открытых мест обитания. Типично наиболее многочисленными оказались также род *Microlestes* (26,15 %) и *Harpalus* (23,14 %). Стоит обратить внимание, что род *Microlestes* представлен только одним видом *Microlestes minutulus*, который также нами был отмечен на стационаре «Отвал 2» и на контрольном участке, но в гораздо меньшем количестве. Единично представлены были род *Anisodactylus* (*Anisodactylus binitatus*) и *Synuchus* (*Synuchus vivalis*). Кроме того, отмечались виды, зафиксированные нами только на данном отвале: *Amara brunnea* (обилие особей всего рода составило 1,15 %), *Bembidion articulatum* (обилие особей всего рода составило 5,76 %), *B. varium*, *Calosoma auropunctatum* (обилие особей всего рода составило 0,18 %), *Carabus arvensis* (обилие особей всего рода составило 1,33 %), *Eraphius secalis* (обилие особей всего рода составило 0,18 %), *Stenolophus mixtus* (обилие особей всего рода составило 0,27 %).

На контрольном участке было выявлено 54 вида (таблица 1 и 2). Наиболее многочисленными оказались род *Calathus* (относительное обилие особей составило 22,58 %), *Carabus* (19,17 %), *Pterostichus* (17,9 %), *Harpalus* (12,67 %) и *Poecilus* (11,09 %). При этом видовое разнообразие наиболее широко представлено у рода *Pterostichus* – 8 видов и *Harpalus* – 7 видов. В свою очередь стоит выделить и самые многочисленные виды, обитавших на контрольном участке – *Calathus micropterus* (19,02 % от численности всех особей), *Harpalus rufipes* (11,65 %), *Carabus glabratus* (11,33 %), *Poecilus versicolor* (9,67 %) и *Pterostichus niger* (9,67 %). Нами было отмечено 6 родов, которые были представлены в крайне малом количестве: *Acupalpus*, *Anisodactylus*, *Broscus*, *Calosoma*, *Loricera* и *Limondromus*. Кроме того, последних два рода, а также *Cychrus* и *Panagaeus* нами были зафиксированы только на контрольном участке. Стоит добавить, что такие виды как *Amara bifrons*, *Badister bipustulatus*, *B. lacertosus*, *Carabus glabratus*, *C. nemoralis*, *Cychrus caraboides*, *Harpalus anxius*, *H. calceatus*, *H. smaragdinus*, *Leistus ferrugineus*, *Loricera pilicornis*, *Limondromus assimilis*, *Panagaeus bipustulatus*, *Poecilus punctulatus*, *Pterostichus aethiops*, *Pt. aterrimus* отмечались нами только на контрольном участке.

Имеется ряд видов, которые отмечались как на самом заросшем стационаре, так и на контрольном участке: *Acupalpus flavicollis*, *Agonum fuliginosum*, *A. sexpunctatum*, *Anisodactylus binitatus*, *Asaphidion flavipes*, *Badister bullatus*, *B. unipustulatus*, *Calosoma investigator*, *Carabus cancelatus*, *Harpalus latus*, *Oxypselaphus obscurus*, *Poecilus cupreus*, *Pterostichus melanarius*, *Pt. oblongopunctatus*, *Synuchus vivalis*. Примечателен тот факт, что на контрольном участке особей этих видов в основном было больше либо отмечались единично, как и на стационаре «Отвал 3». Есть основание полагать, что такое количество видов, отмеченных нами на этих двух изучаемых территориях, связано с тем, что сукцессионные процессы на самом старом и заросшем отвале привели к схожести с контрольным участком в начале нашего исследования.

Следует также добавить, что такие виды как *Amara communis*, *Bembidion lampros*, *Calathus melanocephalus*, *C. micropterus*, *Carabus granulatus*, *C. hortensis*, *Curtonotus aulicus*, *Leistus rufescens*, *Microlestes minutulus*, *Poecilus lepidus*, *P. versicolor*, *Pterostichus nigrata* и *Pt. strenuous* были нами отмечены на стационарах со средней степенью зарастания растительностью и с высокой, а также на контрольном участке.

В свою очередь для сравнения видового состава сообществ жуужелиц на стационарах с разной степенью зарастания растениями мы использовали коэффициент Жаккара (таблица 3).

Таблица 3 – Коэффициент видовой общности сообществ жуужелиц

Стационар	Отвал 1	Отвал 2	Отвал 3	Контроль
Отвал 1		0,27	0,16	0,13
Отвал 2	0,27		0,41	0,31
Отвал 3	0,16	0,41		0,55
Контроль	0,13	0,31	0,55	

По полученным результатам можно сказать, что наиболее высокую общность сообществ имеют стационар «Отвал 3» и контрольный участок, коэффициент Жаккара которых составил 0,55. В свою очередь коэффициент сходства видового состава жесткокрылых на стационарах «Отвал 2» и «Отвал 3» составил 0,41, что говорит об достаточно высоком сходстве. При этом низкое сходство жуков имеет стационар «Отвал 2» и контрольный участок (0,31) и стационар «Отвал 1» (0,27). В тоже время в ходе анализа было доказано, что сходства видового состава не наблюдалось между наименее заросшим стационаром и наиболее заросшим (0,16), а также между контрольным участком (0,13).

Заключение. Подводя итоги, можно сказать, что представители таких родов как *Amara* (*Amara aenea*), *Broscus* (*Broscus cephalotes*), *Calathus* (*Calathus erratus*, *C. fuscipes*), *Harpalus* (*Harpalus rubripes*, *H. rufipes*, *H. tardus*) и *Pterostichus* (*Pterostichus niger*) были отмечены на трех отвалах производства удобрений, а также на контрольном участке. Таким образом, можно сказать, что изучаемое семейство характеризуется широкой экологической пластичностью. В довершение высокое сходство видового состава сообществ было отмечено между самым заросшим стационаром и контрольным участком, а также между стационарами «Отвал 2» и «Отвал 3».

В результате исследований можно констатировать изменения, которые происходят в ассамблеях жуужелиц по мере сукцессионных процессов на отвалах фосфогипса, связанные как с изменением видового спектра жуужелиц, так и численности.

Литература

1. Романкина, М. Ю. Биоиндикационное значение жуужелиц (Coleoptera, Carabidae) березовых лесополос Тамбовской области / М. Ю. Романкина, Т. В. Шаламова // Вестник ТГУ. – 2013. – Т. 18, вып. 6. – С. 3216–3219.
2. Гиляров, М. С. Зоологический метод диагностики почв / М. С. Гиляров. – М., 1965. – 278 с.
3. Aleksandrowicz, O. The check-list of Belarus Coleoptera / O. Aleksandrowicz, A. Pisanenko, S. Ryndevich, S. Saluk. – Slupsk : Akademia Pomorska w Slupsku, 2023. – 189 p.