



DOI: <http://dx.doi.org/10.15688/jvolsu11.2015.2.3>

УДК 591:504

ББК 28.081

## БИОИНДИКАЦИОННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ЖЕСТКОКРЫЛЫХ

**Белицкая Мария Николаевна**

Доктор биологических наук, главный научный сотрудник,  
Всероссийский научно-исследовательский агролесомелиоративный институт  
vnialmi@avtlg.ru  
просп. Университетский, 97, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация

**Богодухов Павел Михайлович**

Кандидат биологических наук, младший научный сотрудник  
отдела биологии древесных растений,  
Всероссийский научно-исследовательский агролесомелиоративный институт  
giromuvaldovna@mail.ru  
просп. Университетский, 97, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация

**Аннотация.** Разные семейства Coleoptera неоднозначно реагируют на загрязнение СЗЗ промышленными выбросами. Наиболее чувствительными биоиндикаторами оказались Cerambycidae, Curculionidae и Chrysomelidae. Предложен способ оценки качества среды в СЗЗ по изменению их видового состава и обилия с применением тригонометрических функций.

**Ключевые слова:** биоиндикация, санитарно-защитная зона, техногенное загрязнение, энтомофауна, биоразнообразие, интегральное разнообразие, видовое богатство, уровни изменений.

Промышленное загрязнение санитарно-защитной зоны (далее – СЗЗ) в значительной мере изменяет условия существования насекомых и оказывает прямое губительное воздействие на ряд видов. Влияние поллютантов испытывают на себе в разной степени все насекомые [3–6; 9]. При этом жесткокрылые, отличающиеся обилием, важной ролью в биоценозах и высокой чуткостью к изменению природных режимов, находятся на особом положении. Применение их в качестве индикаторов позволяет оценить скорость происходящих в СЗЗ изменений, места скопления различных поллютантов и оценить последствия такого воздействия на биоту [2].

В статье приводятся данные о распределении насекомых из отряда Coleoptera в насаждениях СЗЗ ОАО «Волгоградский алюми-

ниевый завод» (группа компаний «РУСАЛ»). Модельными участками служили пробные площадки, расположенные в зонах с разным уровнем загрязнения: слабое (3 000 м от источника выбросов), умеренное (2 000 м), сильное (1 000 м), максимальное (500 м) и контроль – вне влияния выбросов (15 000 м). Вблизи источника выбросов (200 м) уровень загрязнения характеризуется как сильный, но отличающийся химическим составом поллютантов. Учет численности насекомых осуществлялся методом кошения энтомологическим сачком и путем прямого подсчета на пробных площадках на протяжении всего вегетационного периода дважды в месяц [7; 8; 10].

Наблюдения показали, что для Coleoptera наиболее чувствительными к загрязнению среды промышленными выбросами оказались та-

кие семейства, как Cerambycidae, Curculionidae и Chrysomelidae. Интегральное разнообразие этих семейств на исследованных площадках по информационному индексу видового богатства Менхиника изменяется пропорционально уровню загрязнения в СЗЗ (см. табл. 1).

Максимальное разнообразие насекомых (29 видов) зафиксировано в зоне стимулирующего действия малых доз поллютантов на энтомофауну (3 000 м). Повышение уровня загрязнения сопровождается снижением видового обилия (2 000 м – 21 вид, 1 000 м – 19 видов) вплоть до 500 м, где загрязнение максимально (13 видов). На расстоянии 200 м формируется особая экологическая зона со специфичным составом энтомофауны (16 видов). Она значительно отличается от других биотопов [1].

Индекс видового богатства локальных сообществ возрастает от 3,4 в зоне максимального загрязнения до 8,6 в зоне слабого влияния поллютантов. Вблизи источника загрязнения (200 м) этот показатель достигает 5,7.

Сумма диапазонов реакции указанных семейств на загрязнение охватывает почти всю область возможных изменений фаунистических показателей. Изменение видового обилия ( $\Delta S$ ) колеблется от 44 до 128 %, а по численности ( $\Delta N$ ) – 75–100 % (см. рис. 1).

Изменения показателей можно описать функцией  $y = \arctan(x)$ , где  $x$  – удаление от источника загрязнения, м (см. рис. 2). Специфика этой функции заключается в выявлении уровней возможных изменений видового и численного обилия сообществ, которые могут находиться очень близко и даже совпадать. Так, совпадают нижние уровни таксономического обилия Chrysomelidae и Curculionidae (расхождение 8 %); верхние уровни видового и численного обилия Curculionidae (0 %); верхний уровень

фаунистического богатства Cerambycidae и нижний – численного для Chrysomelidae (6 %); верхний – видового состава Cerambycidae и нижний – численности Curculionidae (4 %).

В зоне максимального загрязнения отсутствуют усачи, снижается количество видов долгоносиков. При сильном загрязнении наблюдается сближение отклоняющихся показателей численности усачей и долгоносиков на уровне около -50 %. Зона умеренного загрязнения отличается сближением значений показателей численности листоедов и долгоносиков. В условиях минимального уровня загрязнения резко возрастает видовое обилие листоедов (на 100–120 %).

Численность листоедов в зоне специфичного загрязнения может возрастет более чем в три раза по сравнению с контролем, что описывается функцией  $y = \arcsin(x)$ . Значения состояния энтомофауны трех семейств, характерные для каждой зоны, показаны в таблице 2.

При наличии даже минимального загрязнения показатели видового и количественного обилия усачей снижаются более чем на 40 % ( $\Delta SN_{Cerambycidae} < -40\%$ ).

Таким образом, использование данных об изменении видового разнообразия и численности семейств Cerambycidae, Curculionidae и Chrysomelidae в СЗЗ позволяет дать комплексную оценку влияния загрязнения на состояние среды.

Применение представителей этих семейств в качестве биоиндикаторов открывает перспективы в выявлении дифференциации зон с различными уровнями техногенного пресса. Это имеет ценность при разработке рекомендаций по оценке воздействия промышленного предприятия на окружающую среду (процедура ОВОС).

Таблица 1

**Влияние степени загрязнения на видовое богатство семейств-индикаторов**

Семейство	Индекс Менхиника $D_{Mn}$				
	200 м	500 м	1 000 м	2 000 м	3 000 м
Chrysomelidae	1,3	1,7	1,7	2,4	4,5
Curculionidae	2,0	1,7	3,1	2,3	2,1
Cerambycidae	2,4	0	1,7	3,5	2,0
Сумма $D_{Mn}$	5,7	3,4	6,5	8,2	8,6

**Дифференциация участков загрязнения СЗЗ  
по состоянию видового и численного обилия жесткокрылых**

Зона загрязнения	Состояние индикатора
200 м	$\Delta N_{\text{Chrysomelidae}} > 100 \%$
500 м	$\Delta SN_{\text{Cerambycidae}} = -100 \%$ $\Delta S_{\text{Curculionidae}} < 0$
1 000 м	$\Delta N_{\text{Cerambycidae}} \approx \Delta N_{\text{Curculionidae}} \approx -50 \%$
2 000 м	$\Delta N_{\text{Chrysomelidae}} \approx \Delta N_{\text{Curculionidae}} \approx 0$
3 000 м	$\Delta S_{\text{Chrysomelidae}} > 0$

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Богодухов, П. М. Влияние выбросов алюминиевого производства на энтомофауну / П. М. Богодухов // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2011. – Вып. 196. – С. 195–202.

2. Еремеева, Н. И. Структура и экологические механизмы формирования мезофауны членистоногих урбанизированных территорий: на примере г. Кемерово : дис. ... д-ра биол. наук / Еремеева Наталья Ивановна. – Кемерово, 2006. – 306 с.

3. Иванцова, Е. А. Влияние пестицидов на микрофлору почвы и полезную биоту / Е. А. Иванцова // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 11, Естественные науки. – 2013. – № 1. – С. 35–40.

4. Иванцова, Е. А. Защита растений от вредителей / Е. А. Иванцова. – Волгоград : ВГСХА, 2011. – 373 с.

5. Иванцова, Е. А. Оптимизация фитосанитарного состояния агробиоценозов Нижнего Поволжья : дис. ... д-ра с.-х. наук / Иванцова Елена Анатольевна. – Саратов, 2009. – 453 с.

6. Иванцова, Е. А. Экологические проблемы применения пестицидов / Е. А. Иванцова, Ю. В. Калуженкова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. Наука и высшее профессиональное образование. – 2008. – № 1. – С. 41–46.

7. Палий, В. Ф. Методика изучения фауны и фенологии насекомых / В. Ф. Палий. – Воронеж : Центр.-Чернозем. кн. изд-во, 1970. – 192 с.

8. Песенко, Ю. А. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях / Ю. А. Песенко. – М. : Наука, 1982. – 287 с.

9. Уиттекер, Р. Сообщества и экосистемы / Р. Уиттекер. – М. : Прогресс, 1980. – 326 с.

10. Яновский, В. М. Активность насекомых филлофагов в условиях промышленного загрязне-

ния / В. М. Яновский // Лесоведение. – 1988. – № 5. – С. 56–58.

11. Baev, P. V. BIODIV program for calculation biological diversity parameters, similarity, niche overlap, and cluster analysis. Version 4.1 / P. V. Baev, L. D. Penev. – Sofia : PENSOFT, 1993. – 43 p.

12. Baviera, C. The Nitidulidae and Kateretidae (Coleoptera: Cucujoidea) of Sicily: recent records and updated checklist / C. Baviera, P. Audisio // Atti della Reale Accademia Peloritana dei Pericolanti, Classe di Scienze Medico-Biologiche. – 2014. – № 92 (2). – P. A1–A32. – DOI: <http://dx.doi.org/10.1478/AAPP922A1.English>.

13. Beutel, R. G. Phylogenetic relationships of the suborders of Coleoptera (Insecta) / R. G. Beutel, F. Haas // Cladistics. – 2000. – № 16. – P. 103–141. – DOI: <http://dx.doi.org/10.1006/clad.1999.0124>.

14. Biondi, M. Endemism patterns in the Italian leaf beetle fauna (Coleoptera, Chrysomelidae) / M. Biondi, F. Urbani, P. D'Alessandro // Zookeys. – 2013. – № 332. – P. 177–205. – DOI: <http://dx.doi.org/10.3897/zookeys.332.5339>.

15. Campbell, R. W. Numerical behavior of some western spruce budworm (Lepidoptera, Tortricidae) populations in Washington and Idaho. Environm. / R. W. Campbell, R. C. Beckwith, T. R. Torgersen // Entomol. – 1983. – Vol. 12, № 5. – P. 1360–1366.

16. Catalogue of Palaearctic Coleoptera. In 8 vol. Vol. 1 Archostemata-Myxophaga-Adephaga / ed. by I. Lobl, A. Smetana. – Stenstrup : Apollo Books, 2003. – 819 p.

17. Lead traceability along soil-melliferous flora-bee family-apiary products chain / C. A. Mihaly, et al. // J. Environ. Monit. – 2012. – № 14. – P. 1622–1630.

18. Nilsson, A. N. The diving beetles (Coleoptera, Dytiscidae) of Sakhalin: an annotated checklist / A. N. Nilsson, S. Kholin // Ent. Tidskr. – 1994. – Vol. 115. – P. 143–156.

19. Ragelis, A. Misko vabzoziai ir uztersta atmosfera / A. Ragelis // Musu gamta. – 1985. – Vol. 6, iss. 39. – P. 8–9.

20. Stevenson, K. The density and diversity of soil invertebrates in conventional and pesticides free corn / K. Stevenson, R. V. Anderson, G. Vigal // Trans. 111. State. Acad. Sci. – 2001. – Vol. 95, iss. 1. – P. 1–9.

### REFERENCES

1. Bogodukhov P.M. Vliyanie vybrosov alyuminievogo proizvodstva na entomofaunu [The Effect of Aluminum Production Emissions on the Entomofauna]. *Izvestiya Sankt-Peterburgskoy lesotekhnicheskoy akademii*, 2011, iss. 196, pp. 195-202.

2. Eremeeva N.I. *Struktura i ekologicheskie mekhanizmy formirovaniya mezofauny chlenistonogikh urbanizirovannykh territoriy: na primere g. Kemerovo: dis. ... d-ra biol. nauk* [Structure and Ecological Mechanisms of Arthropods Mesofauna in Urban Areas: on the Example of Kemerovo. Dr. biol. sci. diss.]. Kemerovo, 2006. 306 p.

3. Ivantsova E.A. Vliyanie pestitsidov na mikrofloru pochvy i poleznuyu biotu [The Effect of Pesticides on the Soil Microflora and Healthy Biota]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya 11, Estestvennye nauki* [Science Journal of Volgograd State University. Natural Sciences], 2013, no. 1, pp. 35-40.

4. Ivantsova E.A. *Zashchita rasteniy ot vreditel'ey* [Plants Protection From Pests]. Volgograd, VGSKhA Publ., 2011. 373 p.

5. Ivantsova E.A. *Optimizatsiya fitosanitarnogo sostoyaniya agrobiotsenozov Nizhnego Povolzhya: dis. ... d-ra s.-kh. nauk* [Optimization of Phytosanitary Status of Agrobiocenoses of the Lower Volga Region. Dr. agr. sci. diss.]. Saratov, 2009. 453 p.

6. Ivantsova E.A., Kaluzhenkova Yu.V. *Ekologicheskie problemy primeneniya pestitsidov* [Environmental Problems of Pesticides Use]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa. Nauka i vysshee professionalnoe obrazovanie*, 2008, no. 1, pp. 41-46.

7. Paliy V.F. *Metodika izucheniya fauny i fenologii nasekomykh* [The Methods of Studying the Fauna and Insects Phenology]. Voronezh, Tsentralno-Chernozemnoe knizhnoe izd-vo, 1970. 192 p.

8. Pesenko Yu.A. *Printsipy i metody kolichestvennogo analiza v faunisticheskikh*

*issledovaniyakh* [Principles and Methods of Quantitative Analysis in Faunistic Studies]. Moscow, Nauka Publ., 1982. 287 p.

9. Uitteker R. *Soobshchestva i ekosistemy* [Communities and Ecosystems]. Moscow, Progress Publ., 1980. 326 p.

10. Yanovskiy V.M. Aktivnost nasekomykh fillofagov v usloviyakh promyshlennogo zagryazneniya [Activity of Phyllophagous Insects in the Conditions of Industrial Pollution]. *Lesovedenie*, 1988, no. 5, pp. 56-58.

11. Baev P.V., Penev D. *BIODIV Program for Calculating the Biological Diversity Parameters, Similarity, Niche Overlap, and Cluster Analysis. Version 4.1*. Sofia, PENSOFT, 1993. 43 p.

12. Baviera C., Audisio P. The Nitidulidae and Kateretidae (Coleoptera: Cucujoidea) of Sicily: Recent Records and Updated Checklist. *Atti della Reale Accademia Peloritana dei Pericolanti, Classe di Scienze Medico-Biologiche*, 2014, no. 92 (2), pp. A1-A32. DOI: <http://dx.doi.org/10.1478.AAPP.922A1>. English.

13. Beutel R.G., Haas F. Phylogenetic Relationships of the Suborders of Coleoptera (Insecta). *Cladistics*, 2000, no. 16, pp. 103-141. DOI: <http://dx.doi.org/10.1006/clad.1999.0124>.

14. Biondi M., Urbani F., D'Alessandro P. Endemism Patterns in the Italian Leaf Beetle Fauna (Coleoptera, Chrysomelidae). *Zookeys*, 2013, no. 332, pp. 177-205. DOI: <http://dx.doi.org/10.3897/zookeys.332.5339>.

15. Campbell R.W., Beckwith R.C., Torgersen T.R. Numerical Behavior of Some Western Spruce Budworm (Lepidoptera, Tortricidae) Populations in Washington and Idaho. *Environmental Entomology*, 1983, vol. 12, no. 5, pp. 1360-1366.

16. Lobl I., Smetana A. *Catalogue of Palaearctic Coleoptera. In 8 vol. Vol. 1. Archostemata-Myxophaga-Adephaga*. Stenstrup, Apollo Books, 2003. 819 p.

17. Mihaly C. A., et al. Lead Traceability Along Soil-Melliferous Flora-Bee Family-APIARY PRODUCTS Chain. *J. Environ. Monit.*, 2012, no. 14, pp. 1622-1630.

18. Nilsson A.N., Kholin S. The Diving Beetles (Coleoptera, Dytiscidae) of Sakhalin: an Annotated Checklist. *Ent. Tidskr.*, 1994, vol. 115, pp. 143-156.

19. Ragelis A. Misko vabzoziai ir uztersta atmosfera. *Musu gamta*, 1985, vol. 6, iss. 39, pp. 8-9.

20. Stevenson K., Anderson R.V., Vigal G. The Density and Diversity of Soil Invertebrates in Conventional and Pesticides Free Corn. *Trans. 111. State. Acad. Sci.*, 2001, vol. 95, iss. 1, pp. 1-9.

**BIOINDICATION POTENTIAL OF THE COLEOPTERA****Belitskaya Mariya Nikolaevna**

Doctor of Biological Sciences, Chief Researcher,  
All-Russian Scientific-Research Institute of Agroforest Reclamation  
vnialmi@avtlg.ru  
Prosp. Universitetsky, 97, 400062 Volgograd, Russian Federation

**Bogodukhov Pavel Mikhaylovich**

Candidate of Biological Sciences, Junior Researcher, Department of Woody Plants Biology,  
All-Russian Scientific-Research Institute of Agroforest Reclamation  
giromuvaldovna@mail.ru  
Prosp. Universitetsky, 97, 400062 Volgograd, Russian Federation

**Abstract.** Different families of Coleoptera ambiguously respond to the pollution of SPZs with industrial emissions. For example, the SPZ of Volgograd aluminum plant has the changing biodiversity of insect communities at different distances from the pollution source. The increasing level of pollution is accompanied by the reduction in species abundance. At a distance of 200 m a special ecological zone with the specific composition of the entomofauna was formed. It is significantly different from other habitats. No Cerambycidae species may survive in the zone of maximum pollution, and the number of Curculionidae species is reduced significantly. The number of Cerambycidae decreases by more than 40 % in the presence of even minimal contamination. The most sensitive bioindicators are represented by such insects as Cerambycidae, Curculionidae and Chrysomelidae. Changes in the indices can be described by the function  $y = \arctan(x)$ , where  $x$  is the distance from the pollution source (in meters). The specificity of this function is to identify levels of possible changes of species richness and numerical abundance of communities. On the basis of trigonometric functions describing the changes in the species composition and abundance, the authors offered the method for assessing the quality of the environment in SPZs. The use of three families of insects opens up prospects of differentiation zones of technogenic pressure.

**Key words:** bioindication, sanitary and protective zone, anthropogenic pollution, entomofauna, biodiversity, integrated diversity, species richness, levels of changes.