

*Н. Г. ГАЛИНОВСКИЙ, А. Н. КРИЦКАЯ*

## **ВИДОВОЙ СОСТАВ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА КАРАБИДОКОМПЛЕКСОВ ОТВАЛОВ ФОСФОГИПСА ОАО «ГОМЕЛЬСКИЙ ХИМИЧЕСКИЙ ЗАВОД»**

Цель исследования – выявление возможных изменений в видовом составе и экологической структуре карабидокомплексов отвалов фосфогипса по мере их зарастания травой и древесными культурами.

Сбор жуужелиц при помощи почвенных ловушек проводился в карабидокомплексах в 2011–2012 гг. на трех отвалах с различной степенью покрытия растительностью.

В результате проведенного исследования на отвалах фосфогипса было обнаружено 36 видов жуужелиц. По мере зарастания отвалов фосфогипса возрастает видовое богатство и численность жуужелиц на фоне увеличения доли видов, занимающих

более широкие области распространения и смещения гигропреферендума от ксерофильного к мезоксерофильному и мезофильному. Спектр жизненных форм жуужелиц неоднороден и изменяется по мере зарастания отвалов: крупные виды, способные быстро передвигаться в поисках жертв по сыпучей поверхности или зарываться в нее, сменяются мелкими и средними жуужелицами, обитающими в полостях и трещинах почвы, а также среди корней трав.

В целом комплексы жуужелиц на отвалах фосфогипса характеризуются постепенным усложнением по мере зарастания поверхности отвалов травой, а также значительной перестройкой их структуры в сторону повышения видового и экологического разнообразия.

**Ключевые слова:** карабидокомплексы; жуужелицы; гигропреферендум; ксерофилы; мезоксерофилы; мезофилы; жизненные формы; отвалы фосфогипса.

The purpose of the research was to identify possible changes in phosphogypsum dumps Carabidae communities species composition and ecological structure as they run wild with grass and tree cultures.

The collecting of beetles by soil traps in Carabidae communities was carried out during 2011–2012 on three dumps of a various degree of vegetation coverage.

In the result of the carried research 36 ground beetle species were found on phosphogypsum dumps. A number of Carabidae communities ecological structure features were detected as phosphogypsum dumps run wild. Thus, as phosphogypsum dumps run wild, the ground beetle species richness and abundance increases against the background of the increase of proportion of species which occupy wider dissemination and offset of gigropreferendum from xerophilous to mezoxerophilous and mesophilic. The spectrum of life forms of ground beetles in Carabidae communities is not homogeneous on various phosphogypsum dumps and it changes as the dumps run wild. The big species that can move quickly looking for victims along the loose surface or bury themselves into soil, changes into medium and small ground beetles inhabiting the cavities and cracked soil as well as among grass roots.

In general, ground beetle communities on the phosphogypsum dumps are characterized by gradual complication as their surface runs wild with grass as well as by a significant rebuilding of their structure towards increase of species and ecological variety.

**Key words:** carabidae communities; ground beetles; gigropreferendum; xerophiles; mesoxerophiles; mesophiles; life forms; phosphogypsum dumps.

ОАО «Гомельский химический завод» – одно из крупнейших предприятий химической отрасли Беларуси, выпускающее фосфорные и комплексные минеральные удобрения. Предприятие перерабатывает апатиты по сернокислотной технологии, в результате чего при производстве фосфорных удобрений из апатита и серной кислоты как побочный продукт образуется фосфогипс, который и идет в отвалы.

С момента пуска завода в 1965 г. на прилегающей территории сформировано 8 отвалов различной высоты и объема сбросов, а также различной степени зарастания. Сообщества животных, в частности энтомокомплексы данной территории, изучены еще крайне недостаточно. Это же касается и комплексов жуужелиц. Представители этого семейства являются важным компонентом наземных и почвенных экосистем, а также играют значительную роль в процессах регуляции численности различных видов растительоядных беспозвоночных. Кроме того, жуужелицы считаются довольно эффективным индикатором воздействия человека на окружающую среду [1].

Цель исследования – выявление возможных изменений в видовом составе и экологической структуре карабидокомплексов отвалов фосфогипса по мере зарастания последних.

#### Материал и методика исследования

Сбор жуужелиц проводился с мая по сентябрь включительно в 2011 и 2012 гг. на трех отвалах фосфогипса с различной степенью зарастания.

Отвал № 1 – участок, примыкающий к подножию отвала фосфогипса, на который производился сброс фосфогипса с подвесной линии. В непосредственной близости от подошвы отвала находится обводной канал. Наблюдается очень слабое зарастание поверхности отвала снизу.

Отвал № 2 – участок у подножия отвала, на который не сбрасывается фосфогипс, располагается в двухстах метрах от первого участка. Верхний слой почвы представляет собой фосфогипс, но в отличие от первого отвала покрыт несмыкающимся травянистым покровом. Недалеко от этого участка находится обводной канал.

Отвал № 3 – участок у подножия отвала возрастом более 40 лет. Верхний горизонт почвы на глубину 3–5 см представлял собой сплошной слой фосфогипса. В различных частях отвала имеются островки растительности (вейник наземный и иван-чай), в том числе и древесной (береза), где наблюдается развитый моховой и лишайниковый покров. Недалеко от стационара располагается небольшой пруд. Сброс отходов производства на данный отвал прекращен много лет назад.

Жуужелицы собирались при помощи почвенных ловушек, представлявших собой пластиковые стаканы объемом 0,25 л с диаметром отверстия 72 мм. В качестве фиксирующей жидкости использовался 9 % раствор уксусной кислоты, который заливался в ловушку на 1/3 объема. Всего на каждый участок выставлялось по 10 ловушек в ряд. Ловушки меняли 1 раз в 7 дней. Всего было собрано 667 экз. жуужелиц.

Для оценки структуры доминирования нами была использована шкала Ренконена: доминанты – виды с обилием свыше 5 %, субдоминанты – от 2 до 5 %, рецеденты – от 1 до 2 % и субрецеденты – виды с обилием ниже 1 %. Типология ареалов определялась по К. Б. Городкову [2], а жизненные формы жуужелиц указаны согласно системе И. Х. Шаровой [3].

## Результаты исследований и их обсуждение

В результате проведенных исследований на территории изученных отвалов было зафиксировано 36 видов жужелиц (табл. 1). В каждом из исследованных сообществ было зафиксировано от 9 до 30 видов, из которых всего лишь два (*Amara aenea* и *Calathus erratus*) были встречены на всех исследованных территориях. Из этих двух видов *Calathus erratus* доминировал на всех изученных отвалах, наращивая свою численность по мере зарастания поверхности сброса, а относительное обилие *Amara aenea*, наоборот, планомерно снижалось и преобладал он только на голом, практически не покрытом растительностью отвале.

Таблица 1

Видовой состав и обилие жужелиц на исследованных отвалах фосфогипса  
ОАО «Гомельский химический завод», %

Вид	Отвал № 1	Отвал № 2	Отвал № 3
<i>Agonum fuliginosum</i> (Panzer, 1809)	0	0	0,18
<i>Agonum obscurum</i> (Herbst, 1784)	0	0	0,18
<i>Agonum sexpunctatum</i> (Linnaeus, 1758)	0	0	0,18
<i>Amara aenea</i> (De Geer, 1774)	5,26	1,03	0,54
<i>Amara communis</i> (Panzer, 1797)	0	4,12	0,18
<i>Badister bullatus</i> (Schrank, 1798)	0	0	0,18
<i>Bembidion articulatum</i> (Panzer, 1797)	0	0	0,36
<i>Bembidion azurescens</i> (Dalla Torre, 1877)	0	0	0,18
<i>Bembidion femoratum</i> Sturm, 1825	5,26	0	0
<i>Bembidion lampros</i> (Herbst, 1784)	0	1,03	0,73
<i>Bembidion properans</i> (Stephens, 1827)	0	1,03	0
<i>Bembidion quadrimaculatum</i> (Linnaeus, 1761)	0	3,09	3,81
<i>Bembidion varium</i> (Olivier, 1795)	0	0	0,18
<i>Brosicus cephalotes</i> (Linnaeus, 1758)	57,89	0	0
<i>Calathus erratus</i> (Sahlberg, 1827)	5,26	68,06	38,12
<i>Calathus fuscipes</i> (Goeze, 1777)	0	0	0,18
<i>Calathus melanocephalus</i> (Linnaeus, 1758)	0	2,06	0,18
<i>Calathus micropterus</i> (Duftschmid, 1812)	0	0	0,18
<i>Carabus arvensis</i> Herbst, 1784	0	0	0,18
<i>Carabus granulatus</i> (Linnaeus, 1758)	0	1,03	1,09
<i>Cicindela germanica</i> (Linnaeus, 1758)	0	1,03	0
<i>Cicindela hybrida</i> Linnaeus, 1758	21,07	0	0
<i>Dyschirius arenosus</i> Stephens, 1827	0	0	0,36
<i>Epaphius secalis</i> Paykull, 1790	0	0	0,36
<i>Harpalus latus</i> (Linnaeus, 1758)	0	0	0,54
<i>Harpalus rufipes</i> (De Geer, 1774)	0	4,12	3,09
<i>Harpalus tardus</i> (Panzer, 1797)	0	1,03	0,91
<i>Leistus rufescens</i> (Fabricius, 1775)	0	0	0,54
<i>Microlestes minutulus</i> (Goeze, 1777)	0	11,34	44,67
<i>Omophron limbatum</i> (Fabricius, 1777)	5,26	0	0
<i>Oxytelus obscurus</i> (Herbst, 1784)	0	0	1,09
<i>Poecilus cupreus</i> (Linnaeus, 1758)	0	0	0,18
<i>Poecilus versicolor</i> (Sturm, 1824)	0	1,03	0,18
<i>Pterostichus niger</i> (Schaller, 1783)	0	0	0,73
<i>Pterostichus strenuus</i> (Panzer, 1796)	0	0	0,36
<i>Stenolophus mixtus</i> (Herbst, 1784)	0	0	0,36
Всего экземпляров	19	97	551
Всего видов	6	13	30

Наименьшим видовым богатством жуужелиц (всего 9 видов) характеризовался отвал фосфогипса, на который в период проведения исследований сбрасывались отходы. При этом следует отметить, что 4 вида: *Bembidion femoratum*, *Broscus cephalotes*, *Cicindela hybrida* и *Omophron limbatum* были обнаружены только вблизи этого отвала и на других участках сборов не были выявлены. Это можно объяснить тем, что указанные виды предпочитают открытые, песчаные и слабо заросшие территории, что и представляло собой подножие данного отвала. Относительное обилие видов, отмеченных на первом отвале, было высоким, и все они, согласно шкале доминирования, могли быть отнесены к доминантам, что на фоне высокой выравненности (0,71) свидетельствует о распределении видов на данном участке в соответствии с моделью разломанного стержня Маккартура. Распределение видов, согласно этой модели, может говорить о начале формирования карабидокомплекса исследованного отвала, а обнаруженные виды жуужелиц, по всей вероятности, являются его основателями на подобных территориях.

Карабидокомплекс отвала № 1 составляли преимущественно полевые ксерофилы, представленные в первую очередь западно-центрально-палеарктическими видами, и особенно с евросибиро-центрально-азиатской областью распространения.

На отвале с начальной степенью формирования травянистого покрова (отвал № 2) было зафиксировано 13 видов жуужелиц, среди которых в качестве доминирующих выступали уже упомянутый выше *Calathus erratus*, а также *Microlestes minutulus*. При этом *Calathus erratus* резко увеличил свою численность по сравнению со стационаром, на котором растительность практически не наблюдалась. В числе субдоминантов насчитывалось 4 вида, а относительное обилие остальных видов жуужелиц отвала было крайне невысоким. Распределение видов жуужелиц в данном карабидокомплексе также можно сопоставить с моделью разломанного стержня, что в совокупности с повышенной выравненностью (0,5) может говорить о начальной стадии формирования карабидокомплекса.

Численность и видовое богатство ксерофильных видов жуужелиц на данном отвале фосфогипса значительно снизились в пользу в первую очередь мезоксерофильных, а также мезофильных западно-центрально-палеарктических видов и видов с трансареалами. При этом видовое богатство мезоксерофилов по сравнению с голым отвалом выросло в 5 раз, а относительное обилие – в 16. Мезофилы на предыдущем отвале вообще не были встречены. Кроме этого, несколько выросло обилие лесных видов при снижении численности полевых, но видовое богатство последних было наиболее высоким из всех представленных на этом отвале. Рост численности лесных видов, по всей вероятности, можно объяснить близким присутствием смешанного леса в окрестностях отвалов фосфогипса.

На зарастающем отвале с развитым травянистым покровом и незначительными древесными насаждениями (отвал № 3) было зафиксировано 30 видов жуужелиц. Доминировали, так же как и на предыдущем рассмотренном участке, *Calathus erratus*, который несколько снизил свое обилие, а также *Microlestes minutulus*, численность которого возросла в 4 раза. В качестве субдоминантов выступали 2 вида (*Bembidion quadrimaculatum* и *Harpalus rufipes*). На фоне самого низкого из рассмотренных показателей выравненности (0,44) распределение видов жуужелиц в данном карабидокомплексе можно отнести к модели лог-ряда, свидетельствующего о ситуации, при которой виды проникают в биотически ненасыщенное местообитание через равные интервалы времени, захватывая части оставшегося на их долю пространства экологической ниши. В пользу этого говорит невысокое относительное обилие остальных видов жуужелиц, зафиксированное на этом участке. Следовательно, данный отвал можно рассматривать как следующую стадию сукцессии экосистемы отвалов фосфогипса.

На рассматриваемом отвале № 3 по видовому богатству и относительному обилию преобладали мезофильные, гигрофильные и мезоксерофильные полевые и лесные западно-центрально-палеарктические, евробайкальские и трансевразийские суббореальные виды на фоне крайне резкого падения как видового богатства, так и численности ксерофильных видов. В целом численность мезоксерофильных видов на зарастающем отвале была наиболее высокой и включала в себя около 2/3 всех особей обнаруженных на отвале жуужелиц.

Таким образом, можно проследить, что по мере зарастания отвалов фосфогипса увеличивается видовое богатство и численность жуужелиц на фоне возрастания доли видов, занимающих более широкие области распространения и смещения гигропреферендума от ксерофильного к мезоксерофильному и мезофильному.

В процессе исследования отвалов фосфогипса нами было зафиксировано 12 типов жизненных форм жуужелиц (табл. 2). На отвале, практически лишенном растительности, было отмечено по одному виду шести жизненных форм жуужелиц. В то же время более половины всех особей жуужелиц – это геобионты бегающе-роющие, представленные *Broscus cephalotes*. В меньшей степени было выражено обилие эпигеобионтов бегающе-взлетающих (*Cicindela hybrida*). Это достаточно крупные жуужелицы, характерные для сухих открытых и песчаных местообитаний, поэтому их высокое обилие на данном отвале вполне объяснимо.

**Спектр жизненных форм карабидокомплексов на исследованных отвалах фосфогипса  
ОАО «Гомельский химический завод»**

Жизненная форма	Отвал № 1		Отвал № 2		Отвал № 3	
	Число видов	Обилие, %	Число видов	Обилие, %	Число видов	Обилие, %
Эпигеобионты ходящие	0	0	1	1,03	2	1,27
Эпигеобионты бегающе-взлетающие	1	21,07	1	1,03	0	0
Стратохортобионты	0	0	1	4,12	1	3,09
Стратобионты бегающе-лазающие	0	0	0	0	1	0,36
Стратобионты-скважники поверхностно-подстилочные	1	5,26	3	5,15	10	7,08
Стратобионты-скважники подстилочные	1	5,26	2	70,11	6	39,56
Стратобионты-скважники подстилично-трещинные	0	0	1	11,34	1	44,65
Стратобионты зарывающиеся подстилично-почвенные	0	0	1	1,03	4	1,45
Геобионты бегающе-роющие	1	57,89	0	0	0	0
Геобионты роющие	0	0	0	0	1	0,36
Псаммоколимбеты прибрежные	1	5,26	0	0	0	0
Геохортобионты гарпалоидные	1	5,26	3	6,19	4	2,18
Всего	6	19	13	97	30	551

На отвале, который начинает зарастать травой, число жизненных форм увеличивается до 8 – наряду с уже отмеченными исчезают геобионты бегающе-роющие и псаммоколимбеты прибрежные, появляются эпигеобионты ходящие (*Carabus granulatus*), стратохортобионты (*Harpalus rufipes*), стратобионты-скважники подстилично-трещинные (*Microlestes minutulus*) и стратобионты зарывающиеся подстилично-почвенные (*Poecilus versicolor*). На данном участке по сравнению с предыдущим стационаром выросло видовое богатство стратобионтов-скважников поверхностно-подстилочных (*Bembidion lampros*, *B. properans*, *B. quadrimaculatum*) и стратобионтов-скважников подстилочных (*Calathus erratus*, *C. melanocephalus*). При этом численность последних составила 2/3 от всех особей жукелиц на данном отвале. Несколько выросло также присутствие геохортобионтов гарпалоидных (*Harpalus tardus*, *Amara aenea*, *A. communis*) как по видовому богатству, так и по численности.

На отвале фосфогипса, наиболее заросшем растительностью, было отмечено уже 9 жизненных форм жукелиц. На этом участке уже полностью исчезают эпигеобионты бегающе-взлетающие и, так же как и на предыдущем, не наблюдаются геобионты бегающе-роющие и псаммоколимбеты прибрежные. В то же время появляются стратобионты бегающе-лазающие (*Stenolophus mixtus*) и геобионты роющие (*Dyschirius arenosus*). Следует отметить рост видового богатства жукелиц практически всех жизненных форм, за исключением стратохортобионтов и стратобионтов-скважников подстилично-трещинных. Однако численность последних (относительное обилие – 44,65 %), представленных *Microlestes minutulus*, превышает обилие остальных жукелиц. Велико также относительное обилие на данном отвале стратобионтов-скважников подстилочных (39,56 %), представленных 6 видами: *Calathus erratus*, *C. fuscipes*, *C. melanocephalus*, *C. micropterus*, *Epaphius secalis* и *Leistus rufescens*.

На данном отвале также значительно возрастает видовое богатство и численность стратобионтов-скважников поверхностно-подстилочных, представленных уже 10 видами, наибольшую численность среди которых имеет *Bembidion quadrimaculatum*. Незначительно увеличивается видовое богатство геохортобионтов гарпалоидных, но их относительное обилие снижается практически в 3 раза.

Таким образом, можно утверждать, что спектр жизненных форм карабидокомплексов на различных отвалах фосфогипса в окрестностях Гомельского химического завода неоднороден и варьирует. Карабидокомплекс отвала, лишенного растительности, имеет наиболее бедный спектр жизненных форм и представлен преимущественно видами, способными быстро передвигаться в поисках жертв по сыпучей поверхности или зарываться в нее. По мере зарастания отвалов травянистой и древесной растительностью растет как спектр жизненных форм, так и присутствие мелких и средних по размеру жукелиц, обитающих в полостях и трещинах почвы, а также среди корней трав.

В целом комплексы жукелиц на отвалах фосфогипса характеризуются постепенным усложнением по мере зарастания поверхности отвалов травой, а также значительной перестройкой их структуры в сторону повышения видового и экологического разнообразия.

---

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Avgin S. S., Luft V. L. Ground beetles (Coleoptera, Carabidae) as bioindicators of human impact // *Munis Entomology & Zoology*. 2010. Vol. 5, № 1. P. 209–215.
2. Городков К. Б. Типы ареалов насекомых тундры и лесных зон Европейской части СССР // *Ареалы насекомых Европейской части СССР*. Л., 1984. С. 3–20.
3. Шарова И. Х. Жизненные формы жуужелиц (Coleoptera, Carabidae). М., 1981. С. 277–283.

Поступила в редакцию 13.03.2014.

**Николай Геннадьевич Галиновский** – кандидат биологических наук, доцент кафедры зоологии, физиологии и генетики биологического факультета УО «Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины».

**Алеся Николаевна Крицкая** – ассистент кафедры анатомии человека с курсом топографической анатомии оперативной хирургии УО «Гомельский государственный медицинский университет», соискатель кафедры зоологии, физиологии и генетики биологического факультета УО «Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины», член Белорусского географического общества, член Белорусского энтомологического общества.