

В. В. Бригадиренко

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТОПОЛОГИЧЕСКИХ СПЕКТРОВ  
В ЗООЛОГИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКЕ ПОЧВ  
НА ПРИМЕРЕ СЕМЕЙСТВА ЖУЖЕЛИЦ  
(COLEOPTERA, CARABIDAE)**

В.В. Бригадиренко

*Дніпропетровський національний університет*

**ВИКОРИСТАННЯ ТОПОЛОГІЧНИХ СПЕКТРІВ У ЗООЛОГІЧНІЙ ДІАГНОСТИЦІ  
ГРУНТІВ НА ПРИКЛАДІ РОДИНИ ТУРУНІВ (COLEOPTERA, CARABIDAE)**

Проаналізовано різні підходи до діагностики ґрунтових процесів. Наведено екологічну деталізацію видів турунів (*Coleoptera, Carabidae*) Присамар'я Дніпровського (Новомосковський та Павлоградський райони Дніпропетровської області України). Розглянуто алгоритм побудови топологічних спектрів угруповань ґрунтових безхребетних.

*Ключові слова:* зоологічна діагностика ґрунтів, екоморфичний аналіз, екологічна деталізація, туруни, *Carabidae*.

V.V. Brigadirenko

*Dnipropetrovsk National University*

**USING TOPOLOGICAL SPECTRUMS IN ZOOLOGICAL DIAGNOSTICS OF SOILS  
WITH THE FAMILY CARABIDAE (COLEOPTERA) AS AN EXAMPLE**

The paper is devoted to analysis of different approaches to diagnosis of soil processes. Ecological detalization of species of ground beetles (*Coleoptera, Carabidae*) of Prissamarie Dniprovskoye (Environs of Samara-river) (Novomoskovsky and Pavlogradsky districts of Dnipropetrovsk province of Ukraine) is given. The algorithm of topological spectrum design of soil invertebrates community is examined in two forest ecosystems as an example.

*Key words:* zoological diagnostics of soil, eco-morphical analysis, topological spectrums, ecological detalization, ground beetles, *Carabidae*.

Интенсивность и направленность процессов в почвенном блоке являются важнейшими индикаторами динамики экосистемы. Зооиндикация почвенных процессов является одним из приоритетных направлений исследований в экологии на протяжении многих десятилетий (Гиляров, 1965; Жуков, Жукова, 1997; Invertebrate biodiversity..., 1999; Biological indices..., 2000; Kurtz et al., 2001).

В качестве достоверных индикаторов могут служить консументы первого и второго порядков. Наиболее оперативными прямыми индикаторами являются компоненты нано- и микрофауны – нематоды, орибатиды, коллемболы и почвенные простейшие (Канеко, 1998; Nematode communities..., 1999). Перечисленные группы при изменении параметров среды обладают очень низкой инертностью, значительным количеством генераций за сезон, относительно низкой подвижностью в почве.

Компоненты мезофауны более подвижны, обладают большей инертностью, продолжительность генерации у них колеблется от нескольких декад до нескольких лет. Многие из них являются консументами второго, третьего и четвертого порядков, поэтому изменения свойств эдафотопы на многих группах мезофауны сказывается опосредованно и не всегда однозначно.

Выбор индикаторной группы не должен влиять на результаты диагностики (Гиляров, 1965; Dale, Beyeler, 2001). С практической точки зрения в качестве индикаторной часто выбирается группа, не представляющая значительных трудностей в определении видов. Одним из наиболее распространенных объектов индикационных исследований является семейство жуужелиц.

**МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ЗООИНДИКАЦИИ ПОЧВ**

Наличие или отсутствие вида в сообществе имеет диагностическое значение. Но возможности данного подхода существенно ограничиваются множеством других факторов (кроме диагностируемого), которые определяют численность изучаемого вида (Considerations..., 2001). Использование данного метода во многих экологических работах оправдано лишь для стенотопных и редких видов (Werner, Raffa, 2000).

© Бригадиренко В.В., 2003

В связи с этим более точным методом является диагностика почвенных процессов с использованием комплексов видов. Под комплексом видов мы понимаем группу видов, подобным образом изменяющих свою численность под воздействием факторов окружающей среды (Гиляров, 1965; Бригадиренко, 1998). Комплексы видов можно выделять, применяя эмпирический коэффициент корреляции, а также используя самые современные методы многомерной статистики (Goralczyka, 1998; Straalen, 1998; Jukes et al., 2001).

В большинстве работ зоологическая диагностика почв проводится с использованием экоморфического анализа. Под жизненными формами отдельные авторы понимают разные понятия (Акимов, 1955; Криволицкий, 1971).

Система жизненных форм жувелиц И. Х. Шаровой (1981а) основана на трофической специализации видов жувелиц и приуроченности вида к определенному биогеогеоризонту. Объективность системы подтверждается существованием сходных морфологических адаптаций у видов разных филогенетических ветвей, относящихся к одной жизненной форме. Однако при анализе сообществ беспозвоночных перед исследователем встает дилемма: использовать систему жизненных форм имаго или проводить диагностику по жизненным формам личинок? Существование конвергенции между системами экоморф личинок и имаго жувелиц (Шарова, 1973, 1981а) сглаживает остроту проблемы, но не решает ее.

Применяя систему экоморф И. Х. Шаровой для анализа локальной фауны, мы получаем данные о степени освоения жувелицами отдельных биогеогеоризонтов и частично о трофической специализации изучаемого сообщества. Информацию о сукцессионных процессах, протекающих в данной экосистеме, получить не удастся. Лишь в отдельных случаях по косвенным данным можно судить об изменении степени засоления или увлажнения эдафотопы (Бригадиренко, 2000). Спектр экоморф в сходных экосистемах различных географических зон обнаруживает менее четкую зональность, чем распределение самих видов (Грюнталь, 1978; Шарова, 1981а, 1981б).

Во многих работах в качестве индикаторной характеристики используются данные о структуре сообществ: доминировании, трофической специализации, а также сведения исторического подхода к изменению структуры сообщества и др. (Straalen, 1998).

Некоторые авторы для определения процессов, протекающих в экосистеме, используют изменение доли ксерофилов или гигрофилов. Однако данные категории достаточно расплывчаты, нуждаются в конкретизации. Без применения геоботанических подходов, используемых для создания типологий лесных экосистем лесной и степной зон (Бельгард, 1950, 1971; Погребняк, 1953), характеристика эдафотопы не может считаться обоснованной.

Анализируя применимость параметров эдафотопы для оценки аутэкологической характеристики отдельных видов почвенных беспозвоночных, необходимо отметить следующее:

- Разные виды почвенных беспозвоночных имеют различную ширину экологической ниши в отношении изучаемых факторов.
- В соответствии с принципом зональной смены стадий Г. Я. Бей-Биенко (1962) некорректно судить о предпочтении видом какого-либо диапазона фактора по данным, полученным в условиях другой климатической зоны.
- В процессе онтогенеза многие виды (даже практически не осуществляющие миграций) находятся под воздействием сильно различающихся условий среды. Примером может служить изменение локального коэффициента увлажнения эдафотопы (Травлев, 1982) на протяжении сезона.
- Различные фазы развития насекомых нуждаются в значительно различающихся между собой значениях факторов окружающей среды.

Из изложенного становится понятным, почему использование широкого спектра аутэкологических характеристик, основанных на параметрах среды обитания вида, не получило распространения в зоологической диагностике почв.

### **Использование в экоморфическом анализе типологического подхода А.Л. Бельгарда**

Типология степных лесов возникла как развитие идей Г. Н. Высоцкого (Бельгард, 1950, 1981). Для построения типологии искусственных лесов степной зоны коллективом Комплексной экспедиции ДНУ по изучению степных лесов предложены следующие критерии:

- тип лесорастительных условий (поемность, плодородие, увлажнение);
- тип экологической структуры насаждения (световая структура насаждения, продолжительность существования сообщества);
- тип древостоя.

Каждый из этих критериев может быть использован в качестве диагностирующего фактора при зоологической диагностике почв.

Рабочая схема основных экоморф растений (Бельгард, 1950) включает ценоморфы (силванты, степанты, протанты, палюданты, галофиты, рудеранты), которые наполняются определенными значениями климатоморф (раункиеровские жизненные формы – фанерофиты, хамефиты, гемикриптофиты, криптофиты, терофиты), термоморф (олиго-, мезо-, мегатермофиты), гелиоморф (гелио-, сциогелио-, сциофиты), трофоморф (олиго-, мезо-, мегатрофы) и гигроморф (ксеро-, мезо-, гигрофиты). По изменениям доли отдельной экоморфы можно судить о сукцессионных изменениях в растительном сообществе.

Роль почвенной фауны в индикации свойств эдафотопов неоднократно подчеркивалась создателем типологии степных лесов (Бельгард, Травлеев, 1980). В. А. Барсов (1982) отмечал, что система градаций лесотипологических факторов очень удобна для полевых исследований и, кроме того, как будто специально создана для обработки данных с использованием дисперсионного анализа.

В градациях основных характеристик эдафотопов легко применять современные методы многомерной статистики, которые позволяют делать интереснейшие выводы о ширине экологических ниш отдельных видов живых организмов.

Относительно небольшое количество работ почвенных зоологов посвящено изучению ширины экологической ниши отдельных видов. Так, А. Ф. Пилипенко (1972) исследовал распределение дождевых червей в градиенте *pH* водной вытяжки и содержания гумуса в почве. По семейству жужелиц имеются лишь отрывочные сведения о предпочтении отдельными видами того или иного значения фактора для различных климатических зон (Воронин, 1995; Мордкович, 1976, 1977; Павлова, 1976; Россолимо, 1989).

### **Экологическая детализация при анализе фауны жужелиц (Coleoptera, Carabidae)**

Рассмотрим пример экологической детализации фауны жужелиц Присамарья Днепропетровского в градиенте увлажнения, *pH* почвенного раствора и механического состава почвы (табл. 1). Названия видов приведены в соответствии с последней ревизией семейства на территории СНГ (Kryzhanovskij et al., 1995).

По нашим данным (Бригадиренко, 2001), с учетом новейших дополнений (4 вида) фауна рассматриваемой территории представлена 266 видами. На основе обследования более 240 пробных участков (отражающих все разнообразие природных экосистем региона) каждому виду анализируемого семейства было присвоено определенное значение коэффициента обилия в различных условиях эдафотопов.

Наименьшее количество видов семейства обитает в ксерофильных экосистемах, наибольшее – в гигрофильных (табл. 2). В остальных гигротопов количество видов жужелиц является практически одинаковым (38,2 – 42,4 %). С возрастанием степени увлажнения почвенного раствора количество массовых видов увеличивается.

На почвах без следов засоления (лесные заболоченные участки и др.) обитает лишь около 12 % видового состава (табл. 3). Наиболее разнообразна фауна участков со слабым засолением почвенного раствора. Сильное засоление переносят около 24 % видов.

Довольно резко отличается от остальных участков фауна жужелиц песчаных почв (см. табл. 3). Причем эти отличия хорошо проявляются как в гигрофильных береговых экосистемах, так и в ксерофильных псаммофитных степях. Наибольшее количество видов встречается на суглинистых почвах, характерных для большей части рассматриваемой территории.

## Пример экологической детализации жужелиц Присамарья Днепровского

| Вид  | Увлажнение почвы* |   |     |   |     | Засоление почвы** |   |   |   |   | Мехсостав почвы*** |   |   |   |   |   |   |
|--|-------------------|---|-----|---|-----|-------------------|---|---|---|---|--------------------|---|---|---|---|---|---|
|  | 0-1               | 1 | 1-2 | 2 | 2-3 | 3                 | 4 | 5 | 1 | 2 | 3                  | 4 | 5 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| <i>Stomis</i> (s. str.) <i>pumicatus</i> (Panzer, 1796)                      |                   |   |     | 1 | 1   | 1                 |   |   |   | + | +                  |   |   |   | + | + |   |
| <i>Poecilus</i> (s. str.) <i>cupreus dinniki</i> Lutshnik, 1912              | 1                 | 2 | 3   | 4 | 5   | 5                 | 5 | 3 |   | + | +                  | + | + | + | + | + | + |
| <i>P.</i> (s. str.) <i>versicolor</i> (Sturm, 1824)                          | 1                 | 2 | 2   | 1 | 1   | 1                 | 1 | 1 |   | + | +                  | + |   |   | + | + | + |
| <i>P.</i> (s. str.) <i>punctulatus</i> (Schaller, 1783)                      | 3                 | 2 | 1   |   |     |                   |   |   |   | + | +                  | + |   |   | + | + | + |
| <i>P.</i> (s. str.) <i>sericeus</i> (Fischer von Waldheim, 1823)             | 4                 | 4 | 2   | 1 |     |                   |   |   |   |   | +                  | + |   |   | + | + | + |
| <i>P.</i> ( <i>Angoleus</i> ) <i>crenuliger crenuliger</i> Chaudoir, 1876    | 2                 | 3 | 2   | 2 | 1   |                   |   |   |   | + | +                  | + | + |   |   | + | + |
| <i>P.</i> (A.) <i>puncticollis</i> (Dejean, 1828)                            |                   | 1 | 1   | 2 | 2   | 1                 | 1 |   |   |   | +                  | + | + |   |   | + | + |
| <i>Pterostichus</i> ( <i>Platysma</i> ) <i>niger</i> (Schaller, 1783)        |                   |   | 1   | 1 | 2   | 1                 | 1 | 1 | + | + | +                  |   |   |   | + | + | + |
| <i>P.</i> ( <i>Argutor</i> ) <i>chamaeleon</i> Motschulsky, 1865             |                   |   |     |   |     |                   | 1 | 1 | 2 |   |                    | + |   |   |   | + | + |
| <i>P.</i> (A.) <i>vernalis</i> (Panzer, 1796)                                |                   |   |     |   |     |                   |   | 1 | 4 |   |                    | + | + | + | + | + | + |
| <i>P.</i> ( <i>Pedius</i> ) <i>longicollis</i> (Duftschmid, 1812)            |                   |   |     |   | 1   | 1                 | 1 |   |   | + | +                  | + |   |   | + | + | + |
| <i>P.</i> ( <i>Adelosia</i> ) <i>macer macer</i> (Marsham, 1802)             |                   |   |     | 1 | 1   | 2                 | 1 |   |   |   | +                  | + |   |   |   | + | + |
| <i>P.</i> ( <i>Melanius</i> ) <i>anthracinus</i> (Illiger, 1798)             |                   |   |     |   |     |                   | 1 | 2 | 3 | + | +                  | + | + | + | + | + | + |
| <i>P.</i> (M.) <i>gracilis gracilis</i> (Dejean, 1828)                       |                   |   |     |   |     |                   |   | 2 | 2 | + | +                  | + | + | + | + | + | + |
| <i>P.</i> (M.) <i>minor</i> (Gyllenhal, 1827)                                |                   |   |     |   |     |                   |   | 1 | 2 | + | +                  | + |   |   | + | + |   |
| <i>P.</i> (M.) <i>nigrita</i> (Paykull, 1790)                                |                   |   |     | 1 | 2   | 3                 | 2 | 1 |   | + | +                  | + | + | + | + | + | + |
| <i>P.</i> ( <i>Phonias</i> ) <i>diligens</i> (Sturm, 1824)                   |                   |   |     |   | 1   | 2                 | 1 | 1 |   | + | +                  |   |   |   | + | + |   |
| <i>P.</i> (P.) <i>strenuus</i> (Panzer, 1797)                                | 1                 | 1 | 1   | 1 | 2   | 1                 | 1 |   |   | + | +                  | + |   |   | + | + |   |
| <i>P.</i> (P.) <i>ovoideus</i> (Sturm, 1824)                                 | 1                 | 1 | 1   | 2 | 2   | 3                 | 4 |   |   | + | +                  | + | + | + | + | + | + |
| <i>P.</i> ( <i>Omaseus</i> ) <i>elongatus</i> (Duftschmid, 1812)             |                   |   |     |   |     |                   | 1 | 2 |   | + | +                  | + | + | + | + | + | + |
| <i>P.</i> ( <i>Bothriopterus</i> ) <i>oblongopunctatus</i> (Fabricius, 1787) |                   |   | 2   | 5 | 5   | 3                 | 2 | 1 |   | + | +                  | + | + | + | + | + | + |
| <i>P.</i> ( <i>Morphnosoma</i> ) <i>melanarius</i> (Illiger, 1798)           | 1                 | 3 | 4   | 5 | 3   | 2                 | 3 |   |   | + | +                  | + |   |   | + | + |   |
| <i>P.</i> ( <i>Feronidius</i> ) <i>melas melas</i> (Creutzer, 1799)          | 3                 | 2 |     |   |     |                   |   |   |   | + | +                  | + |   |   | + | + |   |
| <i>Calathus</i> (s. str.) <i>fuscipes fuscipes</i> (Goeze, 1777)             | 3                 | 1 |     |   |     |                   |   |   |   | + | +                  |   |   |   | + | + |   |
| <i>C.</i> ( <i>Neocalathus</i> ) <i>ambiguus</i> (Paykull, 1790)             | 2                 | 2 | 1   |   |     |                   |   |   |   | + | +                  |   |   |   | + | + |   |
| <i>C.</i> (N.) <i>erratus erratus</i> (C.R.Sahlberg, 1827)                   | 1                 | 1 |     |   |     |                   |   |   |   | + | +                  |   |   |   | + | + |   |
| <i>C.</i> (N.) <i>melanocephalus</i> (Linnaeus, 1758)                        | 3                 | 4 | 2   | 1 |     |                   |   |   |   | + | +                  |   |   |   | + | + | + |

| Вид  | Увлажнение почвы |   |     |   |     | Засоление почвы |   |   |   |   | Мехсостав почвы |   |   |   |   |   |   |
|--|------------------|---|-----|---|-----|-----------------|---|---|---|---|-----------------|---|---|---|---|---|---|
|  | 0-1              | 1 | 1-2 | 2 | 2-3 | 3               | 4 | 5 | 1 | 2 | 3               | 4 | 5 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| <i>C. (Dolichus) halensis</i> (Schaller, 1783)                 | 2                | 2 | 1   | 1 |     |                 |   |   | + | + |                 |   |   |   | + | + |   |
| <i>Taphoxenus (s. str.) gigas</i> (Fischer von Waldheim, 1823) | 1                | 2 |     |   |     |                 |   |   | + | + |                 |   |   |   | + | + |   |
| <i>Laemostenus (Pristonychus) tricola</i> (Herbst, 1783)       | 1                | 1 | 1   |   |     |                 |   |   | + | + |                 |   |   |   | + | + |   |
| <i>Agonum (s. str.) atratum</i> (Duftschmid, 1812)             |                  |   |     |   |     |                 | 2 | 3 |   | + | +               | + |   |   | + | + |   |
| <i>A. (s. str.) impressum</i> (Panzer, 1797)                   |                  |   |     |   |     |                 | 1 | 1 |   | + | +               |   |   |   | + |   |   |
| <i>A. (s. str.) lugens</i> (Duftschmid, 1812)                  |                  |   |     |   |     | 1               | 4 | 5 |   | + | +               | + | + | + | + | + | + |
| <i>A. (s. str.) marginatum</i> (Linnaeus, 1758)                |                  |   |     |   |     |                 | 1 | 2 |   | + | +               |   |   | + | + |   |   |
| <i>A. (s. str.) duftschmidi</i> Schmidt, 1994                  |                  |   |     |   |     | 1               | 2 | 1 |   | + |                 |   |   | + | + |   |   |
| <i>A. (s. str.) muelleri</i> (Herbst, 1784)                    |                  |   |     |   |     |                 | 1 | 2 |   | + | +               |   |   | + |   |   |   |
| <i>A. (s. str.) sexpunctatum</i> (Linnaeus, 1758)              |                  |   |     |   |     |                 | 1 | 2 |   | + | +               | + |   | + |   |   |   |
| <i>A. (s. str.) versutum</i> (Sturm, 1824)                     |                  |   |     |   |     |                 | 1 | 2 |   | + | +               | + |   | + |   |   |   |
| <i>A. (s. str.) viduum</i> (Panzer, 1797)                      |                  |   |     |   |     | 1               | 2 | 2 |   | + | +               | + |   | + |   |   |   |
| <i>A. (s. str.) viridicupreum cuprinum</i> Motschulsky, 1844   |                  |   |     |   |     |                 | 1 | 2 |   | + | +               |   |   | + |   |   |   |
| <i>A. (Europhilus) antennarium</i> (Duftschmid, 1812)          |                  |   |     |   |     |                 | 1 | 1 |   | + |                 |   |   | + |   |   |   |
| <i>A. (E.) fuliginosum</i> (Panzer, 1809)                      |                  |   |     |   |     |                 | 1 | 2 |   | + | +               | + |   | + |   |   |   |
| <i>A. (E.) micans Nicolai</i> , 1822                           |                  |   |     |   |     |                 | 1 | 1 |   | + | +               | + |   | + |   |   |   |
| <i>A. (E.) thoreyi thoreyi</i> (Dejean, 1828)                  |                  |   |     |   |     |                 | 2 | 4 |   | + | +               | + |   | + | + | + |   |
| <i>Platynus (s. str.) assimile</i> (Paykull, 1790)             |                  |   |     | 1 | 2   | 3               | 2 | 1 |   | + | +               |   |   | + |   |   |   |
| <i>P. (s. str.) krynickii</i> Sperk, 1835                      |                  |   |     | 1 | 2   | 3               | 2 | 1 |   | + | +               | + |   | + |   |   |   |
| <i>Oxypselaphus obscurum</i> (Herbst, 1784)                    |                  |   |     |   | 1   | 1               | 2 | 1 |   | + | +               | + |   | + | + | + |   |
| <i>Anchomenus dorsalis</i> (Pontoppidan, 1763)                 | 2                | 2 | 1   |   |     |                 |   |   |   | + | +               | + |   | + | + | + |   |
| <i>Synuchus (s. str.) vivalis vivalis</i> (Illiger, 1798)      |                  |   |     | 1 | 1   | 2               | 1 |   |   | + | +               |   |   | + | + |   |   |
| <i>Platyderus rufus</i> (Duftschmid, 1812)                     | 1                | 1 | 1   | 1 |     |                 |   |   |   | + | +               |   |   | + | + |   |   |

\* *Увлажнение почвы* (по Бельгарду, 1950): 0-1 – ксерофильное, 1 – мезоксерофильное, 1-2 – ксеромезофильное, 2 – мезофильное, 2-3 – гигромезофильное, 3 – мезогигрофильное, 4 – гигрофильное, 5 – ультрагигрофильное; средняя численность вида в условиях отдельного гирготопа: 1 – спорадично, 2 – редко, 3 – нечасто, 4 – часто, 5 – в массе.

\*\* *Засоление почвы*: 1 – почвы без засоления, 2 – почвы со следами засоления, 3 – слабозасоленные почвы, 4 – умеренно засоленные почвы, 5 – сильнозасоленные почвы; + – вид встречается в данных условиях засоления почвы.

\*\*\* *Механический состав почвы*: 1 – песчаный, 2 – супесчаный, 3 – суглинистый, 4 – глинистый; + – вид встречается в экосистемах с данным механическим составом почвы.

Приведенная экологическая детализация карабидофауны позволяет проводить индикацию сукцессионной динамики экосистем. Изучив видовой состав семейства любой экосистемы на рассматриваемой территории, можно достаточно подробно ее охарактеризовать.

Таблица 2

**Распространенность и обилие жужелиц в различных гигротопах  
Присамарья Днепроовского**

| Увлажнение почвы         | Количество видов, встречающихся |       |         |       |         | Доля (по количеству видов) от всей фауны региона, % |
|--------------------------|---------------------------------|-------|---------|-------|---------|---|
|                          | спорадично                      | редко | нечасто | часто | в массе |   |
| 0 - 1 – ксерофильное     | 39                              | 23    | 12      | 4     | 0       | 29,8  |
| 1 – мезоксерофильное     | 45                              | 40    | 9       | 3     | 3       | 38,2  |
| 1 - 2 – ксеромезофильное | 73                              | 24    | 12      | 1     | 1       | 42,4  |
| 2 – мезофильное          | 63                              | 27    | 10      | 4     | 1       | 40,1  |
| 2 - 3 – гигромезофильное | 63                              | 26    | 12      | 3     | 3       | 40,8  |
| 3 – мезогигрофильное     | 65                              | 29    | 11      | 1     | 2       | 41,2  |
| 4 – гигрофильное         | 71                              | 53    | 4       | 2     | 4       | 51,1  |
| 5 – ультрагигрофильное   | 39                              | 28    | 18      | 10    | 14      | 41,6  |

Таблица 3

**Распространенность жужелиц Присамарья Днепроовского на участках с различным рН  
и механическим составом почвы**

| Характеристика эдафотопы       | Доля (по количеству видов) от всей фауны региона, % |
|--------------------------------|---|
| Засоление почвы                |   |
| 1 – почвы без засоления        | 11,8  |
| 2 – почвы со следами засоления | 64,5  |
| 3 – слабозасоленные            | 82,4  |
| 4 – умеренно засоленные        | 63,4  |
| 5 – сильнозасоленные           | 23,7  |
| Механический состав почвы      |   |
| 1 – песчаный                   | 24,8  |
| 2 – супесчаный                 | 52,3  |
| 3 – суглинистый                | 81,7  |
| 4 – глинистый                  | 55,0  |

При сравнении сообществ жужелиц двух экосистем можно выявить факторы, по которым рассматриваемые экосистемы отличаются в наибольшей степени. Анализируя динамику одного сообщества жужелиц в различные моменты времени, можно увидеть направление изменений отдельных характеристик эдафотопы.

**Пример построения топологических спектров**

В качестве примера рассмотрим фауну двух амфиценологических лесных сообществ – краткопоемных ольшаников с сырым крупнотравьем (табл. 4). Индекс общности Жаккара между сообществами жужелиц анализируемых участков очень низок (18,2 %). На первом из них суммарная численность почти на порядок, а количество видов почти в 2 раза превосходят значения этих характеристик на втором участке. Создается впечатле-

ние о значительных различиях рассматриваемых экосистем. Несмотря на это, индексы разнообразия Шеннона и Пиелу изучаемых сообществ практически одинаковы (см. табл. 4).

Таблица 4

**Карабидофауна двух ольшаников поймы реки Самары (особей/10 ловушко-суток)  
и ее основные характеристики**

| Вид  | Пробная площадь |      |
|--|-----------------|------|
|  | 1               | 2    |
| <i>Carabus</i> (s. str.) <i>granulatus</i> Linnaeus, 1758            | 0,21            | 0,95 |
| <i>C.</i> (Tomocarabus) <i>marginalis</i> Fabricius, 1794            |                 | 0,09 |
| <i>Elaphrus</i> (Neoelaphrus) <i>uliginosus</i> Fabricius, 1775      | 0,34            |      |
| <i>Bembidion</i> (Notaphus) <i>varium</i> (Oliver, 1795)             | 0,04            |      |
| <i>B.</i> (Phylotus) <i>biguttatum</i> (Fabricius, 1779)             | 0,12            |      |
| <i>Patrobus</i> <i>assimilis</i> Chaudoir, 1844                      | 5,36            |      |
| <i>Pterostichus</i> (Platysma) <i>niger</i> (Schaller, 1783)         |                 | 0,17 |
| <i>P.</i> (Argutor) <i>vernalis</i> (Panzer, 1796)                   | 0,11            |      |
| <i>P.</i> (Melanius) <i>anthracinus</i> (Illiger, 1798)              | 0,04            |      |
| <i>P.</i> (M.) <i>minor</i> (Gyllenhal, 1827)                        | 1,58            |      |
| <i>P.</i> (M.) <i>nigrita</i> (Paykull, 1790)                        | 0,77            | 0,05 |
| <i>P.</i> (Phonias) <i>ovoideus</i> (Sturm, 1824)                    | 0,16            | 0,09 |
| <i>P.</i> (Bothriopterus) <i>oblongopunctatus</i> (Fabricius, 1787)  |                 | 0,06 |
| <i>P.</i> (Morphnosoma) <i>melanarius melanarius</i> (Illiger, 1798) | 0,04            |      |
| <i>Agonum</i> (s. str.) <i>viduum</i> (Panzer, 1797)                 | 0,04            |      |
| <i>A.</i> (Europhilus) <i>fuliginosum</i> (Panzer, 1809)             | 0,61            |      |
| <i>Stenolophus</i> (s. str.) <i>proximus</i> Dejean, 1829            | 0,04            |      |
| <i>Panagaeus</i> <i>cruzmajor</i> (Linnaeus, 1758)                   | 0,04            | 0,10 |
| <i>Oodes</i> (s. str.) <i>helopioides</i> (Fabricius, 1792)          | 2,65            |      |
| <i>O.</i> (s. str.) <i>gracilis</i> A. Villa et G.B. Villa, 1833     | 0,31            |      |
| <i>Badister</i> (s. str.) <i>bullatus</i> (Schrank, 1798)            |                 | 0,06 |
| <i>B.</i> (s. str.) <i>lacertosus</i> Sturm, 1815                    |                 | 0,06 |
| Суммарная численность жуужелиц                                       | 12,45           | 1,62 |
| Количество видов жуужелиц  | 17              | 9    |
| Индекс разнообразия Шеннона (H)                                      | 2,57            | 2,16 |
| Выравненность (индекс Пиелу, P)                                      | 0,63            | 0,68 |

Алгоритм построения топологических спектров следующий. Из табл. 1 извлекаем строки с видами, распространенными на рассматриваемых участках (табл. 5 и 6). Наличие вида в данных условиях оцениваем в 1 балл (заменяем цифровые и логические значения табл. 1 на цифры «1» или «0»). Для оценки качественного обилия суммируем в табл. 5 и 6 столбцы, сумму полученных значений по всем значениям фактора принимаем за 100 % и рассчитываем коэффициенты относительного качественного обилия видов изучаемой экосистемы.

Для расчета количественного обилия видов экосистемы при всех значениях рассматриваемых факторов «1» во всех ячейках табл. 5 и 6 заменяем на соответствующие значения численности видов (табл. 4). Аналогично проводим суммирование всех столбцов таблицы и полученные значения переводим в относительные величины (выражаем в процентах от суммы по всем грациям данного фактора).

Таблица 5

## Экологическая детализация карабидофауны ольшаника (пробная площадь № 1)

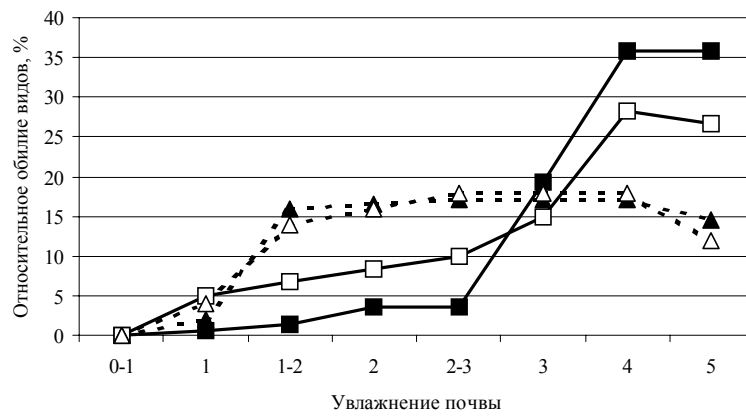
| Вид  | Увлажнение почвы |      |      |      |      |      |       |       |      |       | Засоление почвы |      |      |      |      | Мехсостав почвы |      |      |       |       |      |      |      |      |      |      |
|--|------------------|------|------|------|------|------|-------|-------|------|-------|-----------------|------|------|------|------|-----------------|------|------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|
|  | 0-1              |      | 1-2  |      | 2    |      | 2-3   |       | 3    |       | 4               |      | 5    |      | 1    |                 | 2    |      | 3     |       | 4    |      |      |      |      |      |
|  | 1                | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1     | 1     | 1    | 1     | 1               | 1    | 1    | 1    | 1    | 1               | 1    | 1    | 1     | 1     | 1    | 1    |      |      |      |      |
| <i>Carabus</i> (s. str.) <i>granulatus</i> Linnaeus, 1758                |                  |      | 1    | 1    | 1    | 1    | 1     | 1     | 1    | 1     | 1               | 1    | 1    | 1    | 1    | 1               | 1    | 1    | 1     | 1     | 1    | 1    |      |      |      |      |
| <i>Elaphrus</i> ( <i>Neoelephrus</i> ) <i>uliginosus</i> Fabricius, 1775 |                  |      |      |      |      |      |       |       |      |       |                 |      |      |      |      |                 |      |      |       |       |      |      |      |      |      |      |
| <i>Bembidion</i> ( <i>Notaphus</i> ) <i>varium</i> (Oliver, 1795)        |                  |      |      |      |      |      |       |       |      |       |                 |      |      |      |      |                 |      |      |       |       |      |      |      |      |      |      |
| <i>B.</i> ( <i>Phylochilus</i> ) <i>biguttatum</i> (Fabricius, 1779)     |                  |      |      |      |      |      |       |       |      |       |                 |      |      |      |      |                 |      |      |       |       |      |      |      |      |      |      |
| <i>Patrobus</i> <i>assimilis</i> Chaudoir, 1844                          |                  |      |      |      |      |      |       |       |      |       |                 |      |      |      |      |                 |      |      |       |       |      |      |      |      |      |      |
| <i>Pterostichus</i> ( <i>Argutor</i> ) <i>vernalis</i> (Panzer, 1796)    |                  |      |      |      |      |      |       |       |      |       |                 |      |      |      |      |                 |      |      |       |       |      |      |      |      |      |      |
| <i>P.</i> ( <i>Melanius</i> ) <i>anthracinus</i> (Illiger, 1798)         |                  |      |      |      |      |      |       |       |      |       |                 |      |      |      |      |                 |      |      |       |       |      |      |      |      |      |      |
| <i>P.</i> ( <i>M.</i> ) <i>minor</i> (Gyllenhal, 1827)                   |                  |      |      |      |      |      |       |       |      |       |                 |      |      |      |      |                 |      |      |       |       |      |      |      |      |      |      |
| <i>P.</i> ( <i>M.</i> ) <i>nigrita</i> (Paykull, 1790)                   |                  |      |      |      |      |      |       |       |      |       |                 |      |      |      |      |                 |      |      |       |       |      |      |      |      |      |      |
| <i>P.</i> ( <i>Phonias</i> ) <i>ovoideus</i> (Sturm, 1824)               |                  |      |      |      |      |      |       |       |      |       |                 |      |      |      |      |                 |      |      |       |       |      |      |      |      |      |      |
| <i>P.</i> ( <i>Morphnosoma</i> ) <i>melanarius</i> (Illiger, 1798)       |                  |      |      |      |      |      |       |       |      |       |                 |      |      |      |      |                 |      |      |       |       |      |      |      |      |      |      |
| <i>Agonum</i> (s. str.) <i>viduum</i> (Panzer, 1797)                     |                  |      |      |      |      |      |       |       |      |       |                 |      |      |      |      |                 |      |      |       |       |      |      |      |      |      |      |
| <i>A.</i> ( <i>Europhilus</i> ) <i>fuliginosum</i> (Panzer, 1809)        |                  |      |      |      |      |      |       |       |      |       |                 |      |      |      |      |                 |      |      |       |       |      |      |      |      |      |      |
| <i>Stenolophus</i> (s. str.) <i>proximus</i> Dejean, 1829                |                  |      |      |      |      |      |       |       |      |       |                 |      |      |      |      |                 |      |      |       |       |      |      |      |      |      |      |
| <i>Panagaeus</i> <i>cruxmajor</i> (Linnaeus, 1758)                       |                  |      |      |      |      |      |       |       |      |       |                 |      |      |      |      |                 |      |      |       |       |      |      |      |      |      |      |
| <i>Oodes</i> (s. str.) <i>heloptioides</i> (Fabricius, 1792)             |                  |      |      |      |      |      |       |       |      |       |                 |      |      |      |      |                 |      |      |       |       |      |      |      |      |      |      |
| <i>O.</i> (s. str.) <i>gracilis</i> A.Villa et G.B. Villa, 1833          |                  |      |      |      |      |      |       |       |      |       |                 |      |      |      |      |                 |      |      |       |       |      |      |      |      |      |      |
| Абсолютное обилие (по числу видов)                                       | 0                | 3    | 4    | 5    | 6    | 9    | 9     | 17    | 16   | 16    | 9               | 16   | 17   | 14   | 8    | 9               | 14   | 17   | 11    | 9     | 14   | 17   | 11   |      |      |      |
| Относительное обилие (по числу видов), %                                 | 0,0              | 5,0  | 6,7  | 8,3  | 10,0 | 15,0 | 28,3  | 26,7  | 14,1 | 25,0  | 26,6            | 21,9 | 12,5 | 17,6 | 27,5 | 33,3            | 21,6 | 4,42 | 11,77 | 12,46 | 4,71 | 13,2 | 35,3 | 37,4 | 14,1 |      |
| Абсолютное обилие (по численности видов)                                 | 0,00             | 0,24 | 0,45 | 1,22 | 1,26 | 6,70 | 12,46 | 12,42 | 9,38 | 12,35 | 12,46           | 4,91 | 3,56 | 22,0 | 28,9 | 29,2            | 11,5 | 8,3  | 13,2  | 35,3  | 37,4 | 14,1 | 13,2 | 35,3 | 37,4 | 14,1 |
| Относительное обилие (по численности видов), %                           | 0,0              | 0,7  | 1,3  | 3,5  | 3,6  | 19,3 | 35,9  | 35,7  | 22,0 | 28,9  | 29,2            | 11,5 | 8,3  | 13,2 | 35,3 | 37,4            | 14,1 | 13,2 | 35,3  | 37,4  | 14,1 | 13,2 | 35,3 | 37,4 | 14,1 |      |



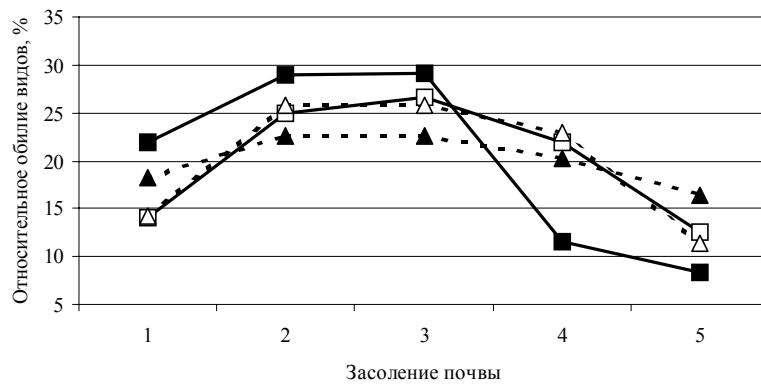
Таблица 6

## Экологическая детализация карабидофауны ольшаника (пробная площадь № 2)

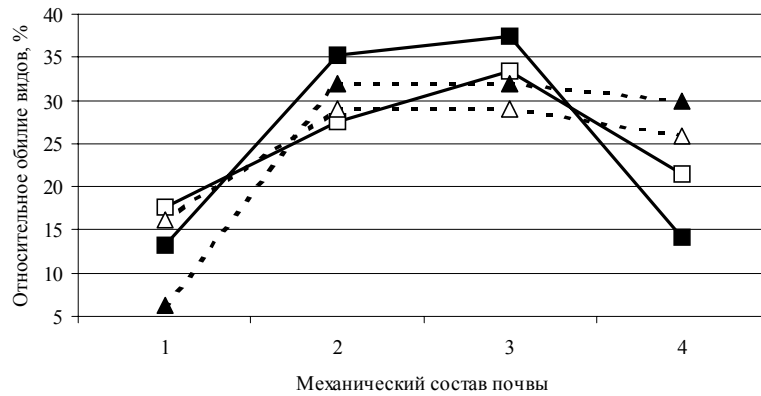
| Вид  | Увлажнение почвы |      |      |      |      |      |      |      |      |      | Засоление почвы |      |      |      |      | Мехсостав почвы |      |      |      |
|--|------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----------------|------|------|------|------|-----------------|------|------|------|
|  | 0-1              |      | 1-2  |      | 2-3  |      | 3-4  |      | 4-5  |      | 1               | 2    | 3    | 4    | 5    | 1               | 2    | 3    | 4    |
|  | 1                | 2    | 1    | 2    | 1    | 2    | 1    | 2    | 1    | 2    | 1               | 2    | 3    | 4    | 5    | 1               | 2    | 3    | 4    |
| <i>Carabus (s. str.) granulatus</i> Linnaeus, 1758           |                  |      | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1               | 1    | 1    | 1    | 1    | 1               | 1    | 1    | 1    |
| <i>C. (Tomocarabus) marginalis</i> Fabricius, 1794           |                  |      | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1               | 1    | 1    | 1    | 1    | 1               | 1    | 1    | 1    |
| <i>Pterostichus (Platysma) niger</i> (Schaller, 1783)        |                  |      | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1               | 1    | 1    | 1    | 1    | 1               | 1    | 1    | 1    |
| <i>P. (Melanius) nigrita</i> (Paykull, 1790)                 |                  |      | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1               | 1    | 1    | 1    | 1    | 1               | 1    | 1    | 1    |
| <i>P. (Phonias) ovoideus</i> (Sturm, 1824)                   | 1                | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1               | 1    | 1    | 1    | 1    | 1               | 1    | 1    | 1    |
| <i>P. (Bothriopterus) oblongopunctatus</i> (Fabricius, 1787) |                  |      | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1               | 1    | 1    | 1    | 1    | 1               | 1    | 1    | 1    |
| <i>Panagaeus cruxmajor</i> (Linnaeus, 1758)                  | 1                | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1               | 1    | 1    | 1    | 1    | 1               | 1    | 1    | 1    |
| <i>Badister (s. str.) bullatus</i> (Schrank, 1798)           |                  |      | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1               | 1    | 1    | 1    | 1    | 1               | 1    | 1    | 1    |
| <i>B. (s. str.) lacertosus</i> Sturm, 1815                   |                  |      | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1               | 1    | 1    | 1    | 1    | 1               | 1    | 1    | 1    |
| Абсолютное обилие (по числу видов)                           | 0                | 2    | 7    | 8    | 9    | 9    | 9    | 9    | 9    | 6    | 5               | 9    | 9    | 8    | 4    | 5               | 9    | 9    | 8    |
| Относительное обилие (по числу видов), %                     | 0,0              | 4,0  | 14,0 | 16,0 | 18,0 | 18,0 | 18,0 | 18,0 | 18,0 | 12,0 | 14,3            | 25,7 | 25,7 | 22,9 | 11,4 | 16,1            | 29,0 | 29,0 | 25,8 |
| Абсолютное обилие (по численности видов)                     | 0,00             | 0,19 | 1,52 | 1,57 | 1,63 | 1,63 | 1,63 | 1,63 | 1,63 | 1,38 | 1,32            | 1,63 | 1,63 | 1,46 | 1,19 | 0,32            | 1,63 | 1,63 | 1,53 |
| Относительное обилие (по численности видов), %               | 0,0              | 2,0  | 15,9 | 16,4 | 17,1 | 17,1 | 17,1 | 17,1 | 17,1 | 14,5 | 18,3            | 22,5 | 22,5 | 20,2 | 16,5 | 6,3             | 31,9 | 31,9 | 29,9 |



a



б



в

**Пример построения топологических спектров сообществ жужилиц двух ольшаников поймы р. Самара:** а – увлажнение почвы, б – засоление почвы, в – механический состав почвы; пробная площадь № 1: ◻ – качественное обилие, ■ – количественное обилие; пробная площадь № 2: △ – качественное обилие, ▲ – количественное обилие)

Анализируя результаты вычислений (рисунок), легко сделать вывод о том, что биогеоценоз пробной площади № 2 является значительно более ксерофильным сообществом и практически не отличается от пробной площади № 1 по степени засоления почвенного раствора и механическому составу почвы (реакция почвенного раствора слабо смещена в щелочную область значений pH, механический состав почвы немного более тяжелый). Данные зоологической диагностики почв подтверждаются прямыми измерениями.

Какие топологические спектры (количественные или качественные) использовать, исследователь решает в каждом конкретном случае, исходя из обстоятельств. Если в индикаторной группе доминантами являются стенобионтные виды, для максимально полного выявления отличий между экосистемами целесообразно ограничиться индексами качественного обилия. Если индикаторная группа на рассматриваемой пробной площади представлена небольшим количеством видов, необходимо рассчитывать индексы количественного обилия.

Таким образом, построение топологических спектров в зоологической диагностике почв позволяет уловить малейшие отличия в интенсивности и направленности почвенных процессов и выразить их количественно.

Дальнейшая разработка этого метода для различных климатических зон и индикаторных групп позволит глубже понять процессы, протекающие в естественных экосистемах.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Акимов М.П. Биоценотическая рабочая система жизненных форм – биоморф // Науч. зап. ДГУ. – Х., 1955. – Т. 51. – С. 5-24.

Барсов В.А. Типология степных лесов – методологическая и научная основа зооэкологических и биогеоценологических исследований животных // Биогеоценологические исследования степных лесов, их охрана и рациональное использование. – Д.: ДГУ, 1982. – Вып. 13. – С. 148-153.

Бей-Биенко Г.Я. Смена стадий наземных организмов как экологический принцип // Вопросы экологии. – 1962. – № 4. – С. 9-12.

Бельгард А.Л. Лесная растительность юго-востока УССР. – К.: КГУ, 1950. – 263 с.

Бельгард А.Л. Степное лесоведение. – М.: Лесн. пром-сть, 1971. – 336 с.

Бельгард А.Л. Истоки и современное состояние типологии лесных биогеоценозов в степи // Биогеоценологические особенности лесов Присамарья и их охрана. – Д.: ДГУ, 1981. – Вып. 12. – С. 3-11.

Бельгард А.Л., Травлев А.П. Роль почвенной фауны в индикации эдафотопов // Проблемы и методы биологической диагностики и индикации почв. – М., 1980. – С. 155-163.

Бригадиренко В.В. Возможности применения корреляционного анализа для выявления структуры комплексов жуужелиц (Coleoptera, Carabidae) околородных биотопов // Вестник зоологии. – 1998. – Отд. вып. № 9. – С. 31-33.

Бригадиренко В.В. Жуужелицы (Coleoptera, Carabidae) заказника «Булаховский лиман» (Днепропетровская область) // Известия Харьк. энтомол. о-ва. – 2000. – Т. 8, № 1. – С. 86-94.

Бригадиренко В.В. Стан структури комплексів турунів екосистем Присамар'я Дніпровського в умовах тиску антропогенних факторів: Автореф. дис. ... канд. біол. наук / 03.00.16 – екологія. – Д.: ДНУ, 2001. – 21 с.

Гиляров М.С. Зоологический метод диагностики почв. – М.: Наука, 1965. – 278 с.

Грюнталь С.Ю. Зональная смена фоновых видов и жизненных форм жуужелиц (Coleoptera, Carabidae) в лесах центральных районов европейской части СССР // Проблемы почвенной зоологии. Материалы 6-го Всесоюз. совещ. – Минск: Наука и техника. – 1978. – С. 70-72.

Жуков А.В., Жукова В.В. Экоморфические спектры комплексов дождевых червей в зоологической диагностике почв // Вестник Днепропетр. ун-та. Биология и экология. – 1997. – Вып. 3. – С. 216-221.

Криволицкий Д.А. Современные представления о жизненных формах // Экология. – 1971. – № 3.

Мордкович В.Г. Выделение экогрупп беспозвоночных и их использование для диагностики почв // Биологическая диагностика почв. – М.: Наука. – 1976. – С. 160-161.

Мордкович В.Г. Зоологическая диагностика почв лесостепной и степной зоны Сибири. – Новосибирск: Наука. – 1977. – 110 с.

- Павлова З.Ф. Использование метода количественно-экологической оценки животного населения при диагностике засоленных почв // Биологическая диагностика почв. – М.: Наука. – 1976. – С. 200-201.
- Пилипенко А.Ф. Влияние pH почвы и содержания гумуса в ней на распределение почвенной мезофауны // Вопросы степного лесоведения. – Днепропетровск: ДГУ, 1972. – Вып. 3. – С. 70-74.
- Погребняк П.С. Основы лесной типологии. – К.: АНУ, 1953. – 451 с.
- Роль почвенной фауны в индикации эдафотопов лесных биогеоценозов в степи / А.П. Травлев, Л.Г. Апостолов, И.К. Булик, М.А. Шимкина // Биологическая диагностика почв. – М.: Наука, – 1976. – С. 280-281.
- Россолимо Т.Е. Высотное распределение и термопреферендум жужелиц в Хибинах // Зоолог. журн. – 1989. – Т. 68, № 4. – С. 58-65.
- Тихомирова А.Л. Напочвенные жуки как показатель почвенно-растительных условий // Биологическая диагностика почв. – М.: Наука. – 1976. – С. 276-279.
- Травлев Л.П. Гидрологические основы типологии искусственных лесов степной зоны А. Л. Бельгарда // Биогеоэкологические исследования степных лесов, их охрана и рациональное использование. – Д.: ДГУ, 1982. – Вып. 13. – С. 36-65.
- Шарова И.Х. Жизненные формы и значение конвергенций и параллелизмов в их классификации // Журн. общей биологии. – 1973. – Т. 34, № 4. – С. 563-570.
- Шарова И.Х. Жизненные формы жужелиц как индикаторы почвенно-растительных условий // Проблемы почвенной зоологии. Материалы 6-го Всесоюз. совещ. – Минск: Наука и техника, 1978. – С. 273-275.
- Шарова И.Х. Жизненные формы жужелиц (Coleoptera, Carabidae). – М.: Наука, 1981а. – 360 с.
- Шарова И.Х. Зональные закономерности распределения жизненных форм жужелиц в лесных ландшафтах европейской части СССР // Проблемы почвенной зоологии. Материалы 7-го Всесоюз. совещ. – К.: Рад. Закарпаття. – 1981б. – С. 254-255.
- Biological indices of soil quality: an ecosystem case study of their use / J.D. Кноэпп, D.C. Coleman, D.A. Crossley, Jr.S. Clark, J.S. Clark // Forest Ecology and Management. – 2000. – Vol. 138, № 1-3. – P. 357-368.
- Considerations for the development of a terrestrial index of ecological integrity / J.K. Andreasen, R.V. O'Neill, R. Noss, N.C. Slosser // Ecological Indicators. – 2001. – Vol. 1, № 1. – P. 21-35.
- Dale V.H., Beyeler S.C. Challenges in the development and use of ecological indicators // Ecological Indicators. – 2001. – Vol. 1, № 1. – P. 3-10.
- Goralczyk K. Nematodes in a coastal dune succession Indicators of soil properties? // Applied Soil Ecology. – 1998. – Vol. 9, № 1-3. – P. 471-475.
- Invertebrate biodiversity as bioindicators of sustainable landscapes. Practical use of invertebrates to assess sustainable landscapes / M.G. Paoletti (Ed.); J.P. Curry, J. Dhez, J.L. Manjyn, G.M. Kovčec, C. Celestino, M. Toribio. – Amsterdam, N.-Y.: Elsevier, 1999. – 460 p.
- Jukes M.R., Peace A.J., Ferris R. Carabid beetle communities associated with coniferous plantations in Britain: the influence of site, ground vegetation and stand structure // Forest Ecology and Management. – 2001. – Vol. 148, № 1-3. – P. 271-286.
- Kaneko N., McLean M.A., Parkinson D. Do mites and Collembola affect pine litter fungal biomass and microbial respiration? // Applied Soil Ecology. – 1998. – Vol. 9, № 1-3. – P. 213-218.
- Kryzhanovskij O. L., Belousov I. A., Kabak I. I. at all. A Checklist of the Ground-Beetles of Russia and Adjacent Lands (*Insecta, Coleoptera, Carabidae*) – Sofia-Moscow: Pensoft Publishers, 1995. – 271 p.
- Kurtz J.C., Jackson L.E., Fisher W.S. Strategies for evaluating indicators based on guidelines from the Environmental Protection Agency's Office of Research and Development // Ecological Indicators. – Vol. 1, № 1. – 2001. – P. 49-60.
- Nematode communities as indicators of status and processes of a soil ecosystem influenced by agricultural management practices / D.L. Porazinska, L.W. Duncan, R. McSorley, J.H. Graham // Applied Soil Ecology. – 1999. – Vol. 13, № 1. – P. 69-86.
- Straalen N.M. van Evaluation of bioindicator systems derived from soil arthropod communities // Applied Soil Ecology. – 1998. – Vol. 9, № 1-3. – P. 435-443.
- Werner S.M., Raffa K.F. Effects of forest management practices on the diversity of ground-occurring beetles in mixed northern hardwood forests of the Great Lakes Region // Forest Ecology and Management. – 2000. – Vol. 139, № 1-3. – P. 135-155.

Надійшла до редколегії 05.12.02