

УДК: 631.4:634.9

### **Екоморфическая организация сообществ мезопедобионтов как основа зоологической диагностики антропогенных почв**

**Е.В.Андрусевич<sup>1</sup>, А.В.Жуков<sup>2</sup>, О.Н.Кунах<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Днепропетровский государственный аграрно-экономический университет (Днепропетровск, Украина);

<sup>2</sup>Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара (Днепропетровск, Украина)

Zhukov\_dnepr@rambler.ru

В работе установлена связь экоморфической структуры сообщества почвенной мезофауны педозема, ряда характеристик этой почвы и растительного покрова, выраженного в терминах фитоиндикационных шкал и экоморф, средствами RLQ-анализа. Показано, что в пределах изучаемого полигона сообщество почвенной мезофауны распределено неслучайным образом. Это распределение детерминировано эдафическими факторами и может быть интерпретировано с помощью анализа функциональной значимости экоморф. Установленные зависимости экоморфической структуры почвенной мезофауны от эдафических свойств педозёмов являются обоснованием применения экоморфического направления для зоологической диагностики антропогенных почв.

**Ключевые слова:** почвенная мезофауна, экологическая ниша, зоологическая диагностика почв, экоморфы.

### **Екоморфічна організація угруповань мезопедобіонтів як основа зоологічної діагностики антропогенних ґрунтів**

**К.В.Андрусевич, О.В.Жуков, О.М.Кунах**

У роботі встановлений зв'язок екоморфічної структури угруповання ґрунтової мезофауни педозему, ряду характеристик цього ґрунту і рослинного покриву, вираженого в термінах фітоіндикаційних шкал і екоморф, засобами RLQ-аналізу. Показано, що в межах полігону угруповання ґрунтової мезофауни, що вивчається, розподілено не випадковим чином. Цей розподіл детермінований едафічними чинниками і може бути інтерпретований за допомогою аналізу функціональної значущості екоморф. Встановлені залежності екоморфічної структури ґрунтової мезофауни від едафічних властивостей педоземів є обґрунтуванням застосування екоморфічного напрямку для зоологічної діагностики антропогенних ґрунтів.

**Ключові слова:** ґрунтова мезофауна, екологічна ніша, зоологічна діагностика ґрунтів, екоморфи.

### **Ecomorphic organisation of the mesopedobionts community as the basis of the anthropogenic soils zoological diagnostic**

**E.V.Andrusevich, A.V.Zhukov, O.N.Kunakh**

The connection between soil mesofauna community ecomorphic structures of pedozem and some characteristics of this soil and the vegetative cover expressed in terms of phytoindicator scales and plant ecomorphes has been established by means of RLQ-analysis. Within studied polygon, the community of soil mesofauna has been found to be distributed not in a random way. This distribution is determined by edafic properties and can be interpreted by means of the analysis of ecomorphes functional importance. The established dependences of ecomorphic structures of soil mesofauna on pedozem edafic properties may be the basis of application of ecomorphic approaches for the zoological diagnostics of anthropogenous soils.

**Key words:** soil mesofauna, ecological niche, soil zoological diagnostic, ecomorphes.

#### **Введение**

Зоологический метод диагностики почв был разработан М.С.Гиляровым (1965) для решения сложных вопросов почвоведения. Проблема диагностики почвоподобных тел, созданных человеком в процессе рекультивации земель, представляет определенную сложность и до настоящего времени окончательно не решена. Существует ряд подходов, которые применяются для диагностики и номенклатуры антропогенных почв (Єстеревська та ін., 2008; Андроханов и др., 2004). В качестве одного из них предложено применение зоологического метода (Андрусевич, 2014а) в его экоморфическом варианте (Жуков, 1996, 2009).

Основой экоморфического подхода зоологической диагностики почв являются идеи русского генетического почвоведения В.В. Докучаева (1936), которые выражаются в том, что почвы должны диагностироваться на основании тех признаков и свойств, которые отражают их генезис. Почвенная фауна принимает активное участие в почвообразовательном процессе, что обуславливает её информационную ценность для диагностики почв. Информационными каналами выступают экоморфы (по А.Л. Бельгарду, 1950). Применение экоморф для диагностики почв было предложено в работе А.Л. Бельгарда и А.П. Травлеева (1980). Идеи экоморфического подхода были применены для почвенных животных (Жуков, 2003, 2006, 2009, 2010) и для герпетобионтных пауков (Кунах и др., 2014; Прокопенко и др., 2014).

Современная диагностика почв, решая утилитарные задачи, базируется только на консервативных свойствах стабильной части почвенного субстрата (Мордкович, 2013). Генератором этих свойств являются специфические комбинации биологических, химических и физических явлений, именуемые «элементарными почвенными процессами» (ЭПП). Определенным ЭПП соответствуют характерные комбинации биоты, в том числе беспозвоночных животных (Мордкович, 1977). Выполняя функцию производителей детрита и способствуя образованию гумуса, необходимого для запуска любого ЭПП, педобионты оказываются его активными участниками. Поэтому животные, как самая высокоорганизованная и активная часть системы ЭПП, могут служить не только его индикаторами, но и навигаторами. Изучение и мониторинг ЭПП в почве затруднены, так как связаны с неизбежным нарушением естественного сложения почвенного профиля. Учет зооагентов возможен без изменения природной обстановки. По экологическим потенциалам почвенных беспозвоночных, участвующих в ЭПП, по спектрам их экогрупп, жизненных форм, результатам деятельности можно ставить диагноз состояния почвы на той или иной стадии развития определенных ЭПП при разных их сочетаниях и в разных регионах или частях природных градиентов среды (Мордкович, 2013).

Изучение разнообразия сообщества герпетобионтных беспозвоночных рекультивируемых земель (экспериментальный полигон Днепропетровского агроуниверситета, г. Орджоникидзе) показало его высокий уровень видового разнообразия (81 вид) (Прокопенко, Жуков, 2011). Также было установлено, что тип технозема и тип растительного покрова являются важными факторами, которые оказывают существенное влияние на различные аспекты разнообразия сообщества герпетобионтов рекультивируемой территории. С позиций экоморфического подхода было охарактеризовано экологическое пространство животного населения дерново-литогенных почв на красно-бурых глинах (Андрусевич, 2014б). Установлены показатели разнообразия почвенной мезофауны техноземов Никопольского марганцеворудного бассейна (2014).

В осмыслении трансформации сообществ почвенных беспозвоночных антропогенных почв мы исходим из того, что общий характер процессов и явлений в условиях антропогенного воздействия не обладает качественной специфичностью (Сумароков, 2009). Эта позиция создает принципиальную основу для возможности сравнения естественных и антропогенных почвенных тел как среды обитания живых организмов. Специфичность почвоподобным телам придают количественные различия в ключевых характеристиках животного населения.

Зоологическая диагностика антропогенных почв должна основываться на понимании функциональной связи особенностей животного населения, эдафических характеристик и растительного покрова. Поэтому цель настоящей работы – установить связь экоморфической структуры сообщества почвенной мезофауны педозема, ряда характеристик этой почвы и растительного покрова, выраженного в терминах фитоиндикационных шкал и экоморф, средствами RLQ-анализа.

### **Материалы и методы**

Исследования проведены в 2012–2013 гг. на стационаре Днепропетровского государственного аграрно-экономического университета по изучению сельскохозяйственной рекультивации земель. Исследуемый полигон заложен на участке, представленном педоземами.

Полигон состоит из 15 трансект. Каждая трансекта составлена из 7 пробных точек. Расстояние между рядами в полигоне составляет 3 м.

Полигон находится на выровненном плато с травянистым растительным покровом, который сформировался после прекращения более 10-летнего сельскохозяйственного использования поля. Описание растительности на пробном участке в период 2011–2014 гг. позволило установить особенности растительного покрова, который сформировался на педоземах. Общий список

обнаруженных растений составляет 65 видов. Древесные растения представлены редкими деревьями груши обыкновенной (*Pyrus communis*). В травостое обильны житняк гребенчатый (*Agropyron pectinatum*), костер растопыренный (*Bromus squarrosus*), пырей ползучий (*Elytrigia repens*) и люцерна хмелевидная (*Medicago lupulina*). Растительность имеет облик лугово-степного псевдомоноценоза (64,24% проективного покрытия сообщества представлено степной ценоморфой, а 32,32% – луговой). Фитоиндикация позволяет трофотоп изучаемого полигона оценить как мега-мезотрофный (19,59% проективного покрытия – мегатрофы, 78,68% – мезотрофы), а почвы – как переходные между среднебогатыми и богатыми. Гигротоп в целом имеет ксеромезофильный (свежеватый) характер (40,77% проективного покрытия представлено ксеромезофилами, 32,21% – мезоксерофилами). Световой режим – осветленный, так как преобладают сциофиты (69,35%).

В каждой точке были сделаны почвенно-зоологические пробы для сбора почвенной мезофауны (результаты представлены как L-таблица, в соответствии с системой обозначений, принятых в RLQ-анализе), проведено измерение температуры, электропроводности и твердости почвы, мощности подстилки и высоты травостоя (R-таблица). Почвенно-зоологические пробы имели размер 25×25 см. Измерение твердости почв производилось в полевых условиях с помощью ручного пенетрометра Eijkelkamp на глубину до 50 см с интервалом 5 см. Средняя погрешность результатов измерений прибора составляет ±8 %. Измерения производились конусом с размером поперечного сечения 2 см<sup>2</sup>. В пределах каждой точки измерения твердости почвы производились в однократной повторности. Для проведения измерения электропроводности почвы *in situ* использовался сенсор HI 76305 (Hanna Instruments, Woodsocket, R.I.). Этот сенсор работает совместно с портативным прибором HI 993310. Тестер оценивает общую электропроводность почвы, т.е. объединенную проводимость почвенного воздуха, воды и частиц. Результаты измерений прибора представлены в единицах насыщенности почвенного раствора солями – г/л. Сравнение результатов измерений прибором HI 76305 с данными лабораторных исследований позволили оценить коэффициент перевода единиц как 1 дС/м=155 мг/л (Pennisi, van Iersel, 2002). Почвенную температуру измеряли в период с 13 до 14 часов цифровыми термометрами WT-1 (ПАО «Стеклоприбор», <http://bit.steklopribor.com>, точность – 0,1°C) на глубине 5–7 см. Мощность подстилки измеряли линейкой, высоту травостоя – мерной рулеткой. Измерения электропроводности, температуры, высоты травостоя и мощности подстилки сделаны в трехкратной повторности в каждой пробной точке.

Статистические расчеты проведены с помощью программы Statistica 7.0 и программной оболочки Project R "R: A Language and Environment for Statistical Computing" (<http://www.R-project.org/>), Статистические процедуры RLQ-анализа выполнены с помощью пакета *ade4* для оболочки R (Жуков та ін., 2014). Оценивание доверительных интервалов и стандартного отклонения численности почвенных животных было произведено с помощью бутстреп-подхода и выполнено средствами пакета *bootES* (Kirby, Gerlanc, 2013).

Характеристика экоморф растений приведено по А.Л.Бельгарду (1950) и В.В.Тарасову (2005), Q-таблица представлена экоморфами почвенных животных (Жуков та ін., 2007; Жуков, 2009). Латинские названия видов приведены по базе данных «Fauna Europaea» (de Jong et al., 2014).

### Результаты и обсуждение

Характеристика таксономического и экологического разнообразия сообщества мезопедобіонтів изучаемого полигона представлена в табл. 1.

Таблица 1.

#### Видовой состав и обилие почвенной мезофауны педоземов (L-таблица)

| Класс      | Семейство   | Вид  | Cen | Hyg | TrCen | Tp   | Tr | Ph | Плотность, среднее±ст. ошибка, экз./м <sup>2</sup> |           |
|------------|-------------|--|-----|-----|-------|------|----|----|--|-----------|
|            |             |  |     |     |       |      |    |    | 2012   | 2013      |
| Oligohaeta | Lumbricidae | <i>Aporrectodea caliginosa trapezoides</i> (Duges, 1828) | Pr  | Ms  | MsTr  | End  | SF | B4 | 0,31±0,31  | –         |
|            |             | <i>Aporrectodea r. rosea</i> (Savigny, 1826)             | St  | Ms  | MgTr  | End  | SF | B4 | –  | 0,15±0,15 |
| Arachnida  | Lycosidae   | Lycosidae sp.  | St  | Ms  | MsTr  | Ep   | ZF | A3 | 1,52±0,47  | 4,88±0,92 |
| Chiloda    | Geophilidae | <i>Geophilus</i>   | Pr  | Ms  | MsTr  | Anec | ZF | A2 | 0,15±0,15  | –         |

| Класс                                 | Семейство                                      | Вид   | Cen   | Hyg  | TrCen | Tp    | Tr  | Ph        | Плотность, среднее±ст. ошибка, экз./м <sup>2</sup> |             |   |
|---------------------------------------|--|---|---|------|-------|-------|-----|-----------|--|-------------|---|
|                                       |  |   |   |      |       |       |     |           | 2012   | 2013        |   |
| poda                                  | dae  | <i>proximus</i> C.L.Koch 1847                               |   |      |       |       |     |           |  |             |   |
|                                       |  | <i>Clinopodes sukacevi</i> (Folkmanova 1956)                | St  | Ks   | MgTr  | Anec  | ZF  | A2        | 0,46±0,30  | 0,61±0,29   |   |
|                                       | Lithobii-<br>dae                               | <i>Lithobius forficatus</i> (Linnaeus 1758)                 | Sil   | Ms   | MsTr  | Ep    | ZF  | A3        | 0,30±0,21  | 0,15±0,15   |   |
|                                       | Cryptop-<br>idae                               | <i>Cryptops anomalans</i> Newport 1844                      | St  | Ks   | MgTr  | End   | ZF  | A2        | 0,46±0,35  | –           |   |
|                                       |  | <i>Cryptops hortensis</i> (Donovan 1810)                    | St  | Ms   | MsTr  | End   | ZF  | A2        | –  | 0,30±0,21   |   |
| <i>Cryptops parisi</i> Brolemann 1920 |  | St  | Ms  | MsTr | End   | FF    | A2  | 0,15±0,15 | –  |             |   |
| Diplo-<br>poda                        | Julidae  | <i>Rossiulus kessleri</i> (Lohmander, 1927)                 | St  | Ms   | MgTr  | Ep    | SF  | A3        | 58,97±6,60   | 72,69±14,04 |   |
| Insec-<br>ta                          | Cantha-<br>ridae                               | <i>Cantharis (Cantharis) rufa</i> Linnaeus 1758             | St  | Ks   | MgTr  | Ep    | ZF  | A3        | 0,91±0,52  | –           |   |
|                                       |  | <i>Amara (Amara) aenea</i> (De Geer 1774)                   | St  | Ks   | MgTr  | Ep    | FF  | A3        | 0,30±0,26  | –           |   |
|                                       | Carabi-<br>dae                                 | <i>Brachinus crepitans</i> (Linne 1758)                     | Sil   | Ms   | MgTr  | Ep    | ZF  | A1        | –  | 0,15±0,15   |   |
|                                       |  | <i>Calathus melanocephalus</i> (Linne 1758)                 | St  | Ks   | UMgTr | Ep    | ZF  | A1        | 0,30±0,21  | –           |   |
|                                       |  | <i>Harpalus affinis</i> (Schrank 1781)                      | St  | Ks   | MsTr  | Ep    | FF  | A1        | –  | 0,15±0,15   |   |
|                                       |  | <i>Pseudoophonus (Pseudoophonus) griseus</i> (Panzer 1796)  | St  | Ks   | UMgTr | Ep    | FF  | A1        | 0,30±0,22  | –           |   |
|                                       |  | <i>Pseudoophonus (Pseudoophonus) rufipes</i> (De Geer 1774) | St  | Ks   | MgTr  | Ep    | ZF  | A1        | –  | 0,15±0,15   |   |
|                                       |  | <i>Harpalus</i> sp.   | St  | Ms   | MsTr  | Ep    | FF  | A1        | 0,15±0,15  | –           |   |
|                                       |  | <i>Ophonus azureus</i> (Fabricius 1775)                     | St  | Ks   | MgTr  | Ep    | FF  | A1        | –  | 0,15±0,15   |   |
|                                       |  | <i>Poecilus sericeus</i> Fischer von Waldheim 1824          | St  | Ms   | MsTr  | Ep    | ZF  | A1        | –  | 0,46±0,35   |   |
|                                       |  | <i>Pterostichus macer</i> (Marsham 1802)                    | St  | Ks   | MgTr  | Ep    | ZF  | A3        | –  | 0,15±0,15   |   |
|                                       |  | <i>Zabrus (Pelor) spinipes</i> (Fabricius 1798)             | St  | Ks   | UMgTr | Ep    | FF  | A1        | 0,15±0,21  | –           |   |
|                                       |  | <i>Zabrus tenebrioides</i> (Goeze 1777)                     | St  | Ks   | MgTr  | Ep    | FF  | A1        | 0,15±0,15  | –           |   |
|                                       |  | <i>Chlaeniellus tristis</i> (Schaller 1783)                 | St  | Ms   | MgTr  | End   | ZF  | A1        | 0,15±0,15  | –           |   |
|                                       |  | <i>Harpalus distinguendus</i> (Duftschmid 1812)             | St  | Ks   | MgTr  | Ep    | FF  | A1        | 0,30±0,27  | –           |   |
|                                       |  | <i>Harpalus rubripes</i> (Duftschmid 1812)                  | St  | Ks   | MgTr  | Ep    | FF  | A1        | –  | 0,15±0,15   |   |
|                                       |  | <i>Pterostichus melanarius</i> (Illiger 1798)               | St  | Ks   | MgTr  | Ep    | ZF  | A3        | 0,30±0,30  | –           |   |
|                                       |  | <i>Chlaenius decipiens</i> L. Dufour, 1820                  | St  | Ks   | MgTr  | End   | ZF  | A1        | –  | 0,15±0,15   |   |
|                                       |  | <i>Cychnus caraboides</i> (Linne 1758)                      | Pr  | Hg   | MsTr  | Ep    | ZF  | A3        | –  | 0,30±0,30   |   |
|                                       |  | <i>Ophonus gammeli</i> (Schauberger 1932)                   | St  | Ks   | MgTr  | Ep    | FF  | A1        | 0,15±0,15  | –           |   |
|                                       |  | Ceram-<br>bicidae   | <i>Agapanthia violacea</i> (Fabricius 1775) | St   | Ks    | MgTr  | End | FF        | B7   | 0,30±0,31   | – |
|                                       |  |   | <i>Dorcadion carinatum</i> (Pallas 1771)    | St   | Ks    | UMgTr | End | FF        | B4   | 0,61±0,34   | – |
|                                       | <i>Pedestredorcadion tauricum</i> (Waltl 1838) |   | St  | Ks   | UMgTr | End   | FF  | B4        | 0,15±0,16  | 0,15±0,15   |   |

| Клас             | Семейство            | Вид  | Сен | Hyg | TrCen | Tp  | Tr | Ph | Плотность, среднее±ст. ошибка, экз./м <sup>2</sup> |            |
|------------------|----------------------|--|-----|-----|-------|-----|----|----|--|------------|
|                  |                      |  |     |     |       |     |    |    | 2012   | 2013       |
|                  |                      | <i>Pedestredorcadion cinerarium</i> (Fabricius 1787) | St  | Ks  | UMgTr | End | FF | B4 | –  | 0,15±0,15  |
|                  | Chrysomelidae        | <i>Galeruca dahlii</i> (Joannis 1865)                | St  | Ks  | MgTr  | End | ZF | B7 | 0,15±0,15  | –          |
|                  | Curculionidae        | <i>Otiorrhynchus</i> sp.                             | St  | Ks  | MsTr  | End | FF | B7 | –  | 0,15±0,15  |
|                  |                      | <i>Cyphocleonus dealbatus</i> (Gmelin 1790)          | St  | Ks  | MgTr  | End | FF | B7 | 0,15±0,16  | –          |
|                  | Derme-<br>stidae     | <i>Dermestes lanarius</i> Illiger 1801               | St  | Ks  | UMgTr | Ep  | ZF | A1 | –  | 0,15±0,15  |
|                  | Elateri-<br>dae      | <i>Agriotes sputator</i> (Linnaeus 1758)             | St  | Ks  | UMgTr | End | FF | B5 | 0,15±0,15  | –          |
|                  |                      | <i>Agriotes ustulatus</i> (Schaller 1783)            | St  | Ks  | UMgTr | End | FF | B5 | –  | 0,15±0,15  |
|                  |                      | <i>Melanotus punctolineatus</i> (Pelerin 1829)       | St  | Ks  | MsTr  | End | ZF | B5 | –  | 0,15±0,15  |
|                  | Histeri-<br>dae      | <i>Hister quadrimaculatus</i> Linnaeus 1758          | St  | Ms  | MgTr  | End | SF | A3 | 0,30±0,22  | –          |
|                  | Meloidae             | <i>Meloe proscarabaeus</i> Linnaeus 1758             | St  | Ms  | MsTr  | End | ZF | B7 | –  | 0,15±0,15  |
|                  | Silphidae            | <i>Silpha obscura</i> Linnaeus 1758                  | St  | Ks  | MgTr  | Ep  | SF | A3 | 0,15±0,15  | –          |
|                  | Staphyli-<br>nidae   | <i>Leptacinus batychrus</i> (Gyllenhal 1827)         | St  | Ks  | MgTr  | End | ZF | A2 | –  | 0,15±0,15  |
|                  |                      | <i>Ocyopus (Matidus) nitens</i> (Schränk 1781)       | St  | Ks  | MgTr  | End | ZF | A2 | –  | 0,15±0,15  |
|                  |                      | <i>Achenium depressum</i> (Gravenhorst 1802)         | St  | Ks  | MgTr  | End | ZF | A2 | 0,15±0,15  | –          |
|                  | Tenebri-<br>onidae   | <i>Gnaptor spinimanus</i> (Pallas 1781)              | St  | Ms  | MsTr  | End | FF | B6 | –  | 0,61±0,43  |
|                  |                      | <i>Platyscelis polita</i> (Sturm 1807)               | St  | Ks  | MgTr  | End | FF | B6 | 0,46±0,37  | –          |
|                  |                      | <i>Platyscelis melas</i> (Fischer de Waldheim 1823)  | St  | Ks  | UMgTr | End | FF | B6 | –  | 0,15±0,15  |
|                  |                      | <i>Opatrum sabulosum</i> (Linnaeus 1761)             | St  | Ks  | MgTr  | End | FF | B6 | 12,19±2,80   | 15,70±1,97 |
|                  |                      | <i>Podonta daghestanica</i> Reitter 1885             | St  | Ks  | MsTr  | End | FF | B6 | 0,15±0,21  | 1,83±0,70  |
|                  |                      | <i>Probaticus subrugosus</i> (Duftschmidt 1812)      | St  | Ms  | MsTr  | End | FF | B6 | –  | 0,15±0,15  |
|                  |                      | <i>Blaps halophila</i> Fischer de Waldheim 1820      | Pr  | Ms  | MsTr  | End | FF | B6 | –  | 0,30±0,21  |
|                  |                      | <i>Gonocephalum pusillum</i> (Fabricius 1791)        | St  | Ks  | MgTr  | End | FF | B6 | 0,15±0,15  | 0,30±0,30  |
|                  | Melolon-<br>thidae   | <i>Amphimallon solstitiale</i> (Linnaeus 1758)       | Sil | Ms  | MsTr  | End | FF | B7 | –  | 0,15±0,15  |
|                  |                      | <i>Anoxia pilosa</i> (Fabricius 1792)                | St  | Ks  | MsTr  | End | FF | B7 | 0,46±0,36  | –          |
|                  | Geotru-<br>pidae     | <i>Lethrus apterus</i> (Laxmann 1770)                | St  | Ks  | UMgTr | End | SF | B6 | 0,15±0,15  | –          |
|                  | Tabani-<br>dae       | <i>Tabanus</i> sp.                                   | Pr  | Ms  | OlGTr | End | ZF | B4 | –  | 0,15±0,15  |
|                  | Noctui-<br>dae       | <i>Agrotis</i> sp.                                   | Sil | Ks  | MsTr  | End | FF | B4 | 0,30±0,30  | 0,30±0,26  |
|                  | Grylloi-<br>dea      | <i>Grylloidea</i> sp.                                | St  | Ks  | MgTr  | Ep  | FF | B6 | 0,15±0,15  | 0,30±0,21  |
|                  | Miridae              | <i>Adelphocoris quadripunctatus</i> (Fabricius 1794) | St  | Ks  | UMgTr | End | FF | B7 | –  | 0,15±0,15  |
| Mala-<br>costra- | Tracheli-<br>podidae | <i>Trachelipus rathkii</i> (Brandt 1833)             | Pr  | Hg  | MsTr  | Ep  | SF | A3 | 1,37±1,22  | 1,83±0,85  |

| Класс      | Семейство   | Вид  | Cen | Hyg | TrCen | Tp | Tr | Ph | Плотность, среднее±ст. ошибка, экз./м <sup>2</sup> |            |
|------------|-------------|--|-----|-----|-------|----|----|----|--|------------|
|            |             |  |     |     |       |    |    |    | 2012   | 2013       |
| ca         |             |  |     |     |       |    |    |    |  |            |
| Gastropoda | Enidae      | <i>Brephulopsis cylindrica</i> (Menke, 1828)           | St  | Ks  | MgTr  | Ep | FF | A3 | 67,35±2,52   | 40,53±5,28 |
|            |             | <i>Chondrula tridens</i> (O.F. Muller 1774)            | St  | Ks  | UMgTr | Ep | FF | A3 | 12,50±0,77   | 16,30±2,10 |
|            | Helicidae   | <i>Helix lucorum martensii</i> Boettger 1883           | St  | Ks  | MgTr  | Ep | FF | A3 | 0,15±0,15  | –          |
|            | Hygromiidae | <i>Monacha (Monacha) cartusiana</i> (O.F. Muller 1774) | St  | Ks  | MgTr  | Ep | FF | A3 | 11,12±0,76   | 2,29±0,63  |

Примечания: Cen – Ценоморфы: St – степанты, Pr – пратанты, Pal – паллюданты, Sil – сильванты; Hyg – гигроморфы: Ks – ксерофилы, Ms – мезофилы, Hg – гигрофилы, UHg – ультрагигрофилы; TrCen – трофоценоморфы: MsTr – мезотрофоценоморфы, MgTr – мегатрофоценоморфы, UMgTr – ультрамегатрофоценоморфы; Tp – топоморфы: End – эндогейные, Ep – эпигейные, Apes – норники; Ph – фформорфы: A – перемещение с помощью существующей трещиноватости почвы; B – активное прокладывание ходов; 1 – размеры тела меньше трещиноватости почвы; 2 – размеры тела соизмеримые с трещиноватостью; 3 – размеры тела больше полостей в подстилке или соизмеримые с крупными щелями или трещинами в почве; 4 – перемещение с изменением толщины тела; 5 – перемещение без измерения толщины тела; 6 – рытье нор с помощью конечностей; 7 – C-образная форма тела; Tr – трофоморфы: SF – сапрофаги; FF – фитофаги; ZF – зоофаги.

На исследуемом участке было обнаружено 67 видов почвенных животных. Плотность почвенной мезофауны изученного полигона варьировала в пределах 161,07–174,17 экз./м<sup>2</sup>.

Доминирующей группой являются моллюски, которые в среднем за период исследований составили 49,03% от суммарной численности сообщества. Эта таксономическая группа представлена 4 видами, которые количественно учитываются при ручной разборке проб, а также микромоллюском *Vallonia pulchella* (O.F. Muller 1774), которого можно качественно учесть при ручной разборке стандартных проб либо при детальном разборе образцов почвы в лаборатории. Преобладающим видом моллюсков является *Brephulopsis cylindrica* со средней численностью 56,94 экз./м<sup>2</sup> (диапазон варьирования – 40,53–67,35 экз./м<sup>2</sup>). Численность моллюсков *Chondrula tridens* и *Monacha cartusiana* несколько ниже (16,56 и 8,33 экз./м<sup>2</sup> соответственно). Единично был встречен *Helix lucorum martensii* (Balashov et al., 2013).

Важную роль в сообществе почвенной мезофауны педоземов играют диплоподы. Эта группа представлена видом *Rossiulus kessleri*, который составляет в среднем 30,44% от суммарной численности сообщества. Из относительно многочисленных видов следует также указать *Opatrum sabulosum*, который составляет 10,52% от суммарной численности сообщества. Прочие виды в сообществе составляют не более 5%.

Губоногие многоножки представлены 6 видами, из которых в сборах стабильно встречаются *Clinopodes sukacevi*. Важной особенностью сообщества является высокое разнообразие термофильных сколопендровых многоножек. Единично встречаются подстилочные литобиоморфные многоножки *Lithobius forficatus*.

Редко встречаются дождевые черви. Эта группа представлена *Aporrectodea rosea* и *Aporrectodea s. trapezoides*. Низкая численность дождевых червей (в среднем 0,36 экз./м<sup>2</sup>) свидетельствует об экстремальных условиях, которые существуют в педоземах для типичных обитателей степных чернозёмных почв.

Насекомые, несмотря на низкую численность, очень разнообразны в педоземах. Эта группа составляет всего 17,43% от суммарной численности почвенного населения, но представлена 52 видами (77,61% от общего числа). Самыми богатыми в видовом отношении являются семейства жуличицы (19 видов), чернотелки (8 видов) и дровосеки (4 вида).

С небольшой численностью (0,46–1,83 экз./м<sup>2</sup>), но стабильно в педоземах встречаются мокрицы *Trachelipus rathkii*.

Практически полностью ценоморфическая структура мезофауны педозема представлена степантами (98,01–98,60 % по обилию), таким образом, ценоморфический облик животного

населения изучаемого полигона можно охарактеризовать как моноценотический степной. Среди гигроморф преобладают ксерофилы (65,88%), гораздо меньше мезофилов (33,33%) (табл. 2). Таким образом, гигроморфическая структура населения является мезоксерофильной. В сообществе доминируют мегатрофоценоморфы (83,61%).

В структуре топоморф преобладают эпигейные формы (84,55%). Характерна очень низкая представленность норников (0,40%). В трофической структуре безусловными доминантами являются фитофаги (64,93%). Доля зоофагов составляет 3,56%, а сапрофагов – 31,51%.

Среди форморф доминируют животные, пользующиеся существующей трещиноватостью почвы, размеры тела которых больше полостей в подстилке или соизмеримые с крупными щелями или трещинами в почве (А3 – 83,00%). Несколько меньше животных, которые активно прокладывают ходы с помощью рытья почвы конечностями (В6 – 12,29%).

Эдафические характеристики могут рассматриваться как детерминанты экологического пространства сообщества мезопедобіонтів (табл. 3).

**Таблица 2.**  
**Экоморфическая структура сообщества почвенной мезофауны педозема**  
**(в % от общей численности)**

| Экоморфы      |       | 2012  | 2013  | В среднем |
|---------------|-------|-------|-------|-----------|
| Ценоморфы     | Pr    | 1,05  | 1,61  | 1,03      |
|               | Sil   | 0,35  | 0,38  | 0,73      |
|               | St    | 98,60 | 98,01 | 98,24     |
| Гигроморфы    | Ks    | 63,60 | 49,10 | 65,88     |
|               | Ms    | 35,61 | 49,57 | 33,33     |
|               | Hg    | –     | 0,19  | 0,06      |
|               | UHg   | 0,79  | 1,14  | 0,73      |
| Центрофоморфы | MgTr  | 88,98 | 82,59 | 83,61     |
|               | MsTr  | 2,80  | 6,91  | 4,99      |
|               | OlgTr | –     | 0,09  | 0,03      |
|               | UMgTr | 8,22  | 10,41 | 11,37     |
| Топоморфы     | Anec  | 0,35  | 0,38  | 0,40      |
|               | End   | 9,71  | 12,77 | 15,05     |
|               | Ep    | 89,94 | 86,85 | 84,55     |
| Трофоморфы    | FF    | 62,03 | 49,10 | 64,93     |
|               | SF    | 35,17 | 46,36 | 31,51     |
|               | ZF    | 2,80  | 4,54  | 3,56      |
| Форморфы      | A1    | 0,96  | 0,38  | 1,49      |
|               | A2    | 0,79  | 0,76  | 0,67      |
|               | A3    | 89,15 | 86,28 | 83,00     |
|               | B4    | 0,79  | 0,47  | 1,16      |
|               | B5    | 0,09  | –     | 0,27      |
|               | B6    | 7,61  | 11,92 | 12,29     |
|               | B7    | 0,61  | 0,19  | 1,13      |

**Таблица 3.**  
**Детерминанты экологического пространства почвенной мезофауны (R-таблица)**

| Показатели                                 | 2012    |            | 2013    |            |
|--|---------|------------|---------|------------|
|  | Среднее | Ст. ошибка | Среднее | Ст. ошибка |
| Электропроводность, дСм/м                  |         |            |         |            |
| ЕС   | 0,84    | 0,04       | –       | –          |
| Агрегатная структура, размер агрегатов, мм |         |            |         |            |
| >10  | 9,52    | 0,45       | 7,58    | 0,41       |
| 7–10                                       | 6,44    | 0,21       | 4,92    | 0,18       |
| 5–7  | 7,82    | 0,23       | 7,38    | 0,23       |
| 3–5  | 21,61   | 0,59       | 20,33   | 0,56       |
| 1–3  | 43,04   | 0,91       | 47,89   | 0,87       |

|                                      |       |      |       |      |
|--------------------------------------|-------|------|-------|------|
| 0,5–1                                | 3,42  | 0,16 | 3,25  | 0,14 |
| 0,25–0,5                             | 4,63  | 0,20 | 5,43  | 0,20 |
| <0,25                                | 3,21  | 0,12 | 3,22  | 0,12 |
| Твердость (в МПа) на глубине, в см   |       |      |       |      |
| 0–5                                  | 3,01  | 0,12 | 2,20  | 0,09 |
| 5–10                                 | 4,16  | 0,15 | 3,55  | 0,13 |
| 10–15                                | 4,95  | 0,18 | 4,27  | 0,16 |
| 15–20                                | 5,17  | 0,21 | 4,68  | 0,18 |
| 20–25                                | 5,52  | 0,22 | 4,74  | 0,17 |
| 25–30                                | 5,69  | 0,23 | 5,17  | 0,21 |
| 30–35                                | 5,95  | 0,25 | 5,69  | 0,25 |
| 35–40                                | 6,24  | 0,27 | 5,92  | 0,25 |
| 40–45                                | 6,60  | 0,29 | 6,07  | 0,25 |
| 45–50                                | 6,95  | 0,31 | 6,34  | 0,24 |
| Фитоиндикационные шкалы Д.Н.Цыганова |       |      |       |      |
| Tm                                   | 10,09 | 0,00 | 10,09 | 0,01 |
| Kn                                   | 10,47 | 0,01 | 10,44 | 0,01 |
| Om                                   | 6,96  | 0,01 | 6,95  | 0,01 |
| Cr                                   | 9,18  | 0,01 | 9,18  | 0,01 |
| Hd                                   | 7,82  | 0,00 | 7,69  | 0,02 |
| Tr                                   | 6,69  | 0,01 | 6,74  | 0,01 |
| Nt                                   | 6,23  | 0,01 | 6,40  | 0,01 |
| Rc                                   | 10,09 | 0,00 | 10,05 | 0,00 |
| Lc                                   | 0,93  | 0,00 | 0,93  | 0,00 |

Агрегатная структура педоземов на глубине 0–10 см представлена в наибольшей степени мезоагрегатами, среди которых преобладают агрегаты размером 1–3 и 3–5 мм.

Твердость почвы демонстрирует однотипный паттерн профильной изменчивости за два изученных года (корреляция твердости по профилю –  $r=0,98$ ,  $p=0,001$ ).

Для твердости почвы в изучаемом участке характерно монотонное увеличение с ростом глубины. В верхнем почвенном слое твердость в среднем составляет 2,2–3,01 МПа, а в нижнем – 6,34–6,95 МПа. Средние значения твердости почвы в пределах изучаемого полигона в период проведенных исследований превышают критические для роста корневых систем растений (3–3,5 МПа) (Медведев, 2009) уже начиная с верхних почвенных слоев. Это позволяет предположить высокое структурирующее влияние пространственной вариабельности твердости почвы на организацию почвенного животного населения.

Электропроводность почвы в среднем составляет 0,84 дСм/см и характеризуется коэффициентом вариации 57,04%. Максимальные значения могут достигать уровня 1,92 дСм/м, что соответствует уровню негативного воздействия на растительность высоких концентраций электролитов – 1,5–2,0 дСм/м (Смагин и др., 2006).

Тип растительности экспериментального участка с педоземом можно охарактеризовать как неморальный/субсредиземноморский (в среднем по сообществу  $Tm=10,09$ ) с фитоиндикационной оценкой обеспечения теплом 50,45 ккал/см<sup>2</sup>\*см\*год. Режим континентальности можно оценить как материковый/субконтинентальный ( $Kn=10,44$ –10,47). Гумидность климата по данным фитоиндикации можно оценить как субаридную. В среднем значение Om-шкалы находится на уровне 6,96, что соответствует разнице между осадками и испарением – 202,05 мм/год. Как отмечено в работе Г.Н.Лысенко (Лысенко та ін., 2010), морозность климата является одним из важнейших лимитирующих экологических факторов, который прямо влияет на пространственное распределение видов в растительных группировках, так как во многих случаях именно условия перезимовки определяют возможность произрастания растений в том или ином экотопе. Значения Cr-фактора для растительности на педоземах составляет 9,18, что соответствует температуре самого холодного месяца –3,01°C. Режим гумидности для исследованных растительных сообществ на педоземах находится на уровне 7,69–7,82, что дает основания отнести их к среднестепной экологической группе. Фитоиндикация общего солевого режима участка рекультивации позволила установить, что педоземы можно отнести к категории небогатых почв/довольно богатых почв – значение Tr-фактора составляет 6,69–6,74. По фитоиндикационному оцениванию уровень азотного питания педоземов можно определить как бедных азотом почв/достаточно обеспеченных азотом почв (средний уровень



Nt=6,23–6,40). Педоземы можно отнести к группе нейтральных почв/слабощелочных почв (Rc=10,05–10,09). По режиму освещения педоземы можно отнести к категории почв открытых пространств (Lc=0,93).

Для оценки роли экоморф в описании пространственной организации сообществ мезопедобионтов в качестве детерминантов экологического пространства использовались эдафические показатели, установленные в точках отбора почвенно-зоологических проб в 2012 и 2013 гг. (табл. 4). RLQ-анализ проведен отдельно для результатов, полученных за эти два года, что дает возможность получить представление о стационарности паттернов взаимосвязи структуры сообщества, эдафических характеристик и экоморфической структуры.

Таблица 4.

Результаты RLQ-анализа сообщества мезопедобионтов (за 2012 и 2013 гг.) (корреляция RLQ-осей и элементов R и Q таблиц)

| Показатели                                 | 2012  |       | 2013  |       |
|--|-------|-------|-------|-------|
|  | RLQ1  | RLQ2  | RLQ1  | RLQ2  |
| <b>Элементы R-таблицы</b>                  |       |       |       |       |
| Электропроводность, дСм/м                  |       |       |       |       |
| EC   | -0,38 | 0,16  | –     | –     |
| Агрегатная структура, размер агрегатов, мм |       |       |       |       |
| >10  | 0,09  | -0,11 | -0,16 | -0,57 |
| 7–10                                       | 0,18  | -0,18 | -0,03 | -0,72 |
| 5–7  | 0,19  | 0,01  | 0,01  | -0,79 |
| 3–5  | 0,02  | 0,12  | 0,49  | -0,55 |
| 1–3  | -0,41 | 0,17  | -0,11 | 0,81  |
| 0,5–1                                      | 0,51  | -0,19 | -0,12 | 0,43  |
| 0,25–0,5                                   | 0,34  | -0,18 | -0,37 | 0,33  |
| <0,25                                      | 0,23  | -0,14 | -0,25 | 0,10  |
| Твердость (в МПа) на глубине, в см         |       |       |       |       |
| 0–5  | 0,24  | 0,42  | -0,53 | 0,00  |
| 5–10                                       | 0,15  | 0,58  | -0,62 | -0,12 |
| 10–15                                      | 0,24  | 0,77  | -0,67 | -0,15 |
| 15–20                                      | 0,23  | 0,84  | -0,78 | -0,04 |
| 20–25                                      | 0,20  | 0,89  | -0,81 | 0,15  |
| 25–30                                      | 0,36  | 0,86  | -0,80 | 0,29  |
| 30–35                                      | 0,29  | 0,91  | -0,78 | 0,31  |
| 35–40                                      | 0,24  | 0,91  | -0,72 | 0,30  |
| 40–45                                      | 0,20  | 0,90  | -0,64 | 0,30  |
| 45–50                                      | 0,23  | 0,88  | -0,68 | 0,33  |
| Фитоиндикационные шкалы Д.Н.Цыганова       |       |       |       |       |
| Tm   | 0,20  | 0,26  | -0,02 | -0,39 |
| Kn   | -0,58 | 0,16  | -0,10 | -0,25 |
| Om   | 0,24  | -0,04 | 0,05  | 0,14  |
| Cr   | 0,52  | -0,08 | 0,13  | 0,16  |
| Hd   | 0,14  | 0,01  | -0,20 | -0,38 |
| Tr   | -0,07 | -0,28 | 0,01  | -0,29 |
| Nt   | 0,22  | -0,23 | 0,25  | 0,48  |
| Rc   | 0,57  | 0,03  | 0,23  | 0,45  |
| Lc   | 0,62  | -0,18 | -0,07 | 0,51  |
| Экоморфы растений А.Л.Бельгарда            |       |       |       |       |
| Hygr                                       | 0,41  | -0,17 | 0,21  | 0,63  |
| Troph                                      | -0,41 | 0,33  | 0,01  | 0,18  |
| St   | -0,63 | 0,12  | -0,21 | -0,46 |
| Pr   | 0,55  | -0,03 | 0,21  | 0,46  |
| Hel  | -0,43 | 0,07  | -0,02 | -0,04 |
| <b>Элементы Q-таблицы</b>                  |       |       |       |       |
| Ценоморфы почвенных животных               |       |       |       |       |
| St   | 0,08  | 0,04  | 0,08  | -0,83 |

|                                  |       |       |       |       |
|----------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| Pr                               | -0,08 | 0,19  | -0,08 | 0,83  |
| Гигроморфы почвенных животных    |       |       |       |       |
| Ks                               | -0,06 | -0,10 | -0,89 | -0,19 |
| Ms                               | -0,83 | 0,41  | -0,90 | -0,02 |
| Hg                               | 0,83  | -0,41 | -0,05 | 0,80  |
| Центрофоморфы почвенных животных |       |       |       |       |
| MsTr                             | -0,12 | 0,03  | -0,22 | 0,65  |
| MgTr                             | 0,26  | -0,24 | 0,38  | -0,72 |
| UMgTr                            | -0,23 | 0,28  | -0,29 | 0,35  |
| Топоморфы почвенных животных     |       |       |       |       |
| Ep                               | 0,76  | 0,54  | 0,62  | 0,04  |
| End                              | -0,76 | -0,54 | -0,62 | -0,04 |
| Форморфы почвенных животных      |       |       |       |       |
| A1                               | -0,14 | 0,09  | -0,06 | 0,01  |
| A2                               | -0,09 | 0,13  | -0,09 | -0,04 |
| A3                               | 0,78  | 0,50  | 0,62  | 0,04  |
| B4                               | -0,19 | 0,05  | -0,10 | 0,12  |
| B6                               | -0,70 | -0,62 | -0,60 | -0,06 |
| B7                               | -0,15 | -0,03 | -0,06 | 0,02  |
| Трофоморфы почвенных животных    |       |       |       |       |
| ZF                               | -0,05 | 0,32  | -0,08 | 0,26  |
| FF                               | -0,81 | 0,35  | -0,89 | -0,15 |
| SF                               | 0,83  | -0,47 | 0,93  | 0,05  |

Условные обозначения: см. табл. 1.

Установлено, что в 2012 г. 76,06% общей вариации (общей инерции) описывают первые две оси RLQ (55,35 и 20,71% соответственно), а в 2013 г. первые две оси в сумме описывали 87,28% инерции (77,79 и 9,49% соответственно). Процедура *randtest* подтвердила значимость результатов RLQ-анализа на  $p$ -уровне 0,02 и 0,01 соответственно.

Анализ приведенных в таблице данных свидетельствует о важной роли агрегатной структуры как маркера условий, которые формируются в почве как среде обитания почвенной мезофауны. Существенное значение для почвенной мезофауны имеют агрегаты размером 1–3 мм, а также 0,25–0,5 и 0,5–1 мм (в 2012 г.). В 2013 г. высокими коэффициентами корреляции с RLQ-осью характеризуются агрегаты размером 3–5 мм, а также <0,25 и 0,25–0,5 мм. Твердость почвы также является важным маркером, который указывает на особенности почвы как среды обитания и выступает как существенный фактор, структурирующий экологическую нишу сообщества почвенных беспозвоночных. Однако следует отметить, что характер воздействия твердости почвы значительно различается по годам. Общим является синхронная изменчивость твердости по всем измеренным глубинам, за исключением аспекта изменчивости, описываемого RLQ-осью 2 в 2013 г. Из фитоиндикационных шкал погодичной регулярностью как маркеры экологической обстановки почвенной мезофауны характеризуются шкалы азотного питания и кислотности.

### Заключение

Высокий уровень видового разнообразия почвенной мезофауны (67 видов) искусственного почвоподобного тела – педозёма – даёт основания рассматривать животное население как важный источник информации об особенностях процесса почвообразования. Экологические свойства животного населения выражены в терминах экоморфической структуры. Экоморфы почвенных животных можно рассматривать как генерализации, которые ранжируют мезопедобионтов по некоторому критерию. Эти критерии (влажность и трофность эдафотопы, характер питания животных, предпочитаемый почвенный ярус, способ передвижения, участие в том или ином типе круговорота веществ) имеют функциональный характер, что позволяет придавать экоморфической структуре функциональный смысл. Маркеры функций почвенной биоты обладают диагностической ценностью.

Полученные результаты вскрывают характер экологических связей в педоземе как почвоподобном теле, которое находится на начальных фазах почвообразования. Важным является то, что именно экоморфы как система показателей позволили выявить и содержательно интерпретировать взаимосвязи животного населения, эдафотопы и растительного покрова.

Установлено, що ценоморфічний облик животного населення педозема являється моноценоцистичним степним. Гигроморфічна структура населення являється мезоксерофільною. В сообществе доминируют мегатрофоценоморфы, в структуре топоморф преобладают эпигейные формы, в трофической структуре безусловными доминантами являются фитофаги. Среди форм доминируют животные, пользующиеся существующей трещиноватостью почвы, размеры тела которых больше полостей в подстилке или соизмеримые с крупными щелями или трещинами в почве.

В пределах изучаемого полигона сообщество почвенной мезофауны распределено не случайным образом. Это распределение детерминировано эдафическими свойствами и может быть интерпретировано с помощью анализа функциональной значимости экоморф.

Установленные зависимости экоморфической структуры почвенной мезофауны от эдафических свойств педозёмов являются обоснованием применения экоморфического направления для зоологической диагностики антропогенных почв.

### Список литературы

- Андроханов В.А., Куляпина Е.Д., Курачев В.М. Почвы техногенных ландшафтов: генезис и эволюция. – Новосибирск Изд-во СО РАН, 2004. – 151с. /Androkhonov V.A., Kulyapina Ye.D., Kurachev V.M. Pochvy tekhnogennykh landshaftov: genezis i evolyutsiya. – Novosibirsk Izd-vo SO RAN, 2004. – 151s./
- Андрусевич К. Різноманіття тваринного населення (мезофауна) техноземів Нікопольського марганцеворудного басейну // Вісник Львівського ун-ту. Серія біологічна. – 2014а. – Вип.65. – С. 273–287. /Andrusevich K. Riznomanittya tvarynnogo naselennya (mezofauna) tekhnozemiv Nikopolskogo margantsevorudnogo basseynu // Visnyk Lvivskogo un-tu. Seriya biologichna. – 2014a. – Vyp.65. – S. 273–287./
- Андрусевич Е.В. Экологическое пространство животного населения дерново-литогенных почв на красно-бурых глинах // Грунтознавство. – 2014б. – Т.15, № 1–2. – С. 120–134. /Andrusevich Ye.V. Ekologicheskoye prostranstvo zhitvotnogo naseleniya dernovo-litogennykh pochv na krasno-burykh glinakh // Gruntoznavstvo. – 2014b. – T.15, № 1–2. – S. 120–134./
- Бельгард А.Л. Лесная растительность юго-востока УССР. – Киев: Изд-во КГУ, 1950. – 263с. /Belgard A.L. Lesnaya rastitelnost yugo-vostoka USSR. – Kiyev: Izd-vo KGU, 1950. – 263s./
- Бельгард А.Л., Травлеев А.П. Роль почвенной фауны в индикации эдафотопов // Проблемы и методы биологической диагностики и индикации почв. – М.: Изд-во МГУ, 1980. – С. 155–163. /Belgard A.L., Travleyev A.P. Rol' pochvennoy fauny v indikatsii edafotopov // Problemy i metody biologicheskoy diagnostiki i indikatsii pochv. – M.: Izd-vo MGU, 1980. – S. 155–163./
- Гиляров М.С. Зоологический метод диагностики почв. – М.: Наука, 1965. – 276с. /Gilyarov M.S. Zoologicheskii metod diagnostiki pochv. – M.: Nauka, 1965. – 276s./
- Докучаев В.В. Русский чернозем. – М.-Л.: «Сельхозгиз», 1936. – 440с. /Dokuchayev V.V. Russkiy chernozem. – M.-L.: "Selkhozgiz", 1936. – 440s./
- Єстеревська Л.В., Момот Г.Ф., Лехцієр Л.В. Рекультивовані ґрунти: підходи до класифікації та систематики // Грунтознавство. – 2008. – Т.9, № 3–4. – С. 147–150. /Yeterevska L.V., Momot G.F., Lekhtsier L.V. Rekul'tyovani grunty: pidkhody do klasyfikatsii ta systematyky // Gruntoznavstvo. – 2008. – T.9, № 3–4. – S. 147–150./
- Жуков А.В. Гигроморфы почвенных животных и их диагностическое значение для установления гигротопов // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – Донецк: ДонНУ, 2006. – Вып.6. – С. 113–130. /Zhukov A.V. Gigromorfy pochvennykh zhitvotnykh i ikh diagnosticheskoye znacheniye dlya ustanovleniya gigrotopov // Problemy ekologiyi i okhrany prirody tekhnogennogo regiona. – Donetsk: DonNu, 2006. – Vyp.6. – S. 113–130./
- Жуков А.В. Зоологическая диагностика почв на основе анализа трофической структуры почвенной мезофауны степного Приднепровья // Экология и ноосферология. – 2003. – Т.13, № 1–2. – С. 104–112. /Zhukov A.V. Zoologicheskaya diagnostika pochv na osnove analiza troficheskoy struktury pochvennoy mezofauny stepnogo Pridneprovya // Ekologiya i noosferologiya. – 2003. – T.13, № 1–2. – S. 104–112./
- Жуков О.В. Екоморфи Бельгарда–Акімова та екологічні матриці // Екологія та ноосферологія. – 2010. – Т.21, № 3–4. – С. 109–111. /Zhukov O.V. Ekomorfy Belgarda–Akimova ta ekologichni matrytsi // Ekologiya ta noosferologiya. – 2010. – T.21, № 3–4. – S. 109–111./
- Жуков О.В. Екоморфічний аналіз консорцій ґрунтових тварин. – Д.: Вид-во «Свідлер А. Л.», 2009. – 239с. /Zhukov O.V. Ekomorfichnyy analiz konsortsiy gruntovykh tvaryn. – D.: Vyd-vo «Svidler A. L.», 2009. – 239s./
- Жуков О.В., Пахомов О.Є., Кунах О.М. Біологічне різноманіття України. Дніпропетровська область. Дошові черв'яки (Lumbricidae). – Д.: Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту, 2007. – 371с. /Zhukov O.V., Pakhomov O.Ye., Kunakh O.M. Biologichne riznomanittya Ukrainy. Dnipropetrovska oblast. Doshchovi cherv'yaki (Lumbricidae). – D.: Vyd-vo Dniiprotr. nats. un-tu, 2007. – 371s./
- Жуков О.В., Кунах О.М., Балюк Ю.О. Просторове варіювання екоморфічної структури ґрунтової мезофауни лісопаркового насадження (на прикладі парку в межах м. Дніпропетровська) // Вісник Львівського національного університету. Серія Біологічна. – 2014. – Вип.65. – С. 224–237. /Zhukov O.V., Kunakh O.M., Balyuk Yu.O. Prostorove varyuvannya ekomorfichnoi struktury gruntovoi mezofauny lisoparkovogo nasadzhennya (na priklyadi parku v mezhakh m. Dnipropetrovska) // Visnyk Lvivskogo natsional'nogo universytetu. Seriya Biologichna. – 2014. – Vyp.65. – S. 224–237. /

prykladi parku v mezhah m. Dnipropetrovska) // Visnyk Lvivskogo natsionalnogo universytetu. Seriya Biologichna. – 2014. – Vyp.65. – S. 224–237./

Кунах О.Н., Прокопенко Е.В., Жуков А.В. Экоморфическая организация сообществ пауков степной зоны Украины // Грунтознавство. – 2014. – Т.14, №2. – С. 101–119. /Kunah O.N., Prokopenko Ye.V., Zhukov A.V. Ekomorficheskaya organizatsiya soobshchestv paukov stepnoy zony Ukrainy // Gruntoznavstvo. – 2014. – T.14, №2. – S. 101–119./

Лисенко Г.М., Данилик І., Борсукевич Л. Порівняльна синфітоіндикаційна оцінка подільських лучних степів // Вісник Львівського університету. Серія біологічна. – 2010. – Вип.53. – С. 9–18. /Lysenko G.M., Danylyk I., Borsukeyvych L. Porivnyalna synfitoindykatsiyna otsinka podilskykh luchnykh stepiv // Visnyk Lvivskogo universytetu. Seriya biologichna. – 2010. – Vyp.53. – S. 9–18./

Медведев В.В. Твердость почвы. – Харьков: Изд. КП «Городская типография», 2009. – 152с. /Medvedev V.V. Tverdost pochvy. – Kharkov: Izd. KP «Gorodskaya tipografiya», 2009. – 152s./

Мордкович В.Г. Зоологическая диагностика почв лесостепной и степной зон Сибири. – Новосибирск: Наука, 1977. – 110с. /Mordkovich V.G. Zoologicheskaya diagnostika pochv lesostepnoy i stepnoy zon Sibiri. – Novosibirsk: Nauka, 1977. – 110s./

Мордкович В.Г. Зоологическая диагностика почв: императивы, предназначение и место в составе почвенной зоологии и почвоведения // Журнал общей биологии. – 2013. – Т.74, №6. – С. 463–471. /Mordkovich V.G. Zoologicheskaya diagnostika pochv: imperativy, prednaznacheneye i mesto v sostave pochvennoy zoologii i pochvovedeniya // Zhurnal obshchey biologii. – 2013. – T.74, №6. – S. 463–471./

Прокопенко Е.В., Кунах О.Н., Жуков А.В. Экоморфическая организация сообществ пауков степной зоны Украины // Проблемы почвенной зоологии. – М.: Т-во научных изданий КМК. – 2014. – С. 174–176. /Prokopenko Ye.V., Kunakh O.N., Zhukov A.V. Ekomorficheskaya organizatsiya soobshchestv paukov stepnoy zony Ukrainy // Problemy pochvennoy zoologii. – M.: T-vo nauchnykh izdaniy KMK. – 2014. – S. 174–176./

Прокопенко Е.В., Жуков А.В. Разнообразие герпетобийных беспозвоночных на экспериментальном участке рекультивации земель, нарушенных горнодобывающей промышленностью // Проблеми екології та охорони природи техногенного регіону. – 2011. – №1 (11) – С. 172–187. /Prokopenko Ye.V., Zhukov A.V. Raznoobraziye gerpetobiontnykh bespozvonochnykh na eksperimentalnom uchastke rekultivatsii zemel, narushennykh gornodobyvayushchey promyshlennostyu // Problemy ekologii ta okhorony pryrody tekhnogennoho regionu. – 2011. – №1 (11) – S. 172–187./

Смагин А.В., Азовцева Н.А., Смагина М.В. и др. Некоторые критерии и методы оценки экологического состояния почв в связи с озеленением городских территорий // Почвоведение. – 2006. – №5. – С. 603–615. /Smagin A.V., Azovtseva N.A., Smagina M.V. i dr. Nekotoryye kriterii i metody otsenki ekologicheskogo sostoyaniya pochv v svyazi s ozeleneniyem gorodskikh territoriy // Pochvovedeniye. – 2006. – №5. – S. 603–615./

Сумароков А.М. Восстановление биотического потенциала биогеоценозов при уменьшении пестицидной загрузки. – Донецк: изд-во «Вебер», 2009. – 193с. /Sumarokov A.M. Vosstanovleniye bioticheskogo potentsiala biogeotsenozov pri umenshenii pestitsidnoy zagruzki. – Donetsk: izd-vo «Veber», 2009. – 193s./

Тарасов В.В. Флора Дніпропетровської та Запорізької областей. Судинні рослини. Біологоекологічна характеристика видів. – Д.: Вид-во ДНУ, 2005. – 276с. /Tarasov V.V. Flora Dnipropetrovskoi ta Zaporizkoi oblastey. Sudynni roslyny. Biologoeekologichna kharakterystyka vydiv. – D.: Vyd-vo DNU, 2005. – 276s./

Balashov I.A., Kramarenko S.S., Zhukov A.V. et al. Contribution to the knowledge of terrestrial mollusks in southeastern Ukraine // Malacologica Bohemoslovaca. – 2013. – Vol.12. – P. 62–69.

de Jong Y., Verbeek M., Michelsen V. et al. Fauna Europaea – all European animal species on the web // Biodiversity Data Journal 2. – 2014. – e4034. doi: 10.3897/BDJ.2.e4034.

Kirby K.N., Gerlanc D. BootES: An R package for bootstrap confidence intervals on effect sizes // Behavior Research Methods. – 2013. – Vol.45. – P. 905–927.

Pennisi B.V., van Iersel M. 3 ways to measure medium EC // GMPPro. – 2002. – Vol.22 (1). – P. 46–48.

**Представлено: О.Є.Пахомов / Presented by: A.Ye.Pakhomov**

**Рецензент: Д.А.Шабанов / Reviewer: D.A.Shabanov**

*Подано до редакції / Received: 22.10.2014*