

**XX СОВЕЩАНИЕ ПО ПОЧВЕННОЙ  
ЗООЛОГИИ И ЭКОЛОГИИ**  
14-18 сентября 2026 г.  
г. Екатеринбург

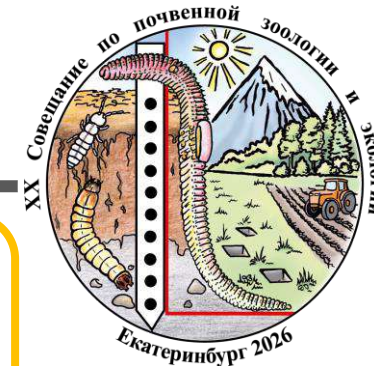
**ПОВЕДЕНЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ РЕГУЛЯЦИИ  
ВНУТРИ- И МЕЖВИДОВЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ  
У ПОЧВООБИТАЮЩИХ КОЛЛЕМБОЛ (COLLEMBOLA)  
В УСЛОВИЯХ ЭКСПЕРИМЕНТА**



**1. ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ:**  
ПОЧЕМУ ПОВЕДЕНИЕ КОЛЛЕМБОЛ —  
ЭТО ОДИН ИЗ КЛЮЧЕЙ  
К ПОНИМАНИЮ ПОЧВЕННЫХ  
СООБЩЕСТВ

*Bionychiurus normalis* (Gisin, 1949)

# АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ



## ПОВЕДЕНЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ РЕГУЛЯЦИИ ВНУТРИ- И МЕЖВИДОВЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ У ПОЧВООБИТАЮЩИХ КОЛЛЕМБОЛ (COLLEMBOLA) В УСЛОВИЯХ ЭКСПЕРИМЕНТА

### ПОЧВЕННАЯ ЗООЛОГИЯ

**Коллемболы** – одна из самых древних, массовых и разнообразных групп почвенных микроартропод, представляют собой **замечательный модельный объект** для изучения поведенческих механизмов регуляции популяций и сообществ.

### ЭТОЛОГИЯ

**Поведение** – тонкий механизм взаимодействия особи со средой и друг с другом, в том числе в аспекте формирования **пространственной структуры** популяций и сообществ. Поведение особи – это мост между отдельной особью и экосистемным уровнем организации жизни в почве.

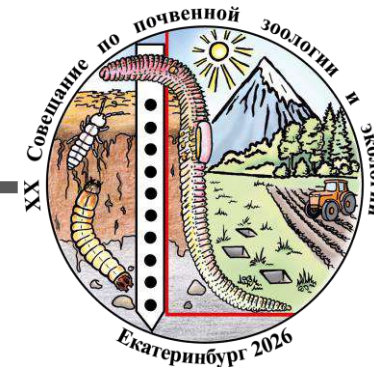
### ХИМИЧЕСКАЯ ЭКОЛОГИЯ

Для почвенных животных, обитающих в трёхмерной, оптически непрозрачной среде, **химическая и тактильная коммуникация** приобретает первостепенное значение.



Современное состояние проблемы и результаты экспериментальных исследований этологических аспектов формирования агрегаций у коллембол в условиях лаборатории, выполненных на базе кафедры биологии, экологии и методик обучения НГПУ им. К.Минина

# АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ



Трофическая агрегация  
*Onychiurus stachianus* в  
условиях зоокультуры



Скопление *Podura aquatica* на  
урезе воды озера Большое  
Сосновского района  
Нижегородской области

Одной из ключевых характеристик сообществ педобионтов является их **пространственная конфигурация**. **Агрегированное распределение** – одна из наиболее характерных черт пространственной организации популяций **коллембол**.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ПОВЕДЕНИЯ КОЛЛЕМБОЛ: КЛЮЧЕВЫЕ НАУЧНЫЕ ШКОЛЫ И ЦЕНТРЫ

### 1. АМСТЕРДАМСКАЯ (НИДЕРЛАНДЫ)

Дала **базовые экспериментальные модели** изучения агрегационного поведения коллембол и его экологической роли, экспериментально доказано существование **агрегационных феромонов**.

- **Els N. G. Joosse**  
- Herman A. Verhoef  
- C. J. Nagelkerke  
- Z. V. Zizzari  
(1970, 1977, 1984)

### 2. ГРИННЕЛЛСКАЯ (США, АЙОВА)

Ключевой центр в мировой коллембологии, сочетавший **эволюционный и поведенческий** подходы. Исследования **агрегации, дисперсии и эволюции поведения** у пещерных видов.

**Kenneth A. Christiansen**  
(1967, 1970, 1972, 1992)

### 3. ФРАНЦУЗСКАЯ (ПАРИЖ)

Современный центр изучения **химической экологии коллембол**, где исследования ведутся на стыке химии природных соединений, **этологии** и экологии почв.

- Sandrine Salmon  
- Cyrille D'Haese  
- Jean-François Ponge  
(2019)

# АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ

ISSN 0013-8738, Entomological Review, 2015, Vol. 95, No. 5, pp. 557–577. © Pleiades Publishing, Inc., 2015.  
Original Russian Text © A.K. Saraeva, M.B. Potapov, N.A. Kuznetsova, 2015, published in Zoologicheskii Zhurnal, 2015, Vol. 94, No. 5, pp. 517–537.

## Different-Scale Distribution of Collembola in Homogenous Ground Vegetation: Sphagnum Moss

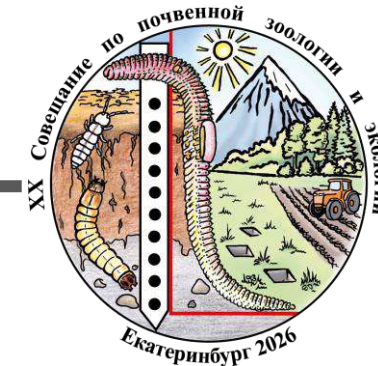
A. K. Saraeva<sup>a</sup>, M. B. Potapov<sup>b</sup>, and N. A. Kuznetsova<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Institute of Forest, Karelian Scientific Center, Russian Academy of Sciences, Petrozavodsk, 185910 Russia  
e-mail: saraeva68@inbox.ru

<sup>b</sup>Moscow Pedagogical State University, Moscow, 129164 Russia  
e-mail: mpnk@yandex.ru

Received February 25, 2014

**Abstract**—Patterns of spatial distribution of Collembola were studied in sphagnum pine forests (Karelia, northwest of European Russia) in habitats of the same type using plots varying in area from 1 dm<sup>2</sup> to 100 m<sup>2</sup>. The fractal de-



### КЛЮЧЕВАЯ МЫСЛЬ

**Агрегации коллембол** – это **видеспецифичный поведенческий признак**, устойчивый во времени и пространстве.

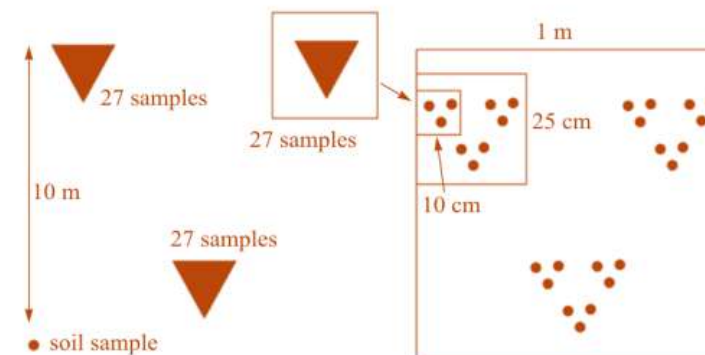


**Рис.1.** Вложенный фрактальный дизайн отбора проб для изучения пространственного распределения коллембол на разных масштабных уровнях: крупном (10 м), среднем (1 м), мелком (25 см) и микро-масштабе (10 см) (Saraeva et al., 2015)

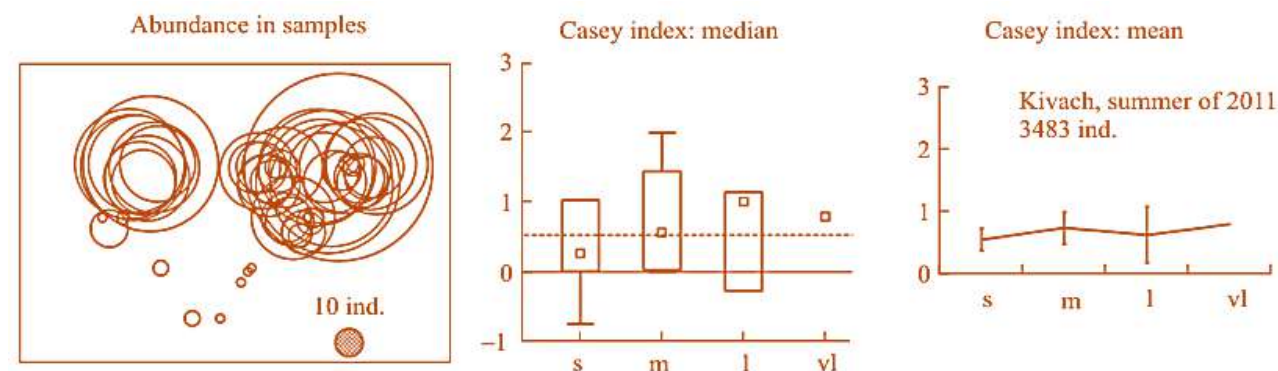


**Рис. 2.** Пространственное распределение *X. armatus* летом 2011 г. Пунктирная линия на уровне 0,5 на диаграммах размаха обозначает произвольную границу между «непрерывным» и «пятнистым» типами распределения. Размер скоплений: s — малые (8 см<sup>2</sup>); m — средние (1 дм<sup>2</sup>), l — большие (6 дм<sup>2</sup>), vl — очень большие (1 м<sup>2</sup>) (Saraeva et al., 2015).

Авторы выделяют **два принципиальных типа** распределения коллембол:

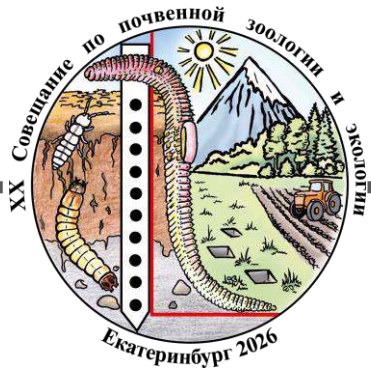
**непрерывный**

⇒ **случайное** или **слабо агрегированное**, с высоким уровнем встречаемости вида во всех пробах; агрегации не имеют иерархии, слабо выражены.

**пятнистый**

⇒ с чётко **выраженными агрегациями** разного размера, имеющими иерархическую организацию (до трёх уровней: **от 1 дм<sup>2</sup> до 100 м<sup>2</sup>**). Встречаемость вида в пробах средняя или низкая.

# АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ



Biology and Fertility of Soils (2019) 55:425–438  
<https://doi.org/10.1007/s00374-019-01365-8>

REVIEW



## Chemical communication in springtails: a review of facts and perspectives

Sandrine Salmon<sup>1</sup> · Sylvie Rebuffat<sup>2</sup> · Soizic Prado<sup>2</sup> · Michel Sablier<sup>3</sup> · Cyrille D'Haese<sup>1</sup> · Jian-Sheng Sun<sup>4</sup> · Jean-François Ponge<sup>1</sup>

Received: 6 January 2019 / Revised: 20 March 2019 / Accepted: 15 April 2019 / Published online: 20 May 2019  
© Springer-Verlag GmbH Germany, part of Springer Nature 2019

### Abstract

The present knowledge on chemical communication in springtails (Collembola), one of the two most abundant invertebrate groups living in soil and environments in tight contact with soil (e.g. plant litter, moss), is reviewed here. Chemical communi-

## ХИМИЧЕСКИЕ СИГНАЛЫ КОЛЛЕМБОЛ

### ВНУТРИВИДОВЫЕ

**Феромоны** – внутривидовые соединения, способные действоаать вне тела выделяющей особи, влияя на поведение особи-реципиента того же вида (Karlson & Luscher, 1959)

- половые,
  - тревоги,
  - **агрегации**,
  - следовые,
  - метки и др
- (Телитченко, Остроумов, 1990)

### МЕЖВИДОВЫЕ

**Аллелохимикаты** – межвидовые молекулы, группирующиеся в зависимости от выгоды, которую они приносят и продуценту, и реципиенту (Wilson & Bussert, 1963; Schorey, 1973)

- алломоны,
  - кайромоны,
  - **синомоны**.
- (Sbarbati & Osculati, 2006)

## КЛЮЧЕВАЯ МЫСЛЬ

Химическая коммуникация у коллембол **на межвидовом уровне** практически не изучена.

**Таблица 1.** Исследования феромонов агрегации у коллембол (Salmon et al., 2019)

| Order            | Superfamily     | Species name                   | Literature source                                      |
|------------------|-----------------|--------------------------------|--------------------------------------------------------|
| Poduromorpha     | Hypogastruridae | <i>Hypogastrura viatica</i>    | Mertens and Bourgoignie (1977)                         |
|                  | Neanuridae      | <i>Anurida maritima</i>        | Manica et al. (2001)                                   |
|                  | Neanuridae      | <i>Friesia grisea</i>          | Benoit et al. (2009)                                   |
|                  | Onychiuridae    | <i>Protaphorura armata</i>     | Joesse (1970), Joesse and Koelman (1979)               |
| Entomobryomorpha | Entomobryidae   | <i>Entomobrya nivalis</i>      | Joesse (1970)                                          |
|                  | Entomobryidae   | <i>Heteromurus nitidus</i>     | Krool and Bauer (1987)                                 |
|                  | Entomobryidae   | <i>Lepidocyrtus cyaneus</i>    | Joesse (1970)                                          |
|                  | Entomobryidae   | <i>Orchesella cincta</i>       | Mertens and Bourgoignie (1977), Verhoef et al. (1977a) |
|                  | Entomobryidae   | <i>Orchesella villosa</i>      | Verhoef et al. (1977a)                                 |
|                  | Tomoceridae     | <i>Tomocerus minor</i>         | Joesse (1970), Verhoef et al. (1977a)                  |
|                  | Isotomidae      | <i>Cryptopygus antarcticus</i> | Benoit et al. (2009)                                   |
|                  | Isotomidae      | <i>Folsomia candida</i>        | Leonard and Bradbury (1984)                            |
|                  | Isotomidae      | <i>Isotoma viridis</i>         | Joesse (1970)                                          |
|                  | Isotomidae      | <i>Isotomurus palustris</i>    | Joesse (1970)                                          |

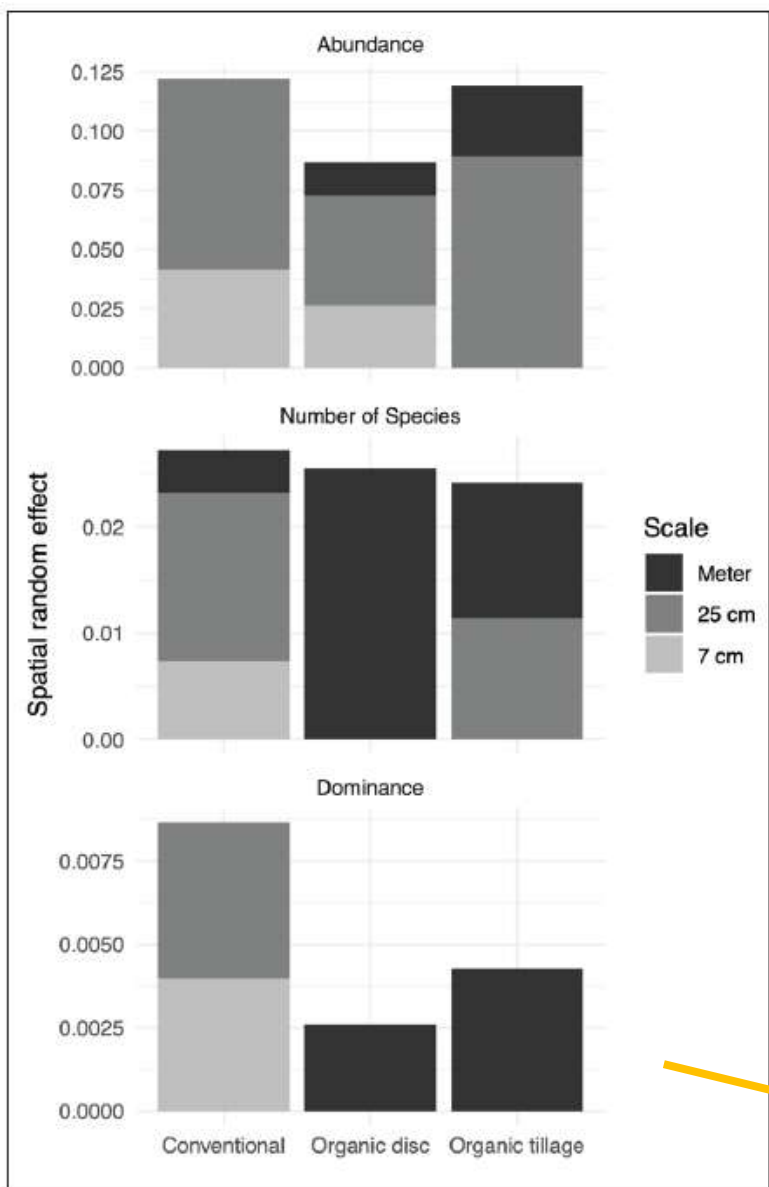
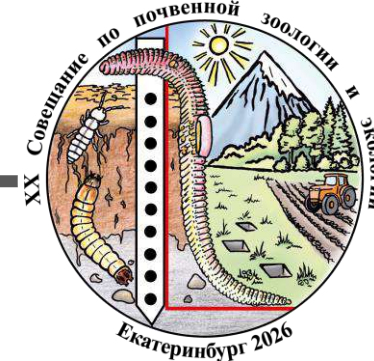


*Symphypleona*



*Neelipleona*

# АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ



## Organic farming and moderate tillage change the dominance and spatial structure of soil Collembola communities but have little effects on bulk abundance and species richness

Mikhail B. Potapov<sup>1,\*</sup>, Anna I. Bokova<sup>1</sup>, Charlene Janion-Scheepers<sup>2,3</sup>, Natalia A. Kuznetsova<sup>1</sup>, Miryam S. Merk<sup>4,\*</sup>, Ksenia S. Panina<sup>1</sup>, Anton M. Potapov<sup>5, 6, 7</sup> and Anna K. Saraeva<sup>8</sup>

<sup>1</sup> Moscow State Pedagogical University, Institute of Biology and Chemistry, Kibalchicha str. 6k3 129164 Moscow, Russia

<sup>2</sup> University of Cape Town, Department of Biological Sciences, Rondebosch, 7701, Private Bag x3, South Africa

<sup>3</sup> Iziko Museums of South Africa, PO Box 61, Cape Town, 8000, South Africa

<sup>4</sup> Chairs of Statistics and Econometrics, University of Goettingen, Humboldtallee 3, 37073 Göttingen, Germany

<sup>5</sup> Johann Friedrich Blumenbach Institute of Zoology and Anthropology, University of Göttingen, Untere Karspüle 2, 37073 Göttingen, Germany

<sup>6</sup> German Centre for Integrative Biodiversity Research (iDiv) Halle-Jena-Leipzig, Puschstraße 4, 04103 Leipzig, Germany

<sup>7</sup> University of Leipzig, Puschstraße 4, 04103 Leipzig, Germany

<sup>8</sup> Forest Research Institute, Karelian Research Center, Russian Academy of Sciences, Petrozavodsk, 185910 Russia

\* Corresponding authors: mpnk-abroad@yandex.ru, miryamsarah.merk@uni-goettingen.de

Received 18 November 2021 | Accepted 15 July 2022

Published online at [www.soil-organisms.de](http://www.soil-organisms.de) 1 August 2022 | Printed version 15 August 2022

DOI 10.25674/so94iss2id173

### КЛЮЧЕВОЙ ВЫВОД

Отдельные особи регулируют своё пространственное распределение в почве с разной степенью механического нарушения «здесь и сейчас», с помощью **поведенческих адаптаций**.

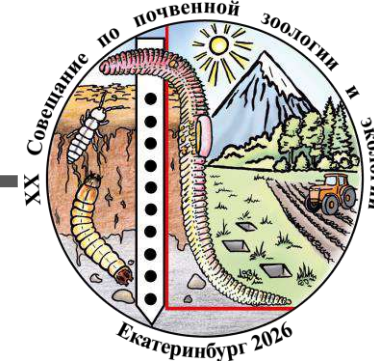
Понимание **поведенческих механизмов** необходимо для прогнозирования реакции сообществ на антропогенные воздействия (тип обработки почвы).

Рис. 3. Вклад пространственных масштабов (7 см, 25 см, 1 м) в вариацию численности, числа видов и доминирования коллембол при разных типах обработки почвы: традиционной, органической с дисковой обработкой и органической со вспашкой. По оси Y — величина случайного эффекта; цвета: чёрный — 1 м, тёмно-серый — 25 см, светло-серый — 7 см. При **традиционной обработке** вариация сосредоточена на мелких масштабах (25 и 7 см), тогда как при обоих **органических вариантах** появляется вклад метрового масштаба, что **указывает на укрупнение агрегаций коллембол** (Potapov et al., 2022)

Органический тип обработки почвы влияет на размеры агрегаций в сторону их увеличения

ПРОБЛЕМА ИНТЕГРАЦИИ ПОВЕДЕНЧЕСКИХ ДАННЫХ В МОДЕЛИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПОЧВЕННЫХ ЭКОСИСТЕМ

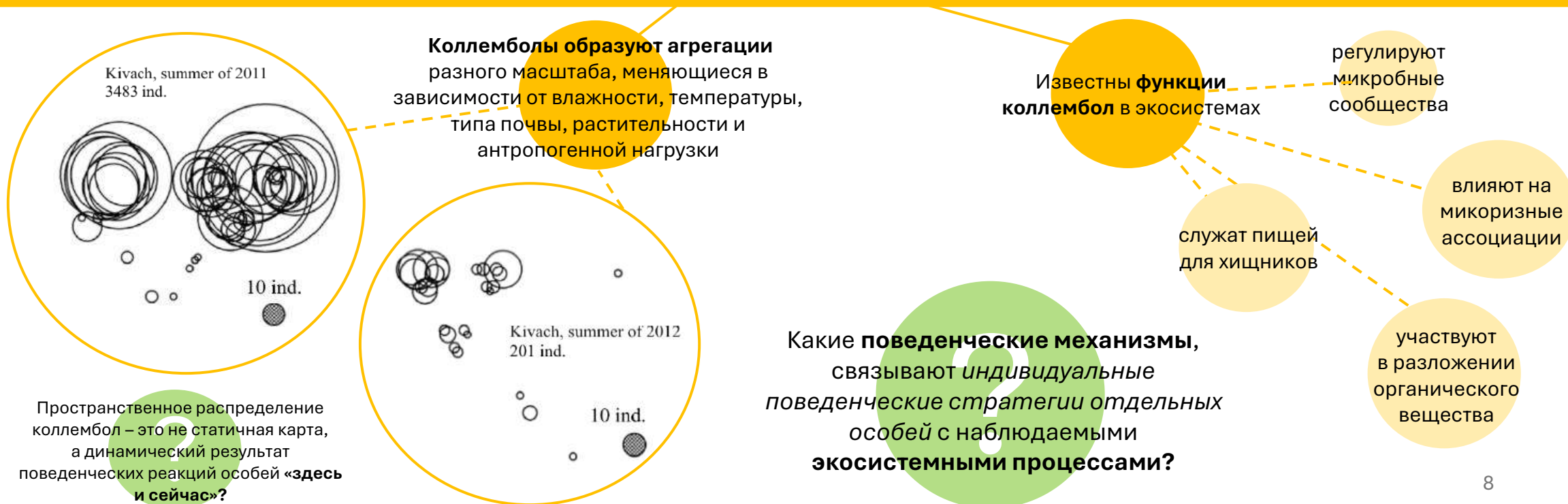
# АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ



Пространственная структура популяций коллембол описана на разных масштабах (от 8 см<sup>2</sup> до 100 м<sup>2</sup>), но **поведенческие механизмы**, её создающие, и их **функциональные последствия** для почвенных процессов остаются в значительной степени **гипотетическими** (Potapov et al., 2020; Saraeva et al., 2015; Maaß S. et al., 2015).

## СОВРЕМЕННАЯ ПОЧВЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ

НАКОПИЛА ВЕСЬМА ЗНАЧИТЕЛЬНЫЙ МАССИВ ДАННЫХ О ХАРАКТЕРЕ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ И ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ РОЛИ КОЛЛЕМБОЛ В ПРИРОДНОЙ СРЕДЕ





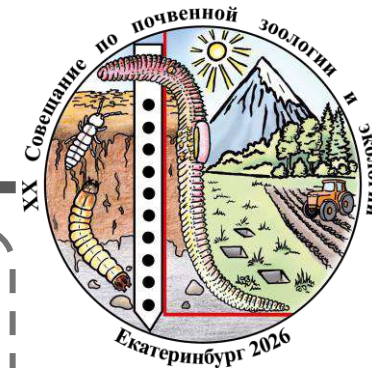
## ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ВОПРОС:

каковы **поведенческие механизмы**, обеспечивающие формирование и поддержание **агрегированного распределения коллембол**, и как эти механизмы модулируют внутри- и межвидовые взаимодействия в экспериментальных условиях?

A high-magnification micrograph showing a dense population of small, white, worm-like organisms (Folsomia candida) on a dark, granular substrate. The organisms are distributed across the frame, with a higher concentration in the lower-left and lower-right areas. A distinct, reddish-brown boundary is visible at the bottom edge of the image. The text '2. МЕТОДОЛОГИЯ: КАК ИЗУЧАТЬ ПОВЕДЕНИЕ МИКРОАРТРОПОД' is overlaid in white on the right side, with a vertical yellow bar to its right.

## 2. МЕТОДОЛОГИЯ: КАК ИЗУЧАТЬ ПОВЕДЕНИЕ МИКРОАРТРОПОД

# МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ



## ДИЗАЙН ЭКСПЕРИМЕНТА: ТРИ ВЗАИМОДОПОЛНЯЮЩИХ КОМПЛЕКСА МЕТОДОВ

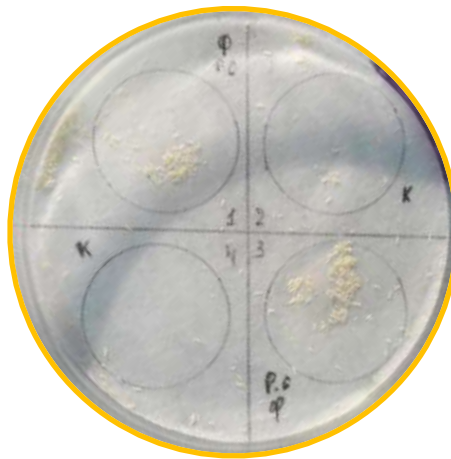
Прямые наблюдения за пространственным размещением особей на пищевом субстрате с измерением индивидуальных дистанций и расчетом индекса Лексиса (моновидовые и смешанные культуры).

10 видов из 4 семейств



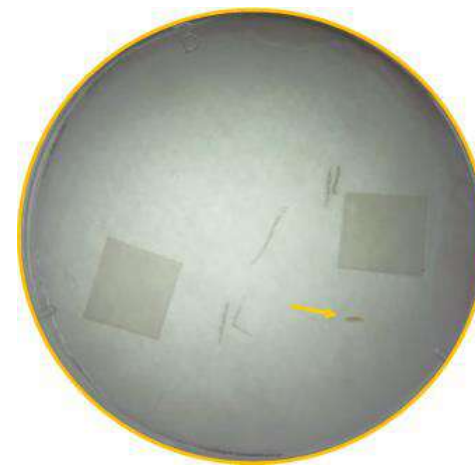
Групповые поведенческие биотесты на арене. Этот подход представляет собой развитие классических поведенческих тестов феромон-опосредованных реакций на арене, проводимых при изучении феромонов у насекомых (Лебедева и др., 1984)

3 вида из 3 семейств



Поведенческие биотесты на арене. Серия развивает методику экспериментов с «феромонными полями», предложенных в 90-е годы Е.В. Варшав, исследуются феромон-опосредованные поведенческие реакции на насиженные поля без корма в индивидуальном варианте.

5 видов из 3 семейств



# МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

1

Прямые наблюдения за пространственным размещением особей на пищевом субстрате с измерением индивидуальных дистанций, основывается на методе Дайса (Dice, 1952).

Дополнительно рассчитывался индекс агрегированности Лексиса, дающий интегральную оценку типа распределения на уровне всей камеры, разделённой на сектора.

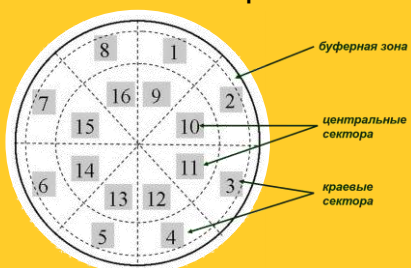


Рис. 5. Размещение корма по поверхности субстрата в зоокультуре *S. coeca*

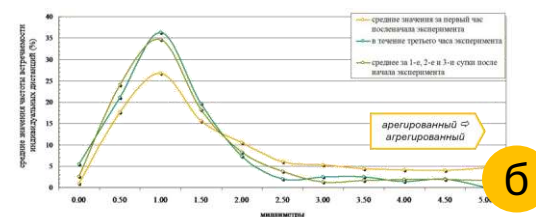
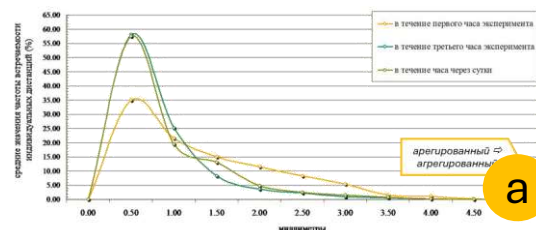


Рис. 6. Схема измерения индивидуальных дистанций у *O. stachianus*

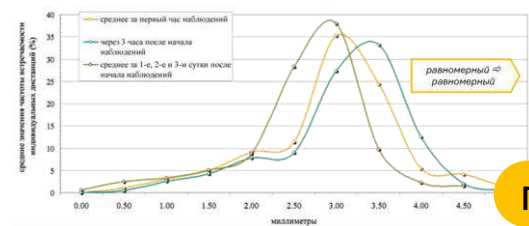
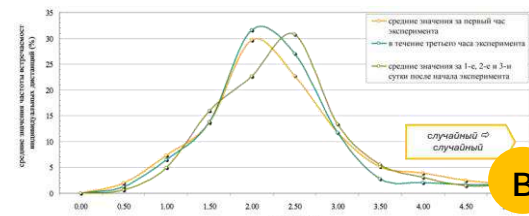
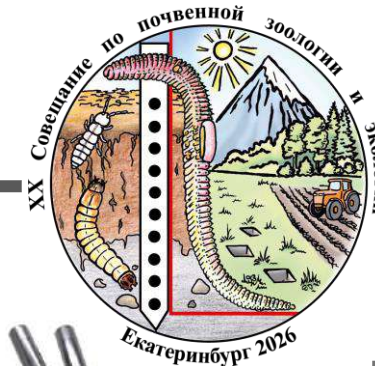


Рис. 6.1. Частотные распределения индивидуальных дистанций, указывающие на общий тип распределения коллембол на субстрате:  
а и б – агрегированный,  
в – случайный,  
г – равномерный



Всего сделали **80304** измерения, время непрерывных наблюдений составило **898 часов**.



ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ДИСТАНЦИИ  
И ВЛИЯНИЕ ПЛОТНОСТИ ЗООКУЛЬТУРЫ

# МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

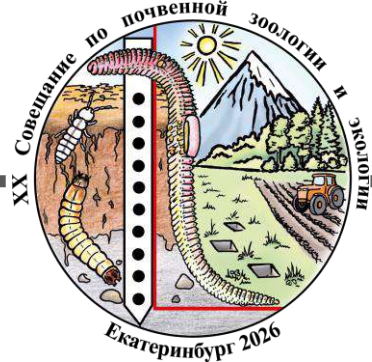


Таблица 2. Коллемболы, используемые в эксперименте с индивидуальными дистанциями

| № п/п | Семейство, вид                                                                   | Жизненная форма                       | Основные места обитания                                  |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| 1     | Сем. Entomobryidae<br>Orchesella cincta (Linne, 1758)                            | верхнеподстилочная – атмобионтная     | широколиственные леса                                    |
| 2     | Heteromurus nitidus (Templeton, 1835)                                            | гемизафическая – подстильно–почвенная | влажные луговые почвы, дупла, лесные биоценозы, компосты |
| 3     | Pseudosinella alba (Packard, 1873)                                               | гемизафическая – подстильно–почвенная | луговые и полевые почвы, компосты                        |
| 4     | Sinella coeca (Schött, 1902)                                                     | гемизафическая (эузафическая)         | луговые и полевые почвы, компосты                        |
| 5     | Сем. Onychiuridae<br>п/сем Onychiurinae<br>Onychiurus stachianus (Bagnall, 1939) | эузафическая – верхнепочвенная        | закрытые грунты, компосты                                |
| 6     | Protaphorura cancellata (Gisin, 1956)                                            | эузафическая – верхнепочвенная        | лесная подстилка                                         |
| 7     | п/сем Tullbergiinae<br>Mesaphorura krausbaueri (Börner, 1901)                    | эузафическая – глубокопочвенная       | перегнойно–аккумулятивный слой лесных почв               |
| 8     | Сем. Hypogastruridae<br>Xenylla grisea (Axelson, 1900)                           | гемизафическая – нижнеподстилочная    | закрытые грунты, компосты, луга                          |
| 9     | Hypogastrura denticulata (Bagnall, 1941)                                         | гемизафическая – верхнеподстилочная   | компосты                                                 |
| 10    | Сем. Isotomidae<br>Proisotoma minuta (Tullberg, 1871)                            | гемизафическая – верхнеподстилочная   | лесная подстилка, компосты                               |



Orchesella cincta\*



Heteromurus nitidus\*



Pseudosinella alba\*



Sinella coeca

# МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

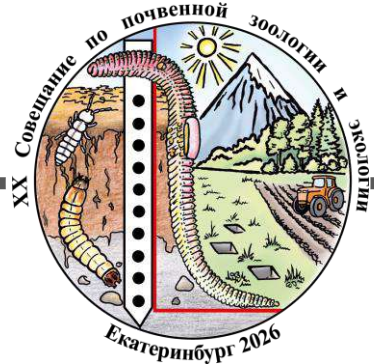


Таблица 2. Коллемболы, используемые в эксперименте с индивидуальными дистанциями

| № п/п | Семейство, вид                                                                   | Жизненная форма                       | Основные места обитания                                  |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| 1     | Сем. Entomobryidae<br>Orcheella cincta (Linne, 1758)                             | верхнеподстилочная – атмобионтная     | широколиственные леса                                    |
| 2     | Heteromurus nitidus (Templeton, 1835)                                            | гемизафическая – подстильно–почвенная | влажные луговые почвы, дупла, лесные биоценозы, компосты |
| 3     | Pseudosinella alba (Packard, 1873)                                               | гемизафическая – подстильно–почвенная | луговые и полевые почвы, компосты                        |
| 4     | Sinella coeca (Schött, 1902)                                                     | гемизафическая (эузафическая)         | луговые и полевые почвы, компосты                        |
| 5     | Сем. Onychiuridae<br>п/сем Onychiurinae<br>Onychiurus stachianus (Bagnall, 1939) | эузафическая – верхнепочвенная        | закрытые грунты, компосты                                |
| 6     | Protaphorura cancellata (Gisin, 1956)                                            | эузафическая – верхнепочвенная        | лесная подстилка                                         |
| 7     | п/сем Tullbergiinae<br>Mesaphorura krausbaueri (Börner, 1901)                    | эузафическая – глубокопочвенная       | перегнойно–аккумулятивный слой лесных почв               |
| 8     | Сем. Hypogastruridae<br>Xenylla grisea (Axelson, 1900)                           | гемизафическая – нижнеподстилочная    | закрытые грунты, компосты, луга                          |
| 9     | Hypogastrura denticulata (Bagnall, 1941)                                         | гемизафическая – верхнеподстилочная   | компосты                                                 |
| 10    | Сем. Isotomidae<br>Proisotoma minuta (Tullberg, 1871)                            | гемизафическая – верхнеподстилочная   | лесная подстилка, компосты                               |



Onychiurus stachianus



Protaphorura cancellata\*

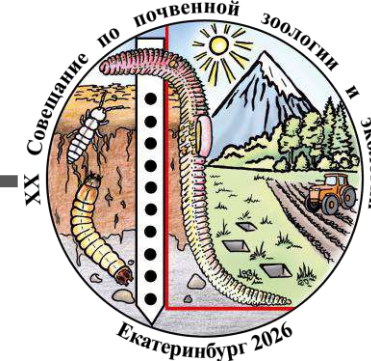


Xenylla grisea\*



Proisotoma minuta\*

# МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ



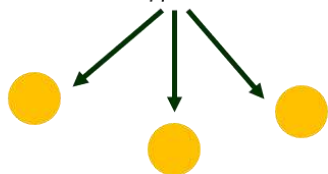
## ЛИНИЯ №1: МОНОКУЛЬТУРЫ

### 1. ЗАВИСИМОСТЬ ТИПА ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КОЛЛЕМБОЛ НА ПИЩЕВОМ СУБСТРАТЕ ОТ ПЛОТНОСТИ МОНОКУЛЬТУРЫ

1 серия  
(50 особей)

10 видов =  
10 линий монокультур

по три монокультуры  
в каждой линии

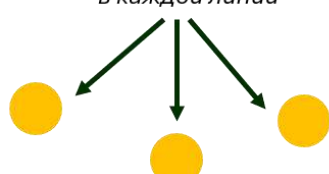


плотность монокультуры  
до 1 мм = 16 особей / см.кв.,  
до 2,5 мм = 4 особи / см.кв.,  
до 5 мм = 0,75 особей / см.кв.

2 серия  
(150 особей)

10 видов =  
10 линий монокультур

по три монокультуры  
в каждой линии



плотность монокультуры  
о 1 мм = 48 особей / см.кв.,  
до 2,5 мм = 12 особей / см.кв.,  
до 5 мм = 2,3 особи / см.кв.

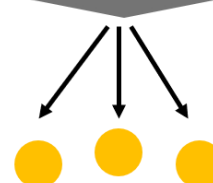
Всего 30  
монокультур  
в каждой  
серии

## ЛИНИЯ №2 СМЕШАННЫЕ КУЛЬТУРЫ

### 2. ЗАВИСИМОСТЬ ТИПА ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КОЛЛЕМБОЛ НА ПИЩЕВОМ СУБСТРАТЕ ОТ ПЛОТНОСТИ СМЕШАННОЙ КУЛЬТУРЫ

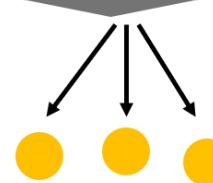
1 серия  
(25+25 особей)

линия  
энтомобриид



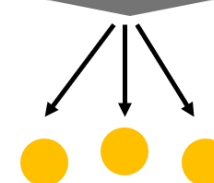
по три смешанной культуры  
в каждой линии

линия  
онихиурид



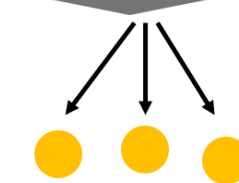
2 серия  
(75+75 особей)

линия  
энтомобриид



по три смешанной культуры  
в каждой линии

линия  
онихиурид



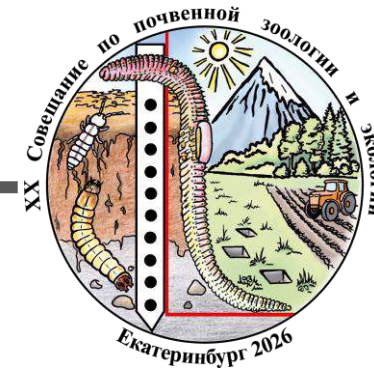
Всего 6 гетерокультур  
в каждой серии

Линия онихиурид: *O. stachianus* + *M. krausbaueri*  
Линия энтомобриид: *S. coeca* + *P. alba*



Для малоподвижных видов измерения проводили дискретно по 5 минут через ¼ часа, ½ часа, 1 час, 3 часа, 24 часа, 2 и 3 суток. Для подвижных — непрерывно в течение часа с той же периодичностью.

# МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ



2

**Групповые поведенческие биотесты на арене**  
без пищевого субстрата.  
Исследовались феромон-  
опосредованные реакции  
коллембол на  
коспецифические и  
гетероспецифические поля с  
метаболитами видов-доноров  
(Лебедева и др, 1984).

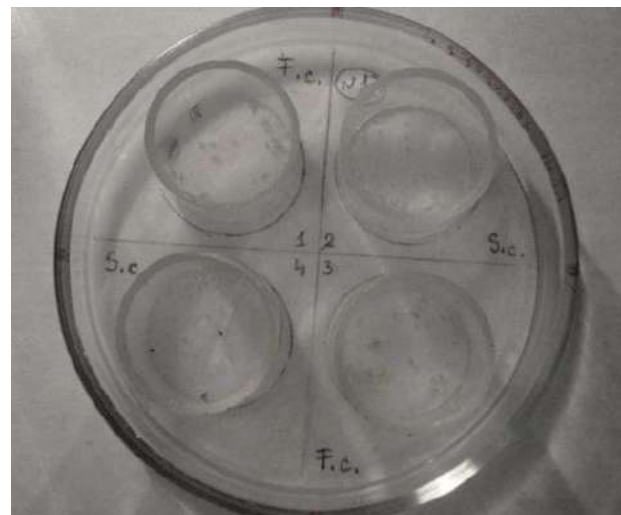
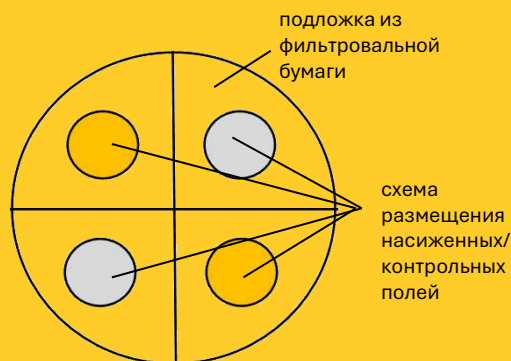


**Рис. 7.** Внешний вид экспериментальной арены с микровольерами во время насиживания полей *S.coeca* и *F.candida* (вариант эксперимента «свой-чужой», тестируемый вид – *F.candida*)

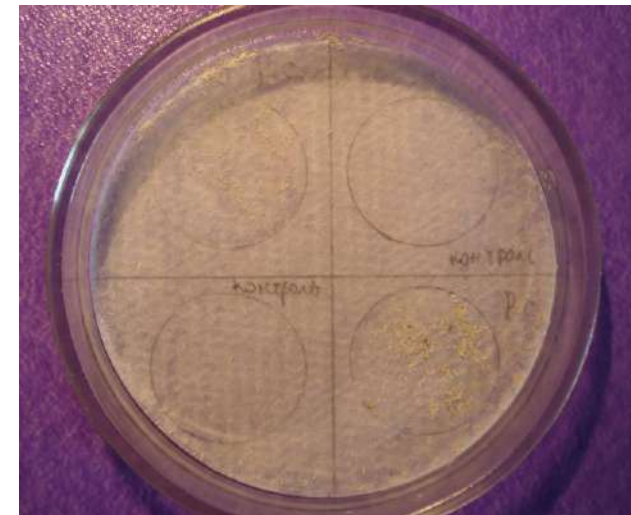


**Рис. 8.** Внешний вид экспериментальной арены с (вариант эксперимента «свой-контроль», тестируемый вид – *P. cancellata* через 1 час после начала эксперимента)

## МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕДЕНЧЕСКОГО БИОТЕСТА НА ВНУТРИ- И МЕЖВИДОВУЮ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТЬ МЕТАБОЛИТОВ ВИДОВ-ДОНОРОВ

### 1. ПОДГОТОВКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ АРЕН

- 1 – стерилизация поверхностей,
- 2 – стерилизация адсорбента (ФБ),
- 3 – размещение микровольер в чашке Петри,
- 4 – размещение вида-донора в микровольеры.

### 2. ПОДГОТОВКА НАСИЖЕННЫХ ПОЛЕЙ

- 1 – насиживание фильтровальной бумаги под микровольером видом-донором в течение 24 часов (особи в межлиночном периоде),
- 2 – удаление микровольер с особями-донорами.

### 3. ИСПЫТАНИЕ ВИДА-РЕЦИПИЕНТА

- 1 – размещение от 50 до 300 особей-реципиентов на арене,
- 2 – наблюдение за реакцией особей-реципиентов (задержка на НП, изменение характера локомоции)

# МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

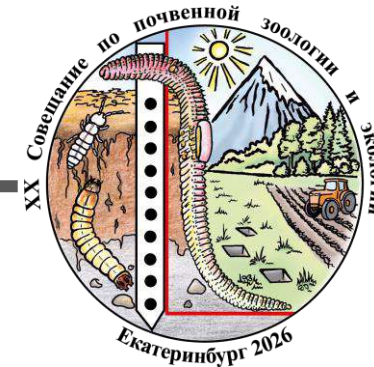


**Таблица 3.** Коллемболы, используемые в поведенческом биотесте на арене с насиженными полями

| № п/п | Семейство, вид                                                                          | Жизненная форма                                                        | Основные места обитания                  |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| 1     | Сем. Entomobryidae<br><i>Sinella coeca</i> (Schött, 1902)                               | гемиэдафическая –<br>подстилично-почвенная<br>обитатель темных галерей | луговые и полевые почвы,<br>компосты     |
| 2     | Сем. Isotomidae<br><i>Folsomia candida</i> (Tullberg, 1871)                             | гемиэдафическая –<br>подстилично-почвенная                             | компосты, горшки с комнатными<br>цветами |
| 3     | Сем. Onychiuridae<br>п/сем Onychiurinae<br><i>Protaphorura cancellata</i> (Gisin, 1956) | эуэдафическая –<br>верхнепочвенная                                     | лесная подстилка                         |



*Sinella  
coeca*



*Folsomia  
candida*



*Protaphorura  
cancellata*

# МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

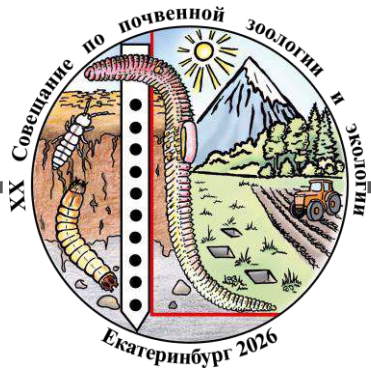


**Таблица 4.** Логарифмическая временная шкала с периодичностью наблюдений, отражающая **динамику формирования** и **устойчивость агрегаций** во времени

| № наблюдения | Временной интервал (log10) в минутах | Временной интервал (log10) | Количество особей на своих НП | Доля особей на своих НП от общего числа выборки (%) |
|--------------|--------------------------------------|----------------------------|-------------------------------|-----------------------------------------------------|
| 1            | 5                                    | 5 минут                    |                               |                                                     |
| 2            | 6                                    | 6 минут                    |                               |                                                     |
| 3            | 8                                    | 8 минут                    |                               |                                                     |
| 4            | 10                                   | 10 минут                   |                               |                                                     |
| 5            | 13                                   | 13 минут                   |                               |                                                     |
| 6            | 16                                   | 16 минут                   |                               |                                                     |
| 7            | 20                                   | 20 минут                   |                               |                                                     |
| 8            | 25                                   | 25 минут                   |                               |                                                     |
| 9            | 32                                   | 32 минут                   |                               |                                                     |
| 10           | 40                                   | 40 минут                   |                               |                                                     |
| 11           | 50                                   | 50 минут                   |                               |                                                     |
| 12           | 63                                   | 1 час 3 мин.               |                               |                                                     |
| 13           | 79                                   | 1 час 19 мин.              |                               |                                                     |
| 14           | 100                                  | 1 час 40 мин.              |                               |                                                     |
| 15           | 126                                  | 2 час. 6 мин.              |                               |                                                     |
| 16           | 158                                  | 2 час. 38 мин.             |                               |                                                     |
| 17           | 199                                  | 3 час. 19 мин.             |                               |                                                     |
| 18           | 251                                  | 4 час. 11 мин.             |                               |                                                     |
| 19           | 316                                  | 5 час. 16 мин.             |                               |                                                     |
| 20           | 397                                  | 6 час. 37 мин.             |                               |                                                     |
| 21           | 500                                  | 8 час. 20 мин.             |                               |                                                     |
| 22           | 630                                  | 10 час. 30 мин.            |                               |                                                     |
| 23           | 792                                  | 13 час. 12 мин.            |                               |                                                     |
| 24           | 998                                  | 16 час. 38 мин.            |                               |                                                     |
| 25           | 1256                                 | 20 час. 56 мин.            |                               |                                                     |
| 26           | 1581                                 | 1 сут. 2 часа 21 мин.      |                               |                                                     |
| 27           | 1991                                 | 1 сут. 11 час. 11 мин.     |                               |                                                     |
| 28           | 2506                                 | 1 сут. 17 час. 46 мин.     |                               |                                                     |
| 29           | 3155                                 | 2 сут. 4 час. 35 мин.      |                               |                                                     |
| 30           | 3972                                 | 2 сут. 18 час. 12 мин.     |                               |                                                     |
| 31           | 5000                                 | 3 сут. 11 час. 20 мин.     |                               |                                                     |

№ наблюдения, периодичность

1. В течение 1-й минуты

2. Через 2 минуты

3. Через 5 минут

4. Через 15 минут

5. Через 1 час

6. Через 2 часа

7. Через 1 сутки

8. Через 2 суток

9. Через 3 суток

Доля особей на феромонных полях

Доля особей вне феромонных полей

# МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

3

**Индивидуальные поведенческие биотесты на арене**

без пищевого субстрата.

Феромон-опосредованные реакции коллембол на коспецифические и гетероспецифические поля с метаболитами видов-доноров без группового эффекта.

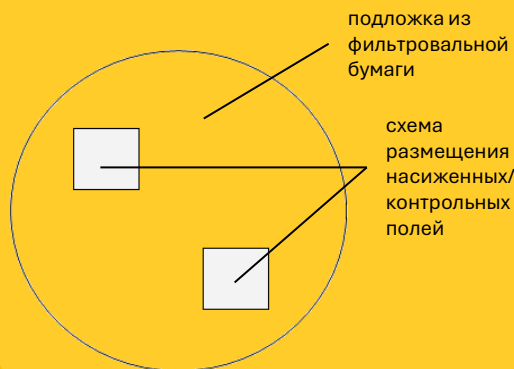


**Рис. 9.** Внешний вид экспериментальной арены с насыженным полем *S. соеса* (вариант эксперимента «свой-контроль», тестируемый вид – *S.соеса*)

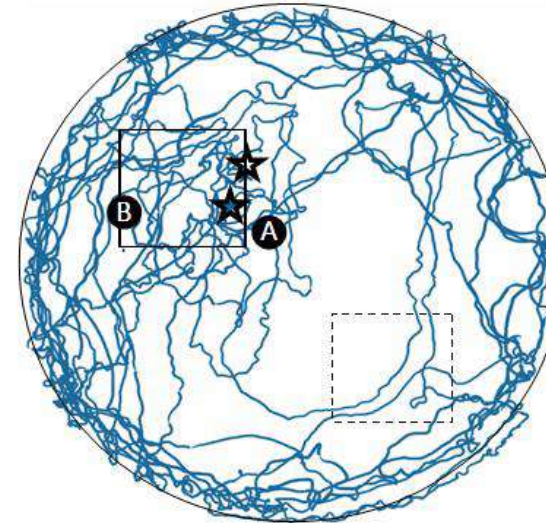
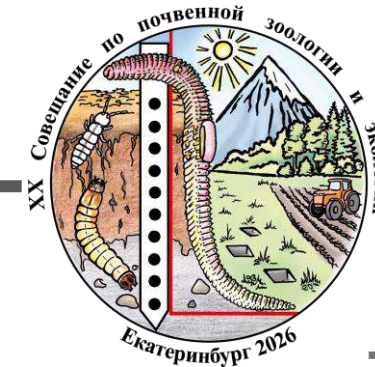


**Рис. 10.** Трек передвижения коллемболы за 15 минут по поверхности экспериментальной арены с насыженным полем *S. соеса* (вариант эксперимента «свой-контроль», тестируемый вид – *S.соеса*; А и В – точки начала и окончания наблюдения, «звездочки» - остановки особи)



## МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕДЕНЧЕСКОГО БИОТЕСТА НА ВНУТРИ- И МЕЖВИДОВУЮ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТЬ МЕТАБОЛИТОВ ВИДОВ-ДОНОРОВ

### 1. ПОДГОТОВКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ АРЕН

1 – стерилизация поверхностей,  
2 – стерилизация адсорбента (ФБ),  
3 – подготовка насыженных полей – фрагментов ФБ площадью 250 мм<sup>2</sup> в экспериментальных зоокультурах (голодная диета, синхронизация линьки)

### 2. ИСПЫТАНИЕ ВИДА-РЕЦИПИЕНТА

1 – размещение особи-реципиента на арене,  
2 – наблюдение за локомоторной активностью особи-реципиента на арене в течение 15 минут с видеофиксацией.

### 3. ПОЛУЧЕНИЕ ТРЕКОВ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ

1 – обработка цифровой записи в программе Epic Pen,  
2 – качественный и количественный анализ треков (длина трека – программа Odo Plus, количество пересечений НП).

# МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

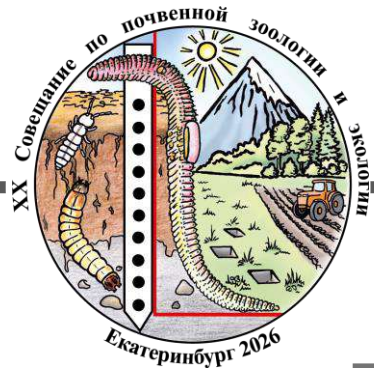


**Таблица 5.** Коллемболы, используемые в поведенческом биотесте на арене с насиженными полями

| № п/п | Семейство, вид                                                  | Жизненная форма                                                     | Основные места обитания               |
|-------|-----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|
| 1     | Сем. Entomobryidae<br><i>Sinella coeca</i> (Schött, 1902)       | гемиэдафическая - подстилично-почвенная<br>обитатель темных галерей | луговые и полевые почвы, компосты     |
| 2     | Сем. Isotomidae<br><i>Folsomia candida</i> (Tullberg, 1871)     | гемиэдафическая – подстилично-почвенная                             | компосты, горшки с комнатными цветами |
| 3     | Сем. Onychiuridae<br><i>Bionychiurus normalis</i> (Gisin, 1949) | эуэдафическая – верхнепочвенная                                     | лесная подстилка                      |
| 4     | <i>Onychiurus stachianus</i> (Bagnall, 1939)                    | эуэдафическая - верхнепочвенная                                     | закрытые грунты, компосты             |



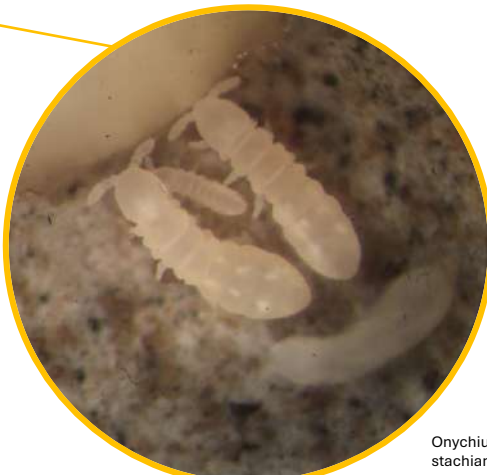
*Sinella coeca*



*Folsomia candida*

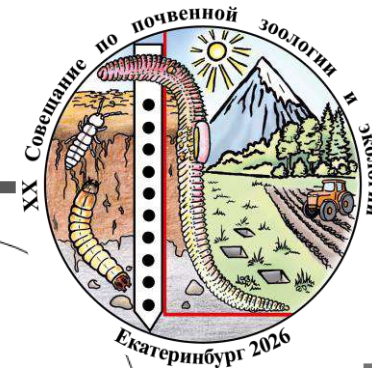


*Bionychiurus normalis*



*Onychiurus stachianus*

# МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ



## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ЛИНИИ

№1 - «КОНТРОЛЬ-КОНТРОЛЬ»

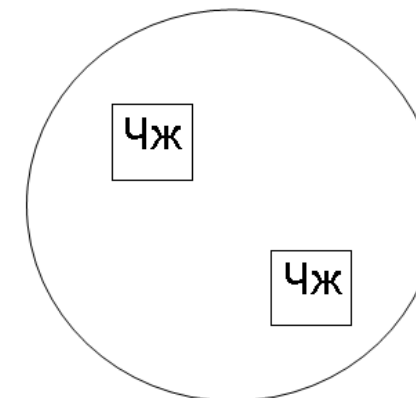
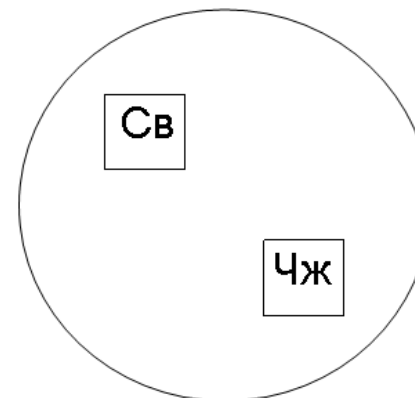
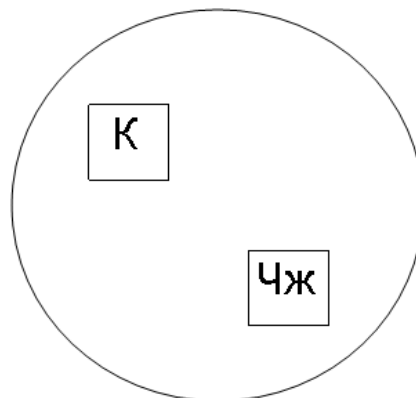
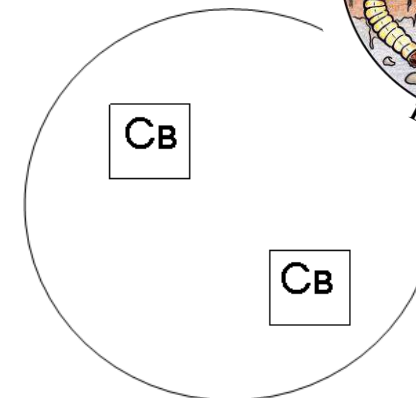
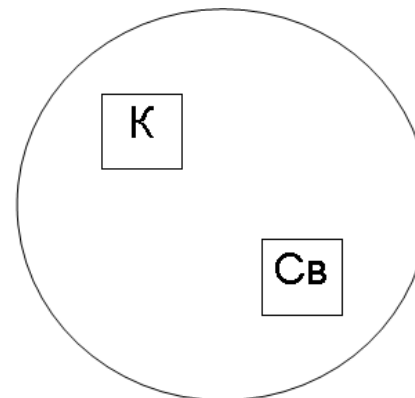
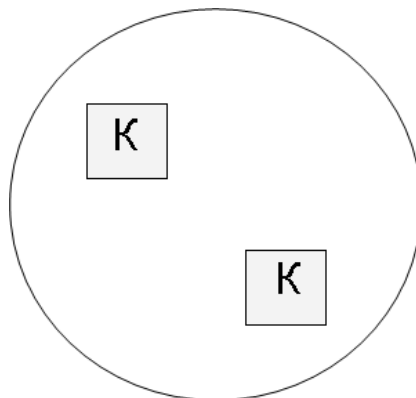
№2 - «СВОЙ-КОНТРОЛЬ»

№3 - «СВОЙ-СВОЙ»

№4 - «СВОЙ-ЧУЖОЙ»

№5 - «ЧУЖОЙ-КОНТРОЛЬ»

№6 - «ЧУЖОЙ-ЧУЖОЙ»



## ПОВЕДЕНЧЕСКИЙ ОТВЕТ

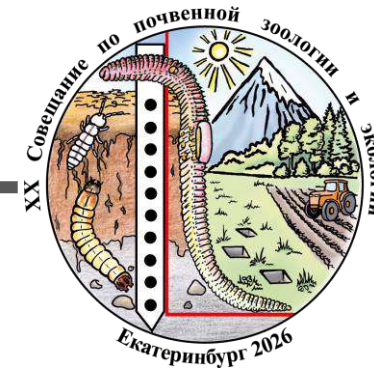
КАЧЕСТВЕННЫЕ  
ПОКАЗАТЕЛИ

КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ  
ПОКАЗАТЕЛИ

**Качественные показатели:** резкое изменение характера локомоции (например, остановка, чистка, переход от направленного движения к стохастическому).

**Количественные показатели:** процент времени, проводимого особью на насиженном поле по отношению к ожидаемому при случайном распределении.

# МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ



Кластерный анализ  
методом полного  
сцепления с  
дистанцией Евклида

Непараметрические  
критерии (U-критерий  
Манна-Уитни)

При обработке цифровых данных  
использовали компьютерные программы  
Microsoft Office Excel 2003 (© Microsoft Corp.)  
и STATISTICA 6.0 (© StatSoft, Inc.).

Точный  
критерий Фишера

t-критерий  
Стьюдента для  
связанных выборок

При создании графических  
изображений работали с  
программами Microsoft Office  
Publisher 2003 (© Microsoft Corp.),  
Adobe Photoshop CS (© Adobe  
Systems Inc.), Epic Pen (свободно  
распространяемое ПО).



3. ВНУТРИ- И МЕЖВИДОВЫЕ  
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ:  
**ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ДИСТАНЦИИ** КАК  
РЕГУЛЯТОР ПЛОТНОСТИ



# РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

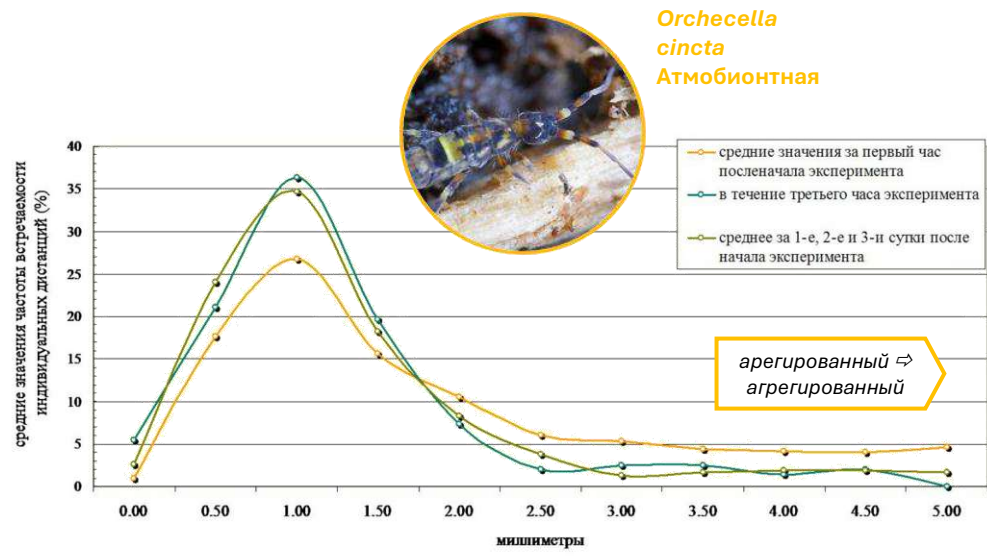
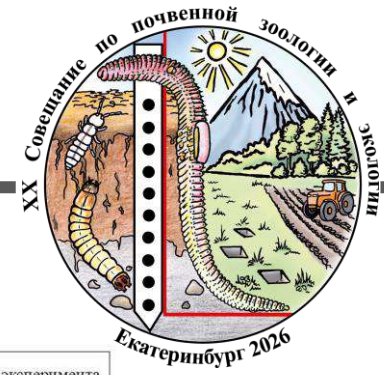


Рис. 11. Изменение встречаемости индивидуальных дистанций у *O. cincta* при низкой плотности монокультуры

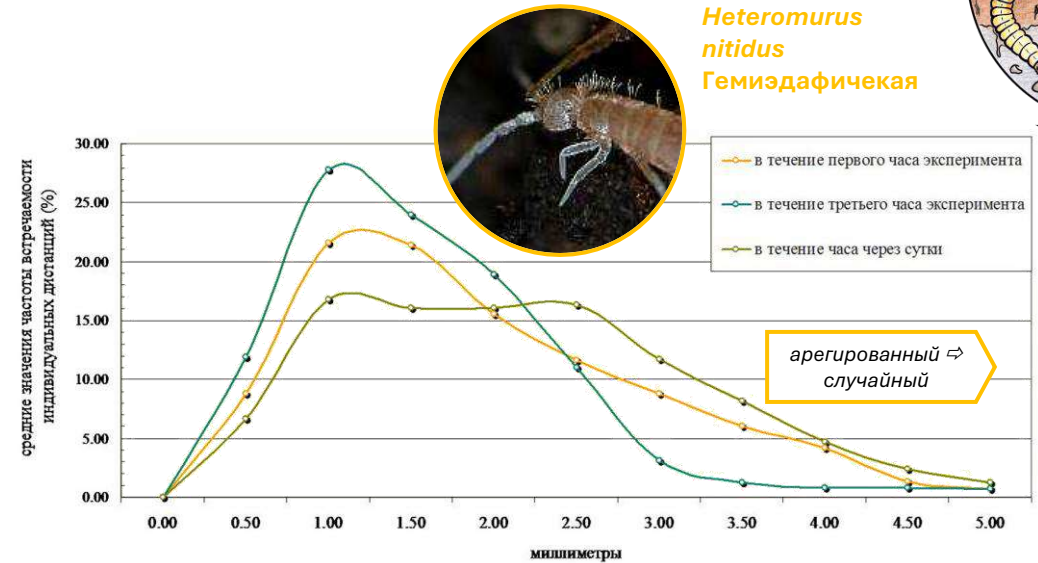


Рис. 12. Изменение встречаемости индивидуальных дистанций у *H. nitidus* при низкой плотности монокультуры

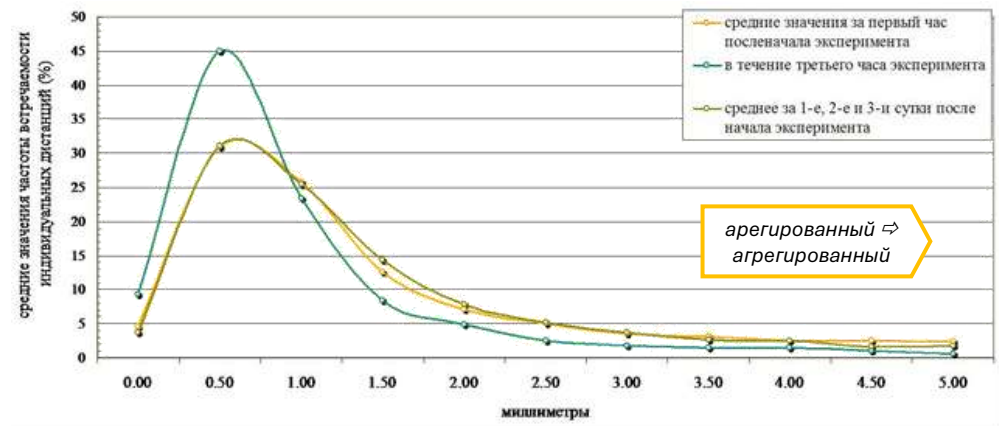


Рис. 13. Изменение встречаемости индивидуальных дистанций у *O. cincta* при высокой плотности монокультуры

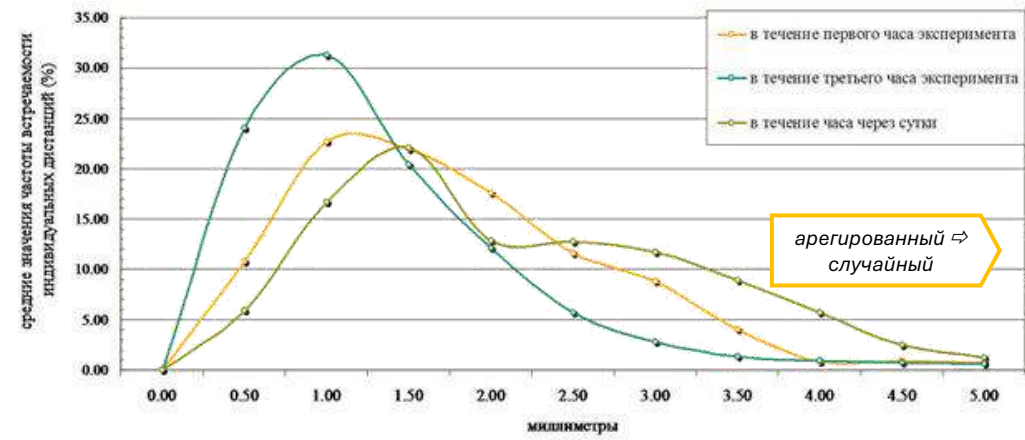
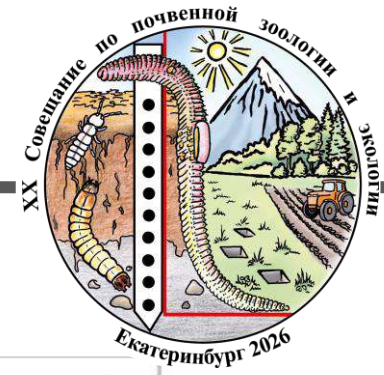


Рис. 14. Изменение встречаемости индивидуальных дистанций у *H. nitidus* при высокой плотности монокультуры

# РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ



*Pseudosinella alba*  
Гемиздафичекая

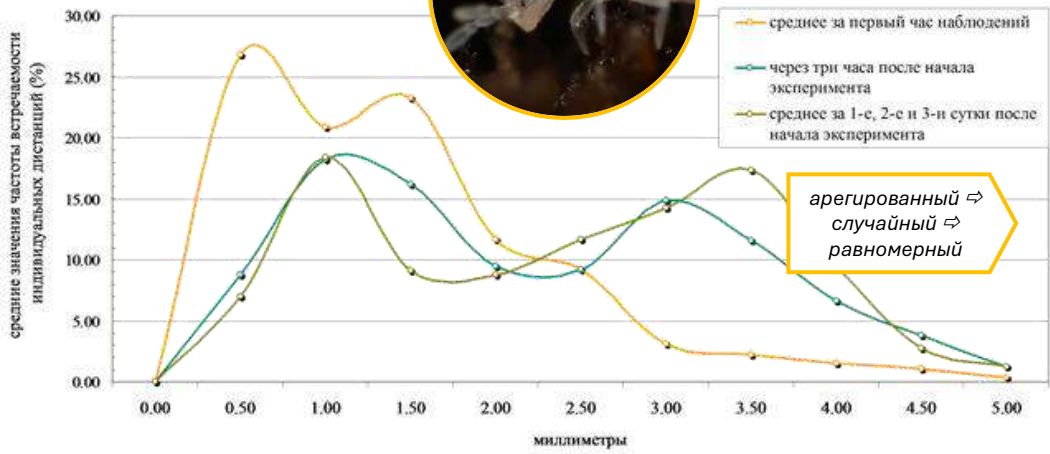


Рис. 15. Изменение встречаемости индивидуальных дистанций у *P. alba* при низкой плотности монокультуры

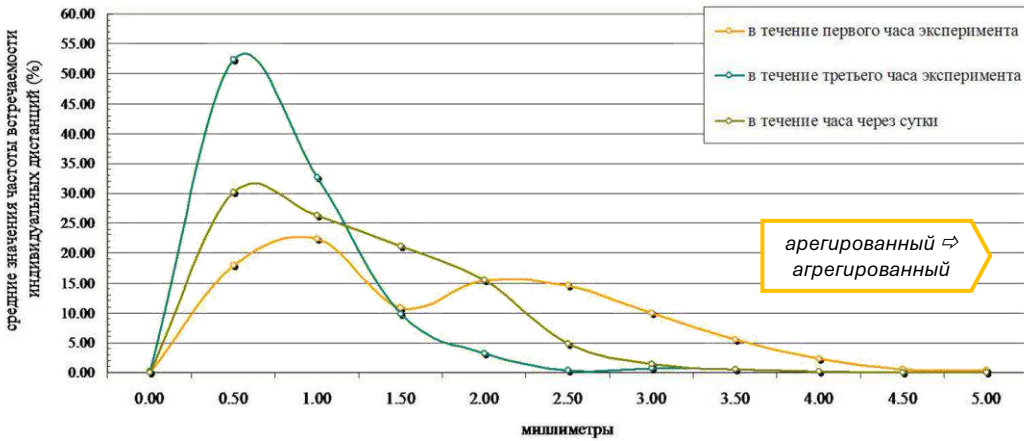


Рис. 16. Изменение встречаемости индивидуальных дистанций у *P. alba* при высокой плотности монокультуры

Изменение типа пространственного распределения *P. alba* в смешанной культуре *P. alba* + *S. coeca*

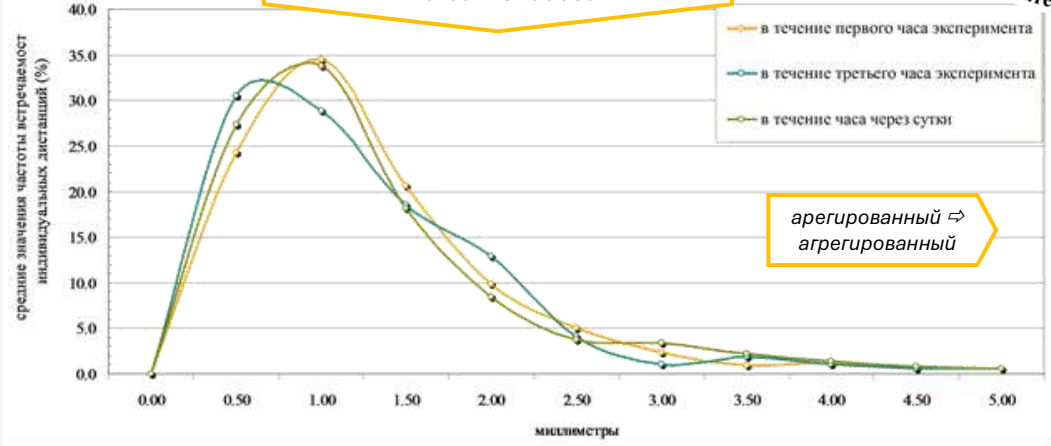


Рис. 17. Изменение встречаемости индивидуальных дистанций у *P. alba* при низкой плотности гетерокультуры

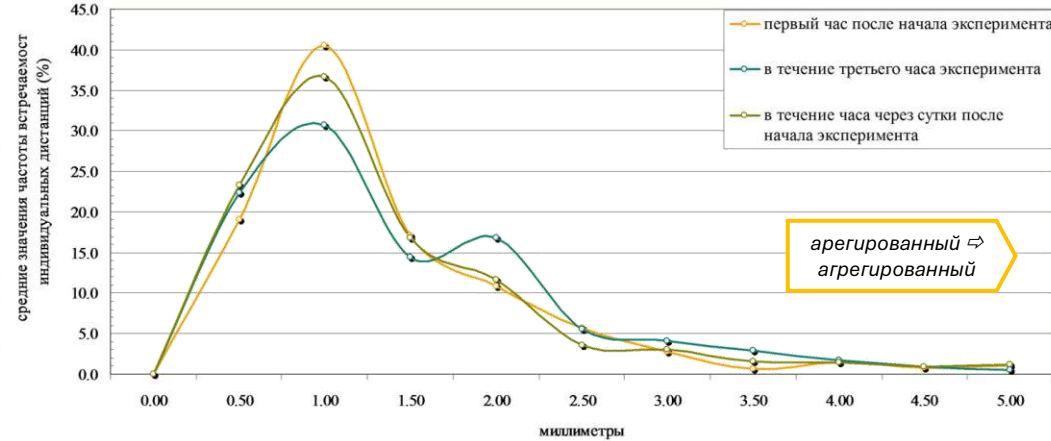
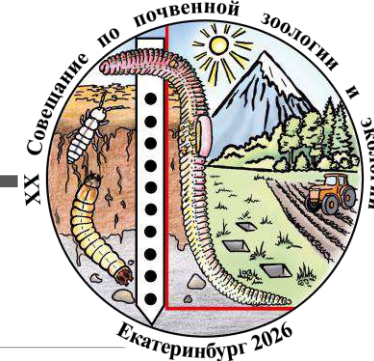


Рис. 18. Изменение встречаемости индивидуальных дистанций у *P. alba* при высокой плотности гетерокультуры

# РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ



*Sinella coesa*  
Гемизафичекая  
(Обитатель темных галерей)

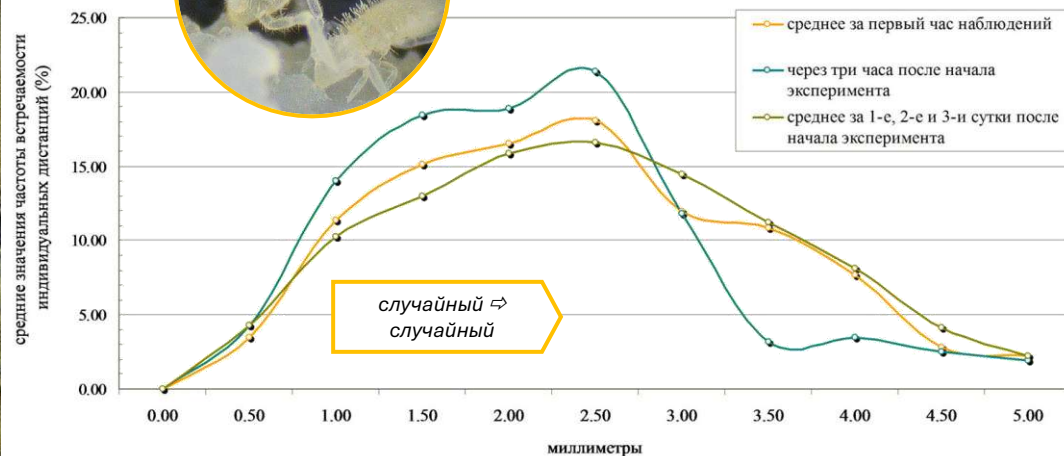


Рис. 19. Изменение встречаемости индивидуальных дистанций у *S. coesa* при низкой плотности монокультуры

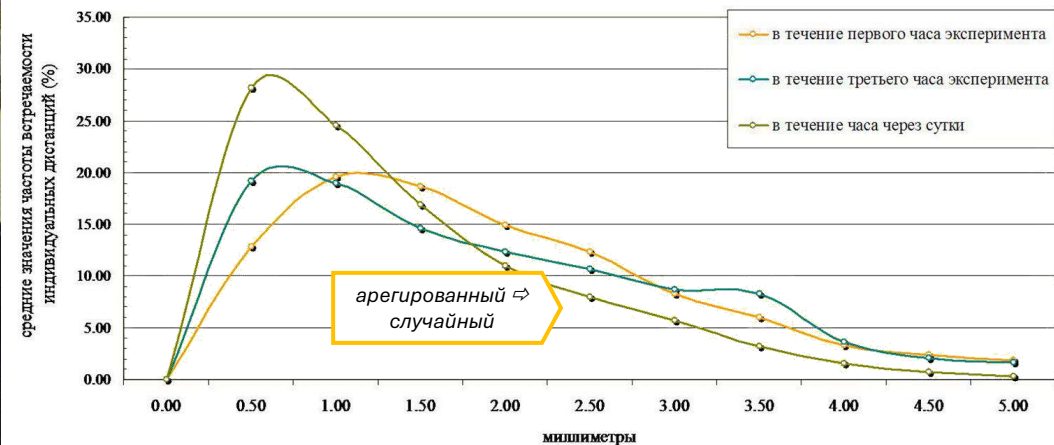


Рис. 20. Изменение встречаемости индивидуальных дистанций у *S. coesa* при высокой плотности монокультуры

Изменение типа  
пространственного распределения  
*S. coesa* в смешанной культуре  
*S. coesa* + *P. alba*

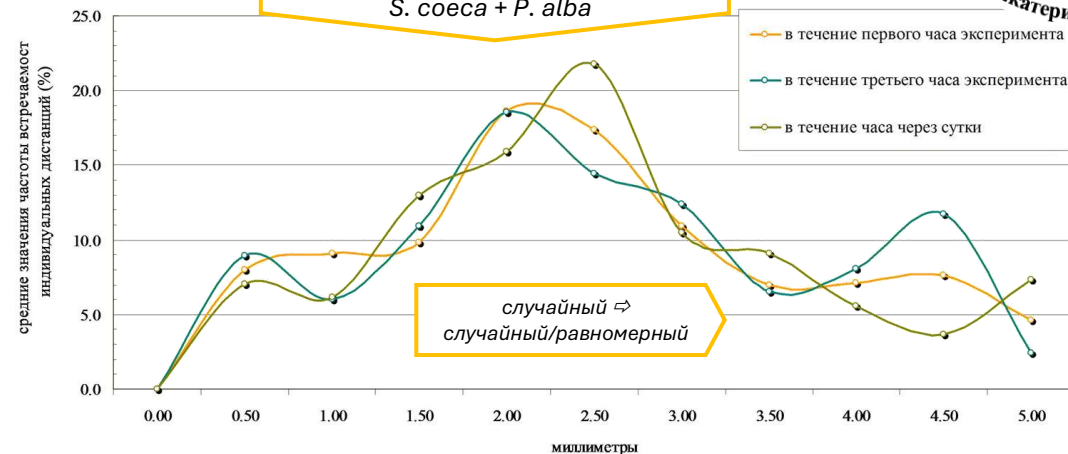


Рис. 21. Изменение встречаемости индивидуальных дистанций у *S. coesa* при низкой плотности гетерокультуры

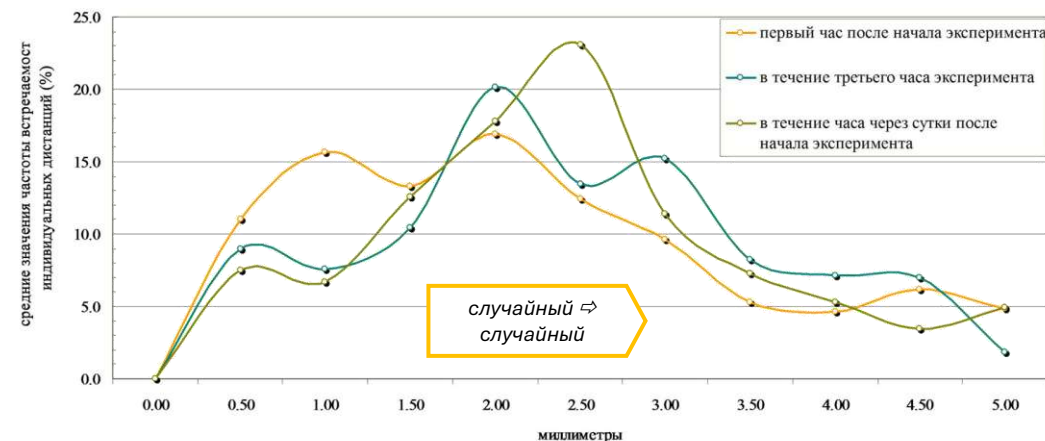
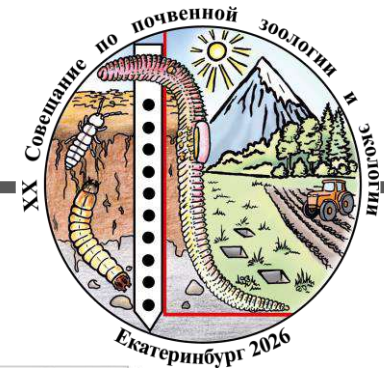


Рис. 22. Изменение встречаемости индивидуальных дистанций у *S. coesa* при высокой плотности гетерокультуры

# РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ



*Proisotoma  
minuta*  
Гемиздафичекая

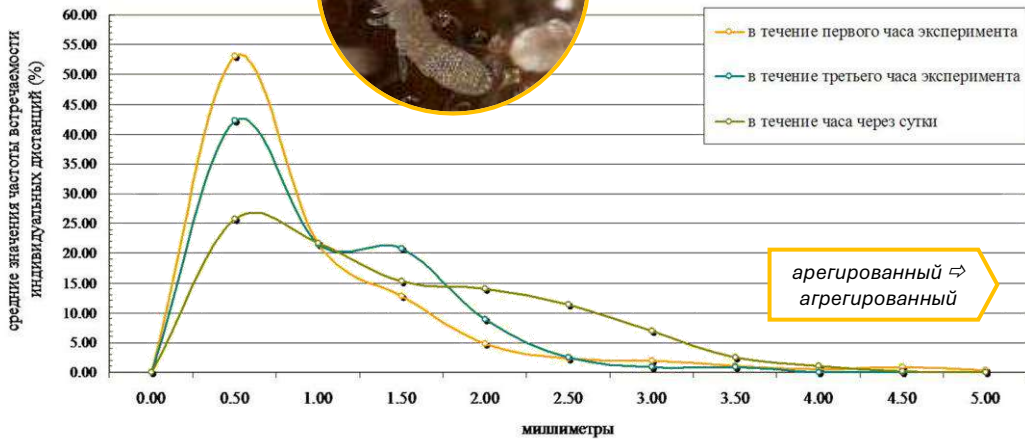


Рис. 23. Изменение встречаемости индивидуальных дистанций у *P. minuta* при низкой плотности монокультуры

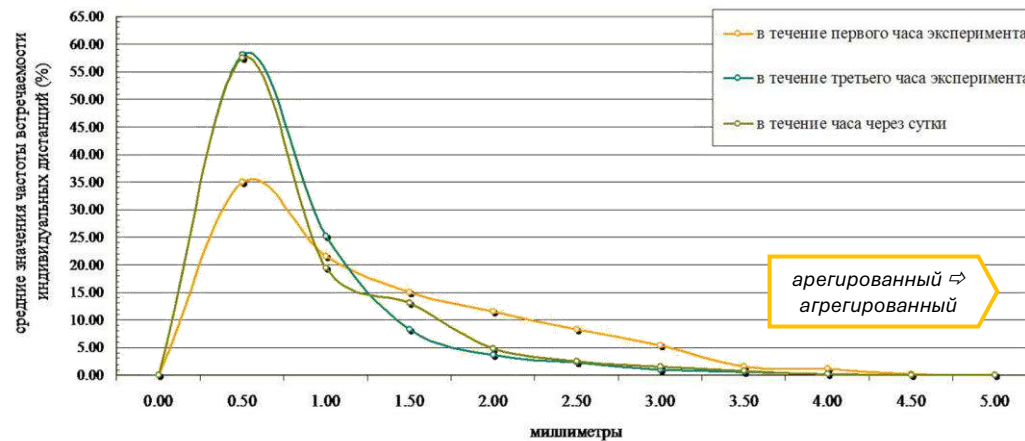


Рис. 24. Изменение встречаемости индивидуальных дистанций у *P. minuta* при высокой плотности монокультуры



*Protaphorura  
cancellata*  
Эуэдафичекая

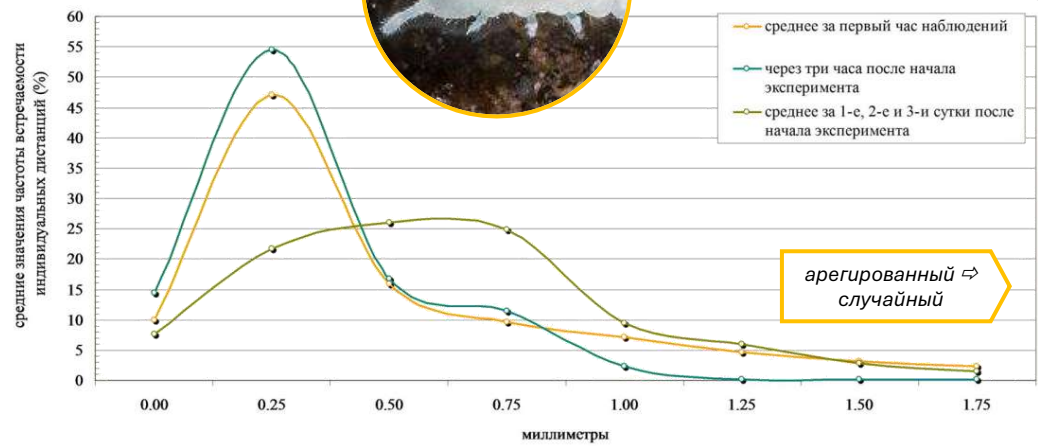


Рис. 25. Изменение встречаемости индивидуальных дистанций у *P. cancellata* при низкой плотности монокультуры

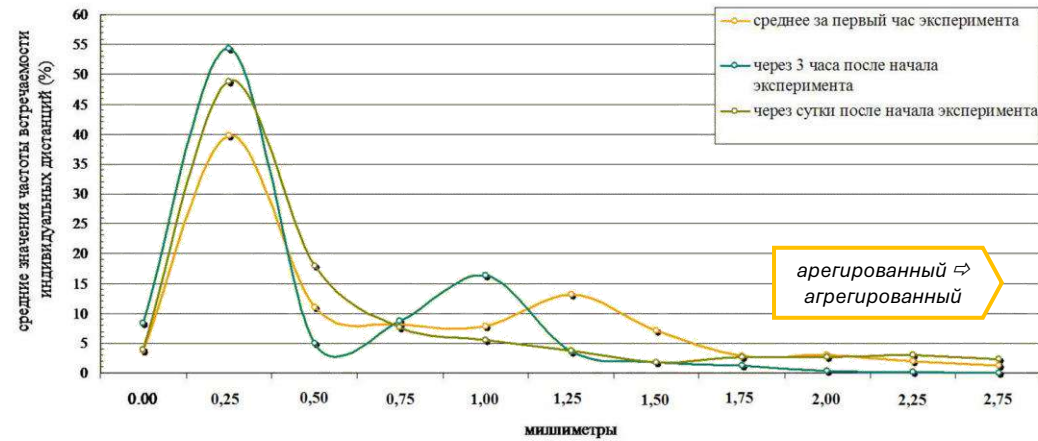


Рис. 26. Изменение встречаемости индивидуальных дистанций у *P. cancellata* при высокой плотности монокультуры

# РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

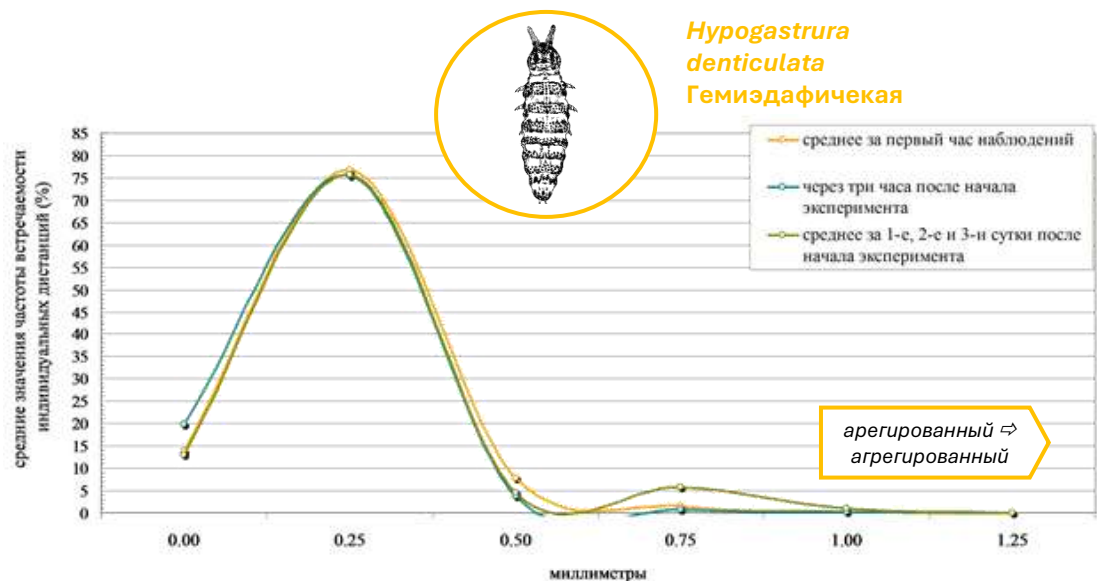
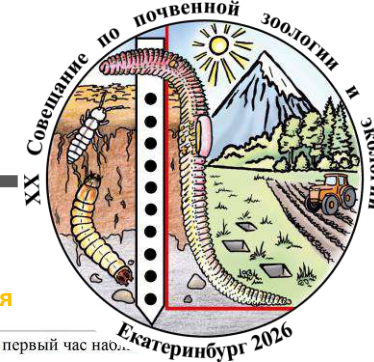


Рис. 27. Изменение встречаемости индивидуальных дистанций у *H. denticulata* при низкой и при низкой плотности монокультуры

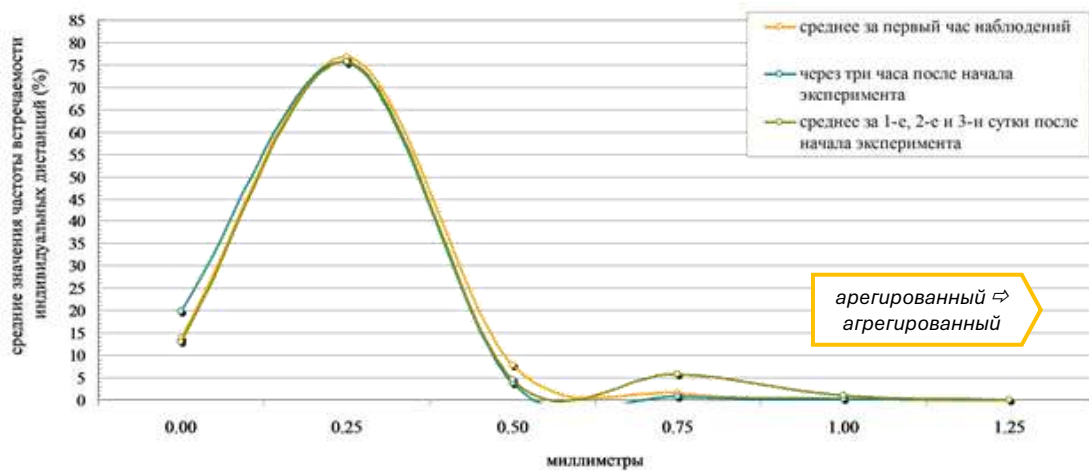


Рис. 28. Изменение встречаемости индивидуальных дистанций у *H. denticulata* при низкой и при высокой плотности монокультуры

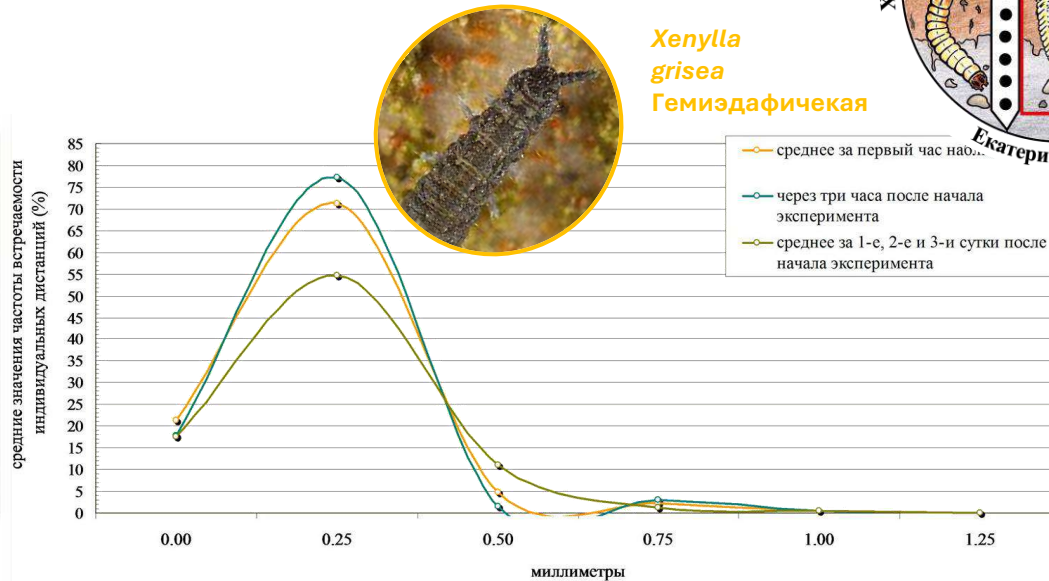


Рис. 29. Изменение встречаемости индивидуальных дистанций у *X. grisea* при низкой плотности монокультуры

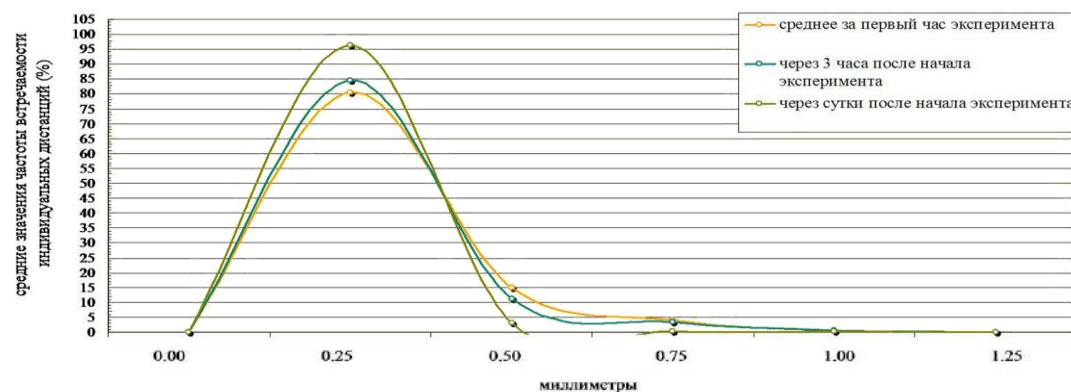
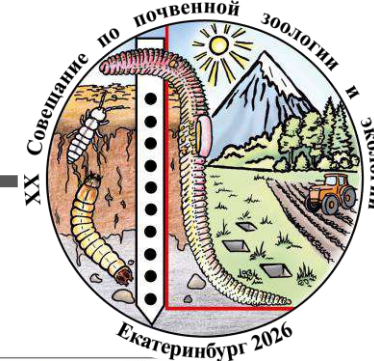


Рис. 30. Изменение встречаемости индивидуальных дистанций у *X. grisea* при высокой плотности монокультуры

# РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ



*Onychiurus stachianus*  
Эуэдафическая

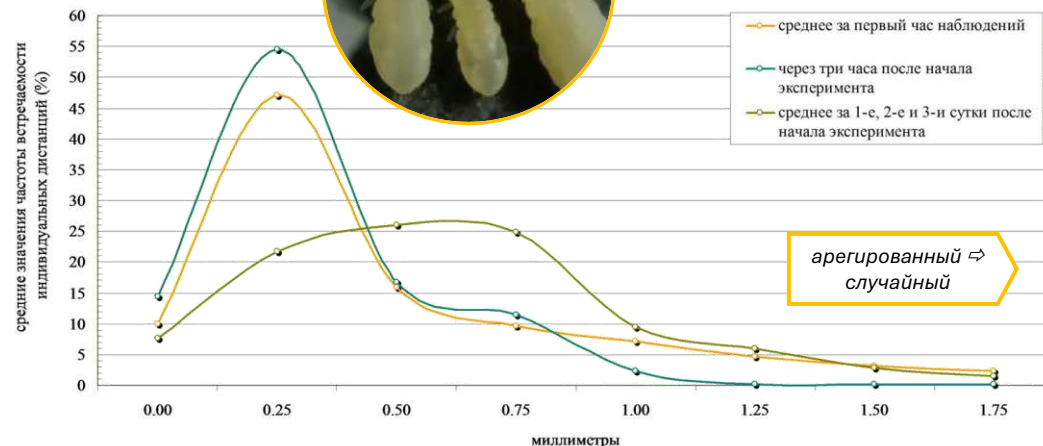


Рис. 31. Изменение встречаемости индивидуальных дистанций у *O. stachianus* при низкой плотности монокультуры

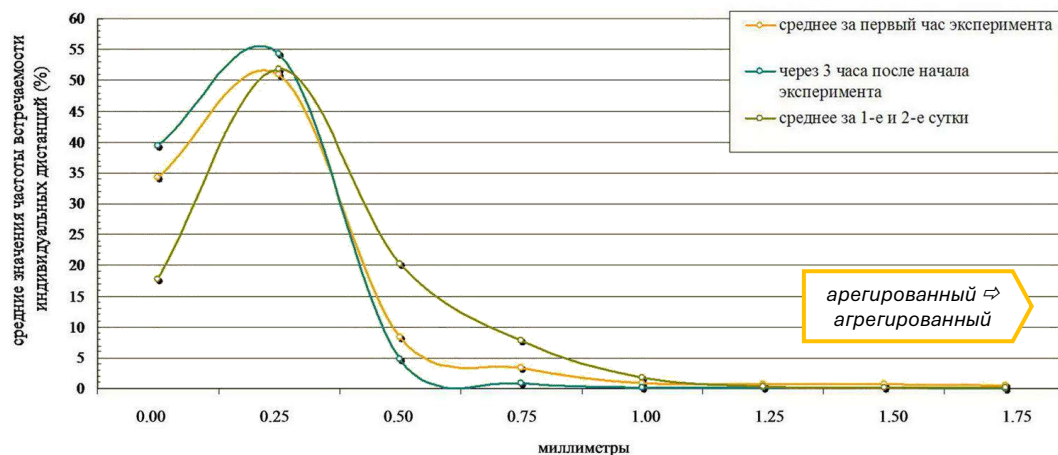


Рис. 32. Изменение встречаемости индивидуальных дистанций у *O. stachianus* при высокой плотности монокультуры

Изменение типа пространственного распределения *O. stachianus* в смешанной культуре *O. stachianus* + *M. krausbaueri*

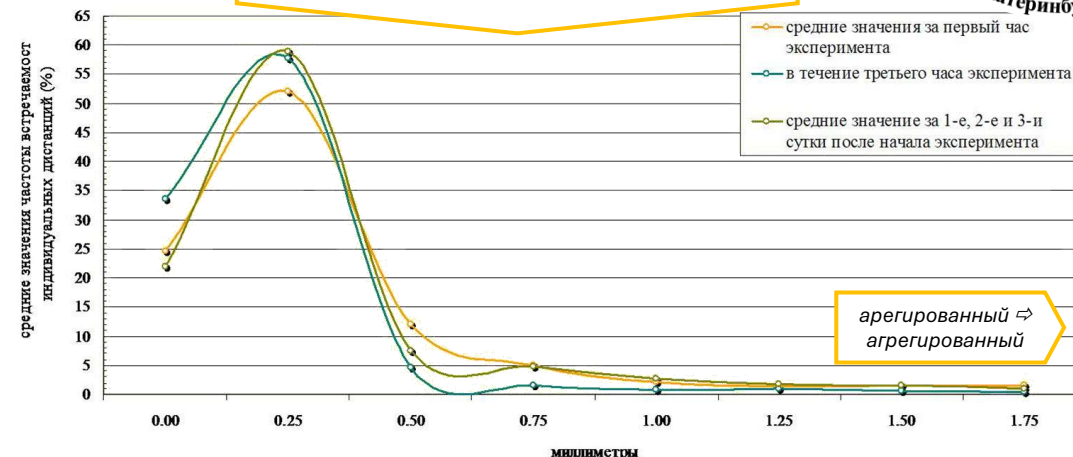


Рис. 33. Изменение встречаемости индивидуальных дистанций у *O. stachianus* при низкой плотности гетерокультуры

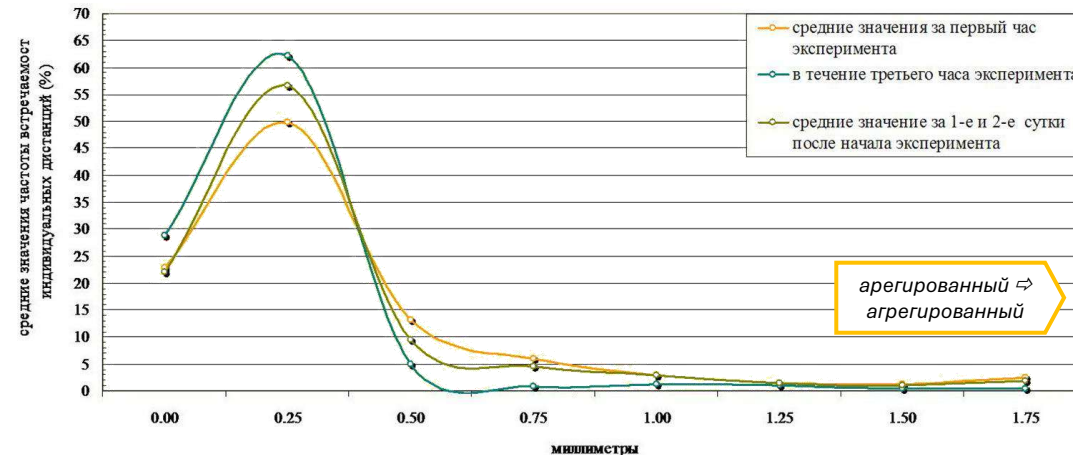


Рис. 34. Изменение встречаемости индивидуальных дистанций у *O. stachianus* при высокой плотности гетерокультуры

# РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

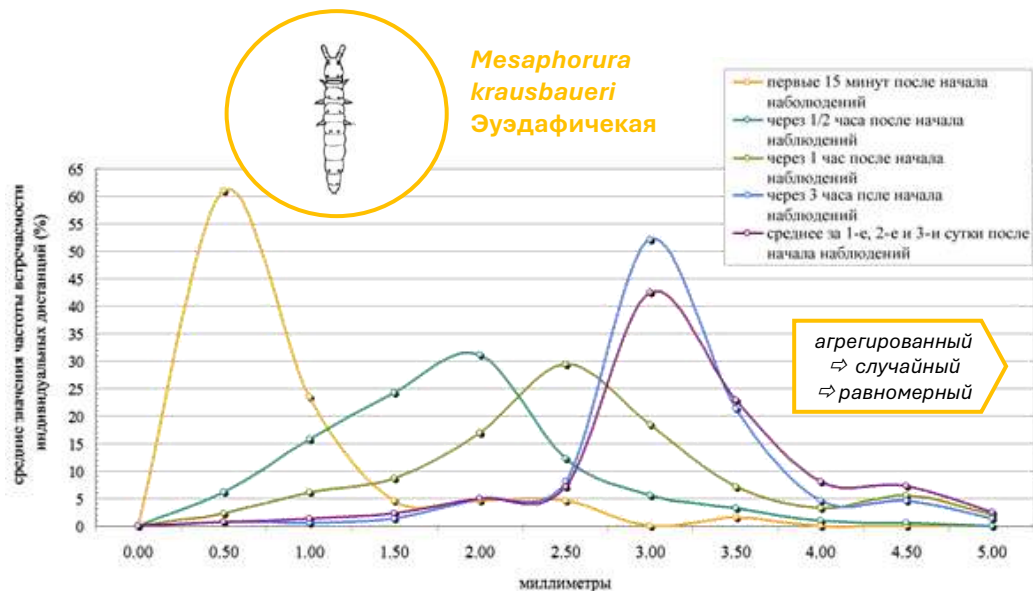
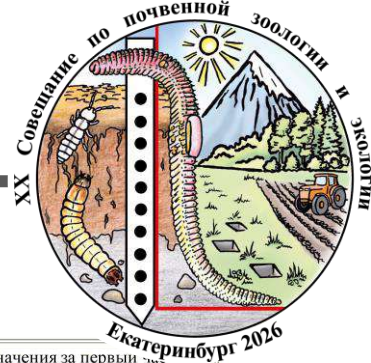


Рис. 35. Изменение встречаемости индивидуальных дистанций у *M. krausbaueri* при низкой плотности монокультуры

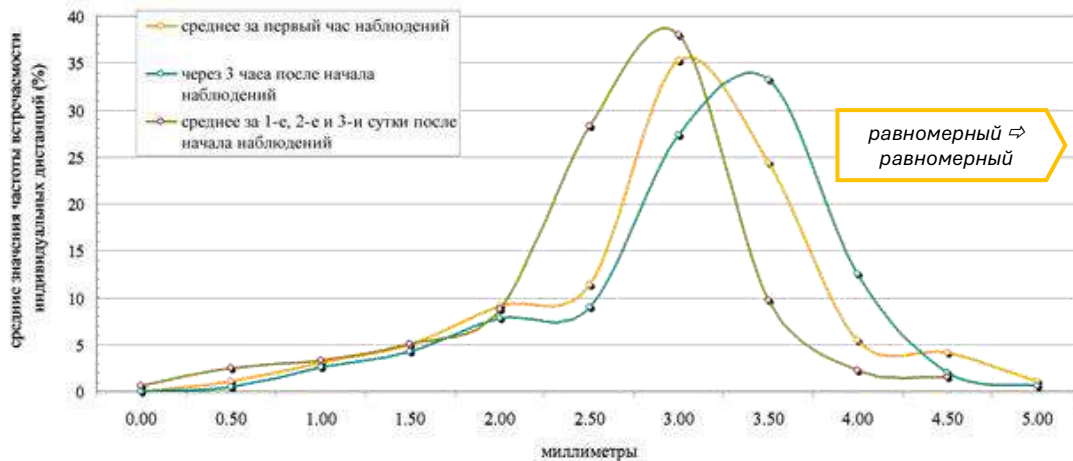


Рис. 36. Изменение встречаемости индивидуальных дистанций у *M. krausbaueri* при высокой плотности монокультуры

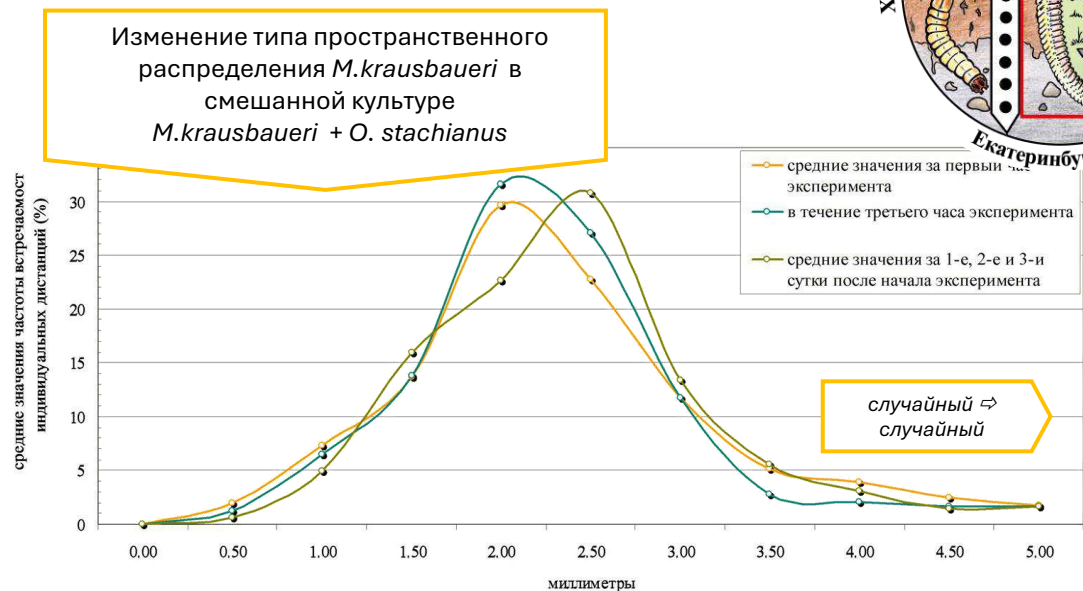


Рис. 37. Изменение встречаемости индивидуальных дистанций у *M. krausbaueri* при низкой плотности гетерокультуры

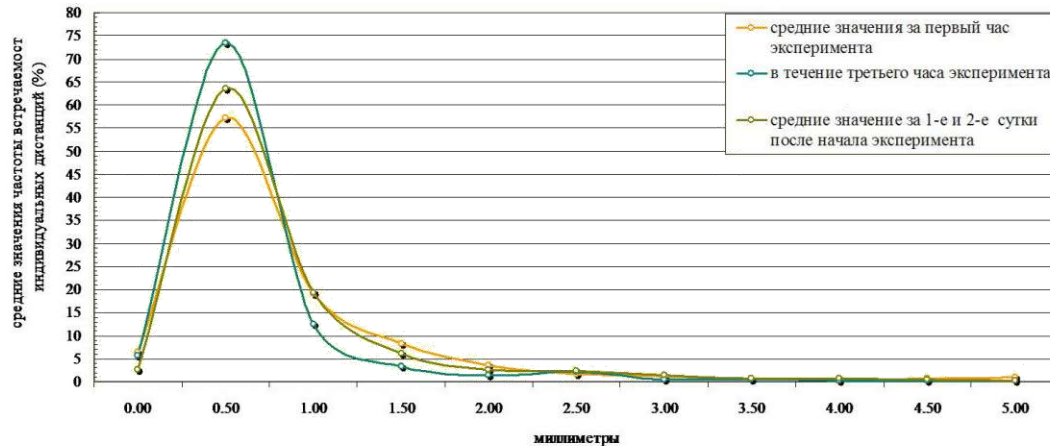
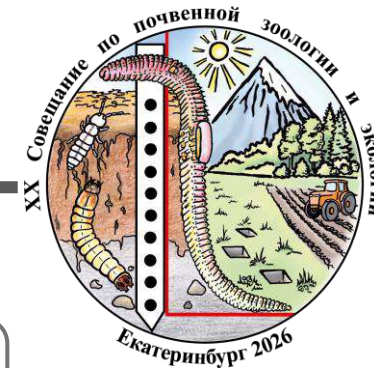


Рис. 38. Изменение встречаемости индивидуальных дистанций у *M. krausbaueri* при высокой плотности гетерокультуры

# РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ



При высокой плотности населения монокультур

## ЗАКОНОМЕРНОСТЬ

СКЛОННОСТЬ К ОБРАЗОВАНИЮ  
ТРОФИЧЕСКИХ АГРЕГАЦИЙ

УМЕНЬШАЕТСЯ  
В РЯДУ

АТМОБИОНТНАЯ

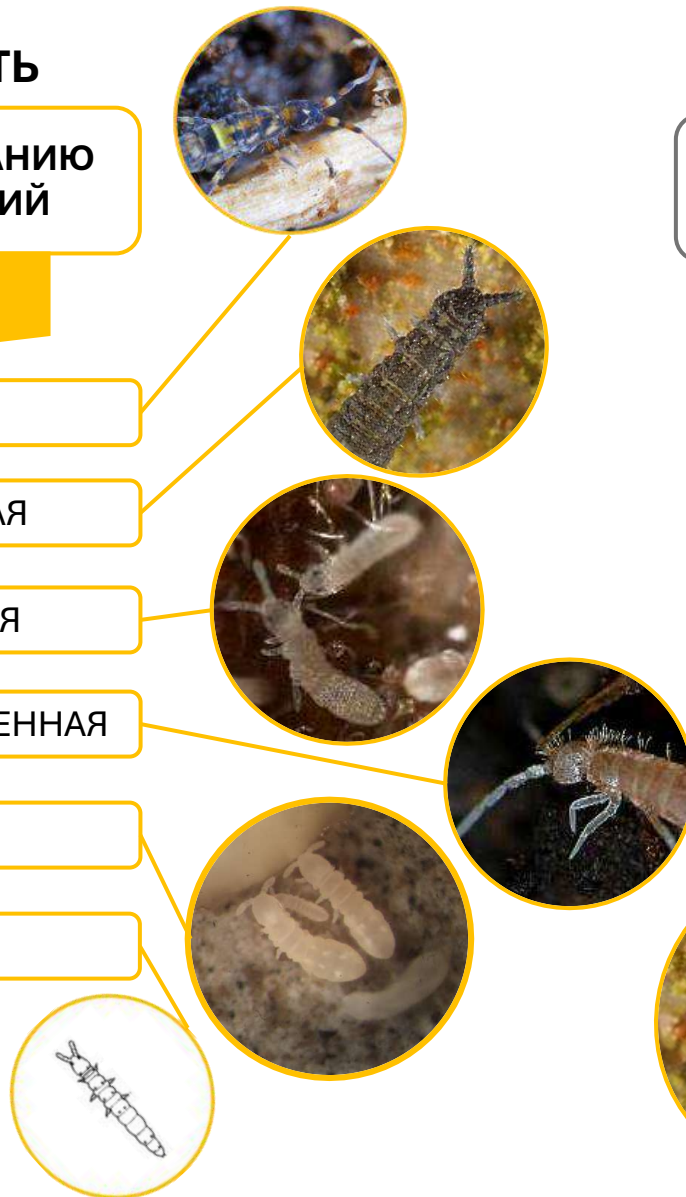
ВЕРХНЕПОДСТИЛОЧНАЯ

НИЖНЕПОДСТИЛОЧНАЯ

ПОДСТИЛОЧНО-ПОЧВЕННАЯ

ВЕРХНЕПОЧВЕННАЯ

ГЛУБОКОПОЧВЕННАЯ



## ЗАКОНОМЕРНОСТЬ

ПЛОТНОСТЬ СКОПЛЕНИЙ  
(ЧАСТОТЫ МИНИМАЛЬНЫХ ИД)

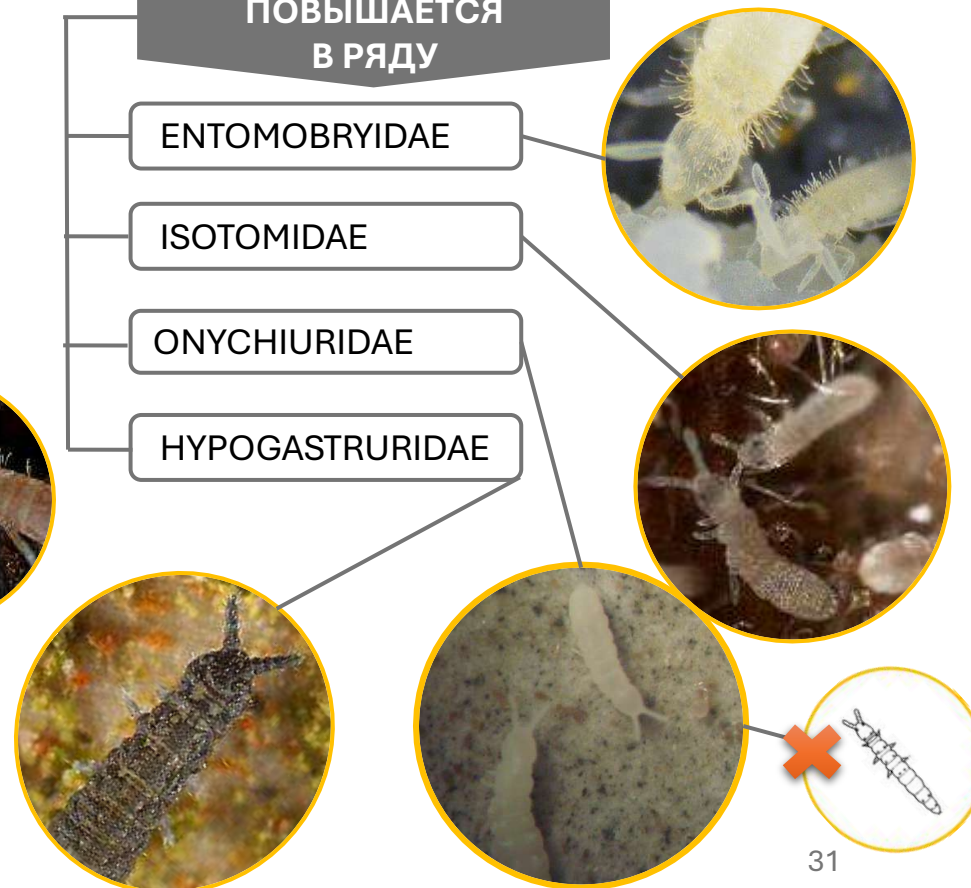
ПОВЫШАЕТСЯ  
В РЯДУ

ENTOMOBRYIDAE

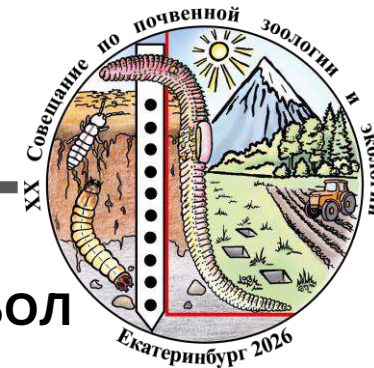
ISOTOMIDAE

ONYCHIURIDAE

HYPOGASTRURIDAE

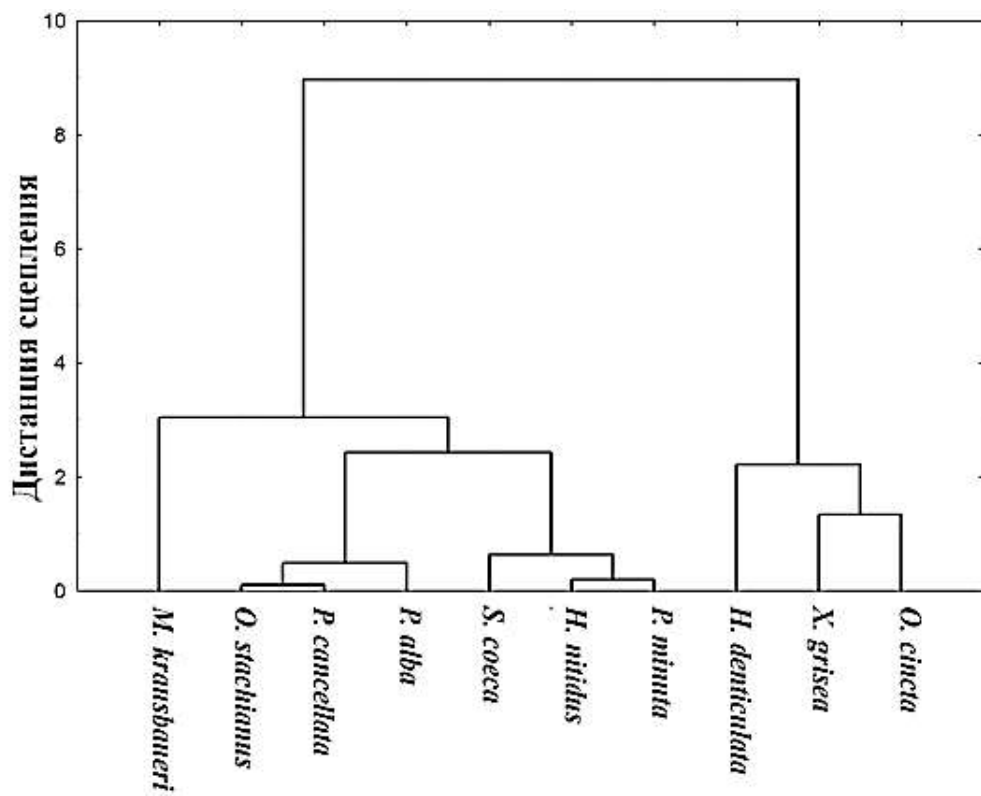


# РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ



## ДЕНДРОГРАММА СХОДСТВА ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КОЛЛЕМБОЛ

НИЗКАЯ ПЛОТНОСТЬ КУЛЬТУРЫ



ВЫСОКАЯ ПЛОТНОСТЬ КУЛЬТУРЫ

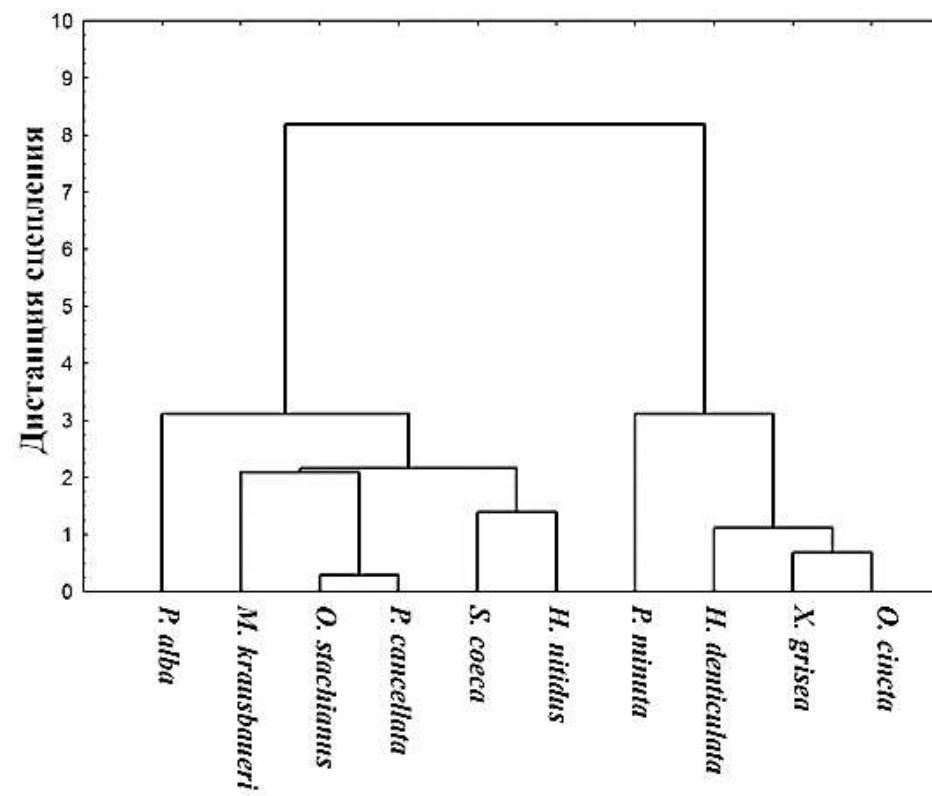
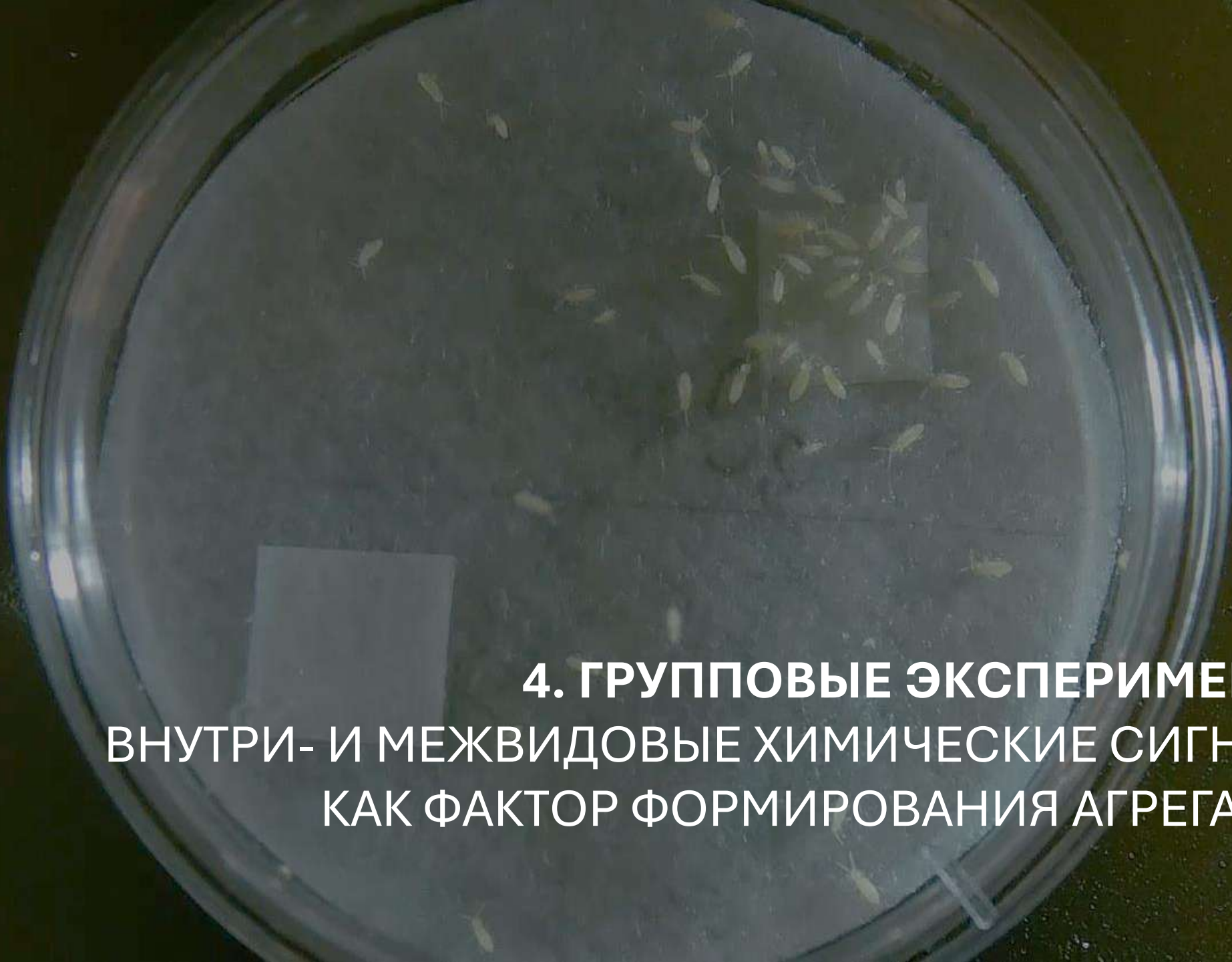
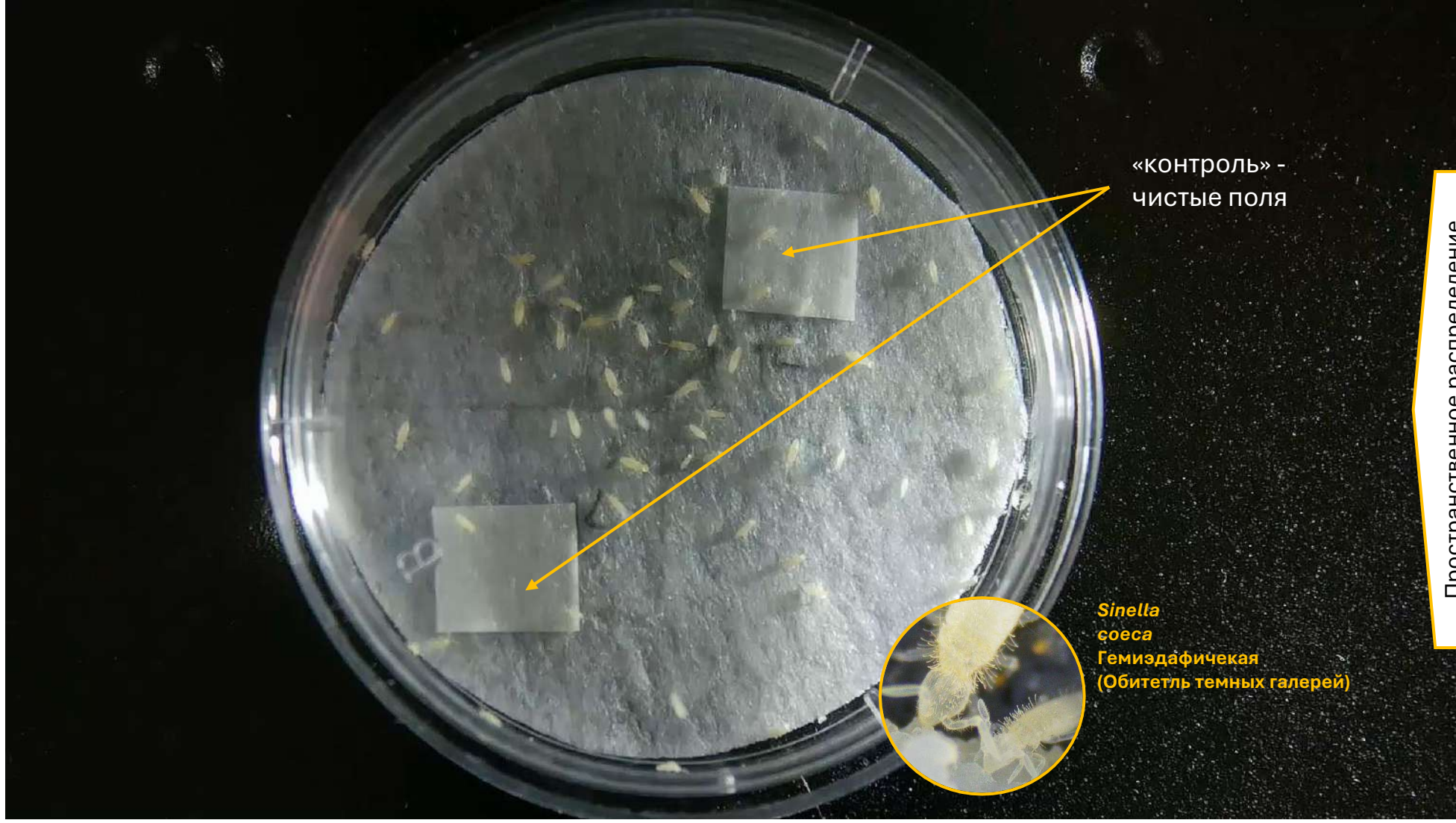
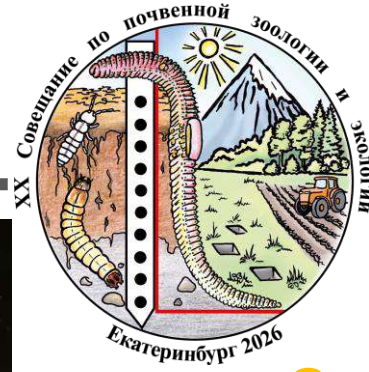


Рис. 39. Дендрограммы классификации видов коллембол по значению индекса Лексиса при низкой (слева) и высокой (справа) плотности населения монокультуры: через 1 сутки после начала эксперимента

A top-down view of a circular petri dish containing a dark, moist substrate. Numerous small, pale, worm-like organisms (Sinella coeca) are visible, with a higher concentration forming a cluster in the upper right quadrant. Two small, light-colored rectangular pieces of paper or tape are placed on the substrate, one in the lower left and one in the center-right.

#### 4. ГРУППОВЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ: ВНУТРИ- И МЕЖВИДОВЫЕ ХИМИЧЕСКИЕ СИГНАЛЫ КАК ФАКТОР ФОРМИРОВАНИЯ АГРЕГАЦИЙ

# РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ



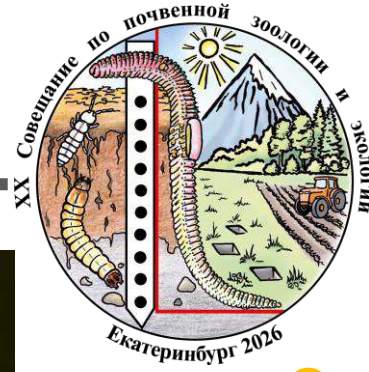
«контроль» -  
чистые поля

*Sinella*  
*coesa*  
Гемиздафичекая  
(Обитатель темных галерей)

Пространственное распределение  
*S. coesa* на арене на 10-й минуте  
наблюдений (контроль-контроль)

**ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ АГРЕГАТИВНОГО  
ПОВЕДЕНИЯ: ГРУППОВЫЕ ТЕСТЫ**

# РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ



«СВОЙ» -  
насиженное поле  
донор - *S.coeca*  
выбирает - *S.coeca*



*Sinella*  
*coeca*  
Гемиздафичекая  
(Обитатель темных галерей)

Пространственное распределение  
*S.coeca* на арене на 8-й минуте  
наблюдений (свой-контроль)

# РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

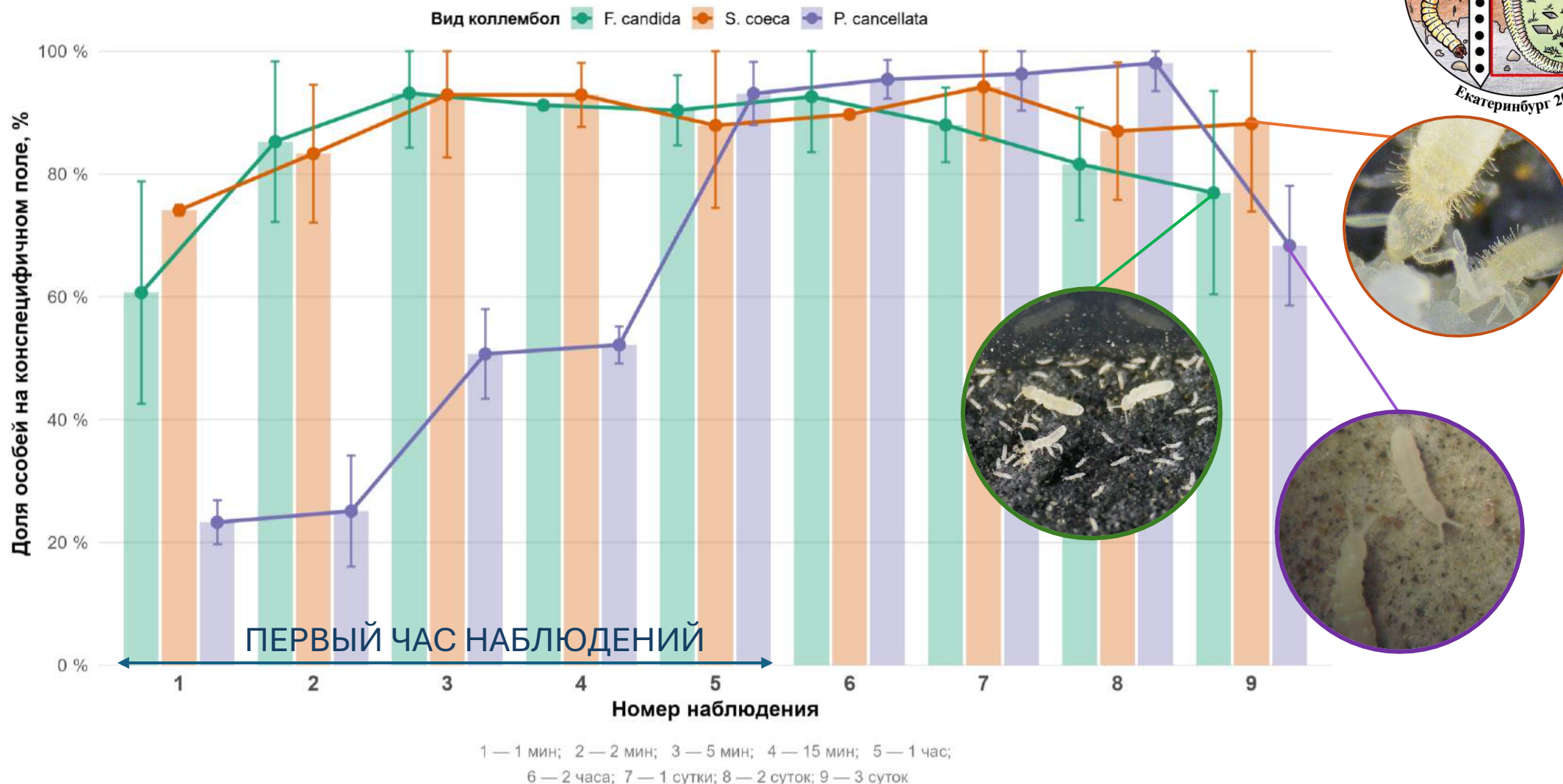
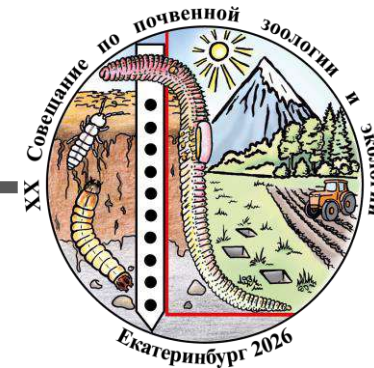
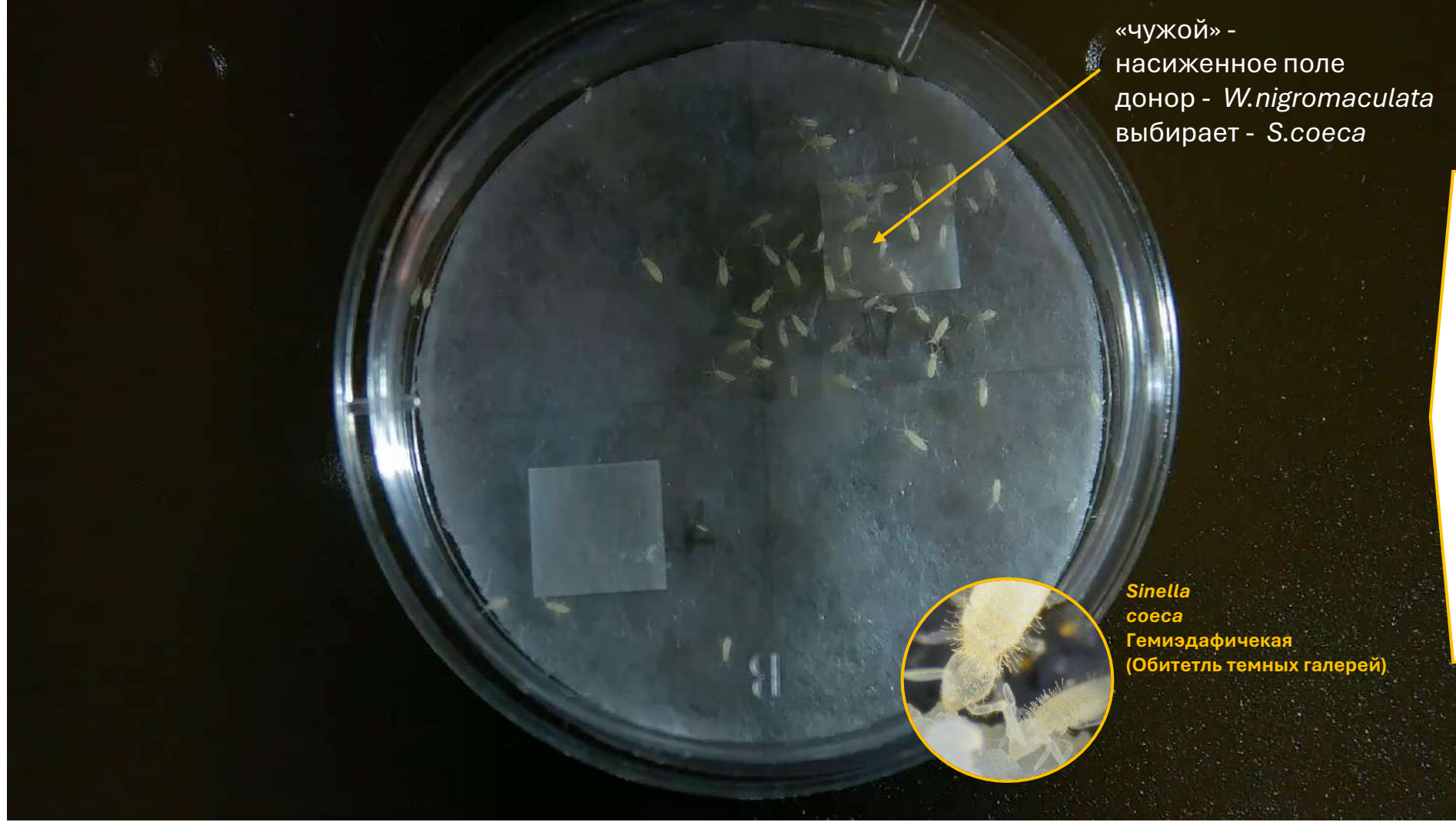
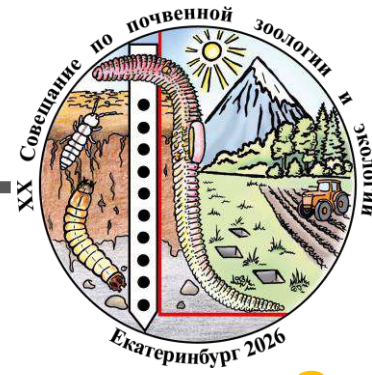


**Рис. 40.** Динамика пространственного распределения трёх видов коллембол на конспецифичных феромонных полях в течение трёх суток (среднее  $\pm$  95% CI,  $n = 3$ ). Отчётливо видны три разных кинетических профиля агрегационного ответа.

# РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ



«чужой» -  
насиженное поле  
донор - *W.nigromaculata*  
выбирает - *S.coesa*

*Sinella*  
*coesa*  
Гемиздафичекая  
(Обитатель темных галерей)

Пространственное распределение  
*S.coesa* на арене на 9-й минуте  
наблюдений (чужой-контроль)

# РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

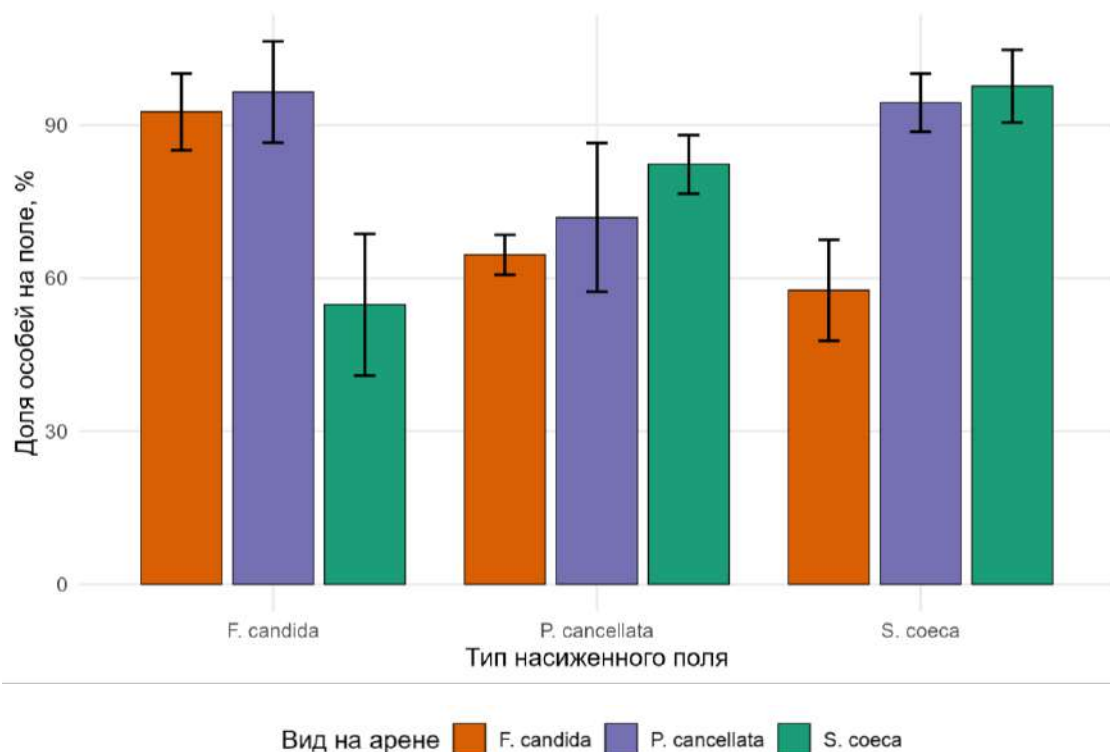
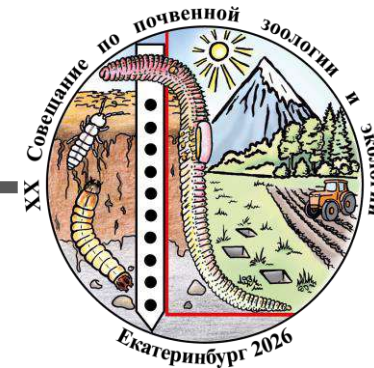


**Рис. 41.** Доля особей *F. candida*, *P. cancellata* и *S. coeca* на «своих» и «чужих» насиженных полях, (среднее ± 95% CI, n = 3).

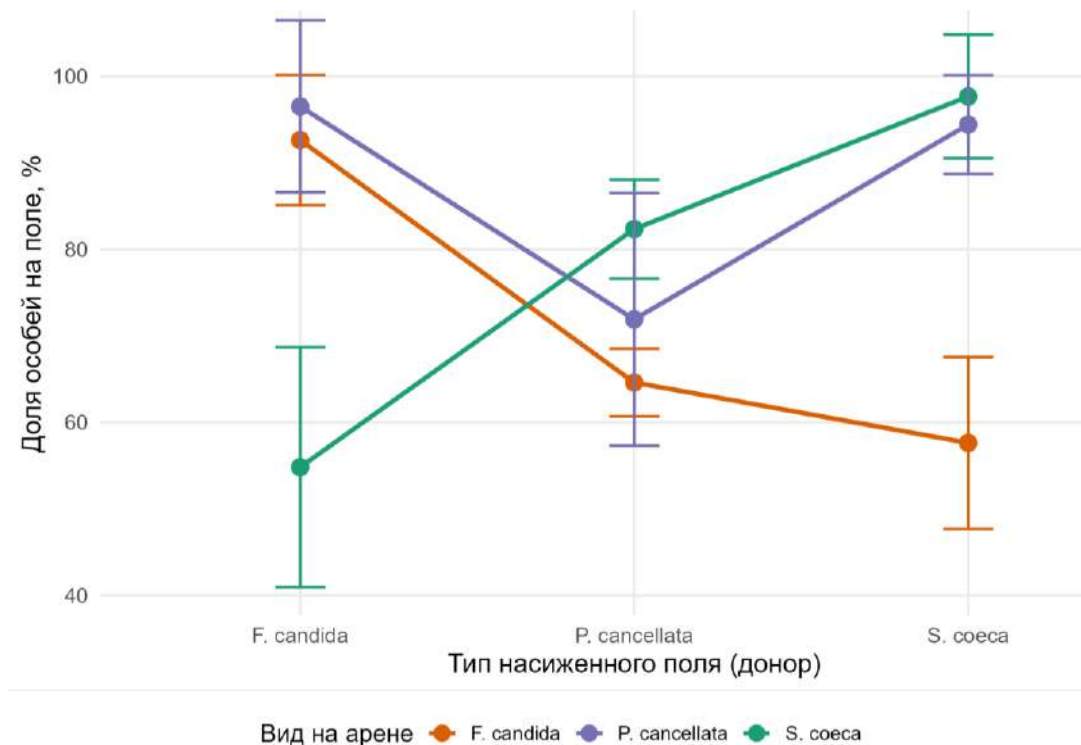
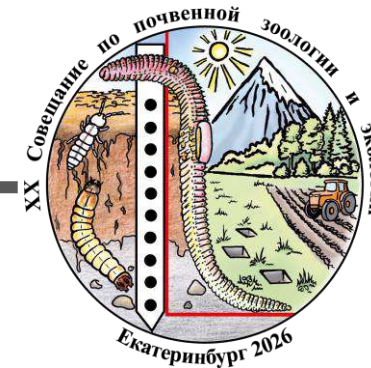


**Рис. 42.** Профили взаимодействия «вид × тип поля»: доля особей трёх видов коллембол на кон- и гетероспецифичных насиженных полях (среднее ± 95% CI, n = 3). Пересечение линий указывает на значимое взаимодействие (p < 0,001)

# РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ



Распределение ответов по ячейкам

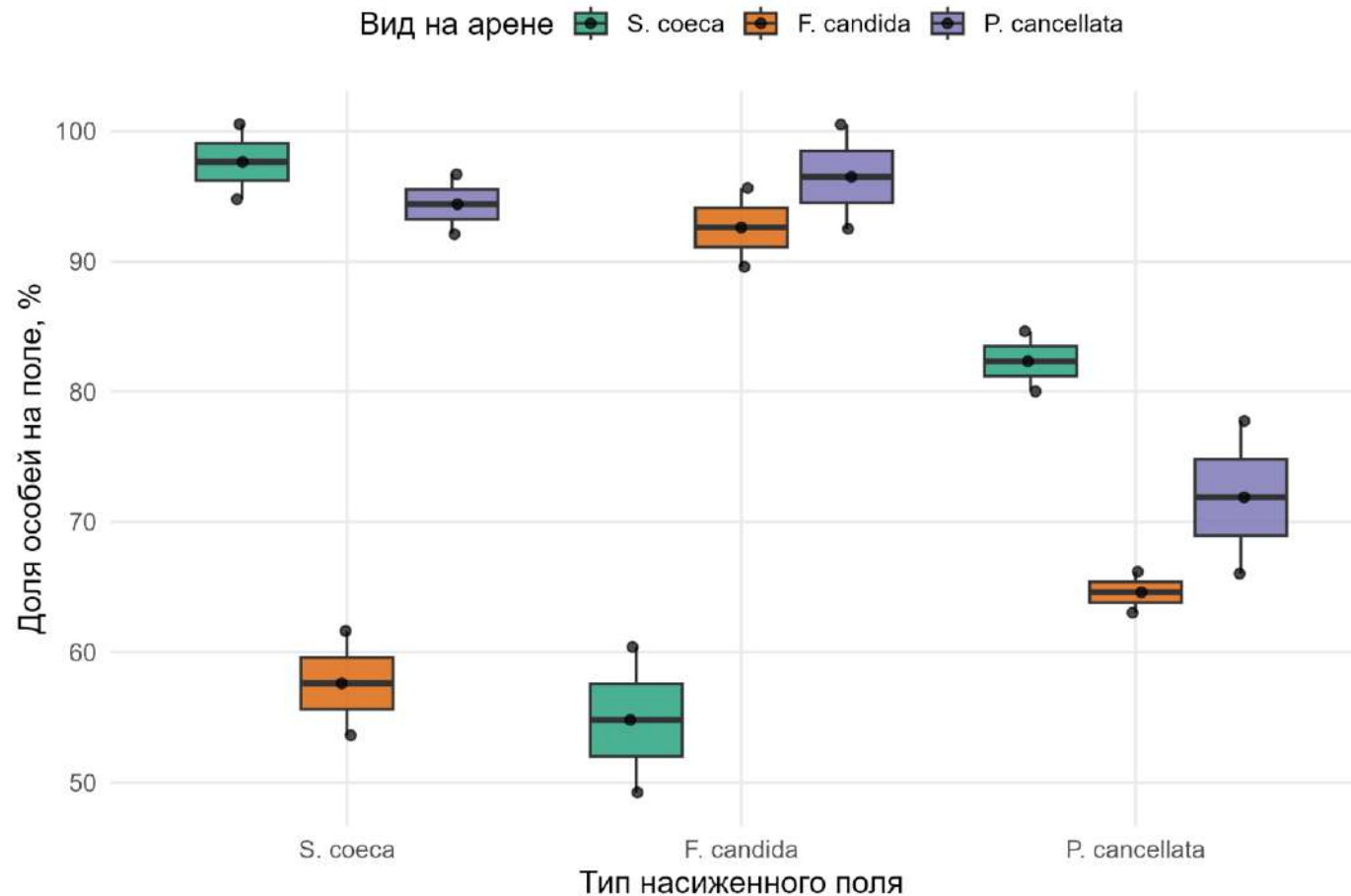


**Рис. 43.** Распределение ответов коллембол по ячейкам эксперимента. По оси абсцисс — тип насиженного поля (вид-донор), по оси ординат — доля особей, оставшихся на поле, %. Цвет соответствует виду на арене: зелёный — *S. coeca*, оранжевый — *F. candida*, фиолетовый — *P. cancellata*. Горизонтальная линия в ящике — медиана, точки — индивидуальные значения по трём повторностям.

The image shows three millipedes, identified as Bionychiurus normalis, on a dark, granular substrate. The millipedes are pale yellowish-brown with a segmented body. One is positioned at the top left, another slightly below and to the right of it, and the third is further down and to the right. They are all oriented towards the left. The background is dark and textured, possibly soil or a laboratory surface.

#### 4. ХИМИЧЕСКАЯ КОММУНИКАЦИЯ: ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ПОВЕДЕНЧЕСКИЕ БИОТЕСТЫ НА АРЕНЕ

*Bionychiurus normalis* (Gisin, 1949)

# РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

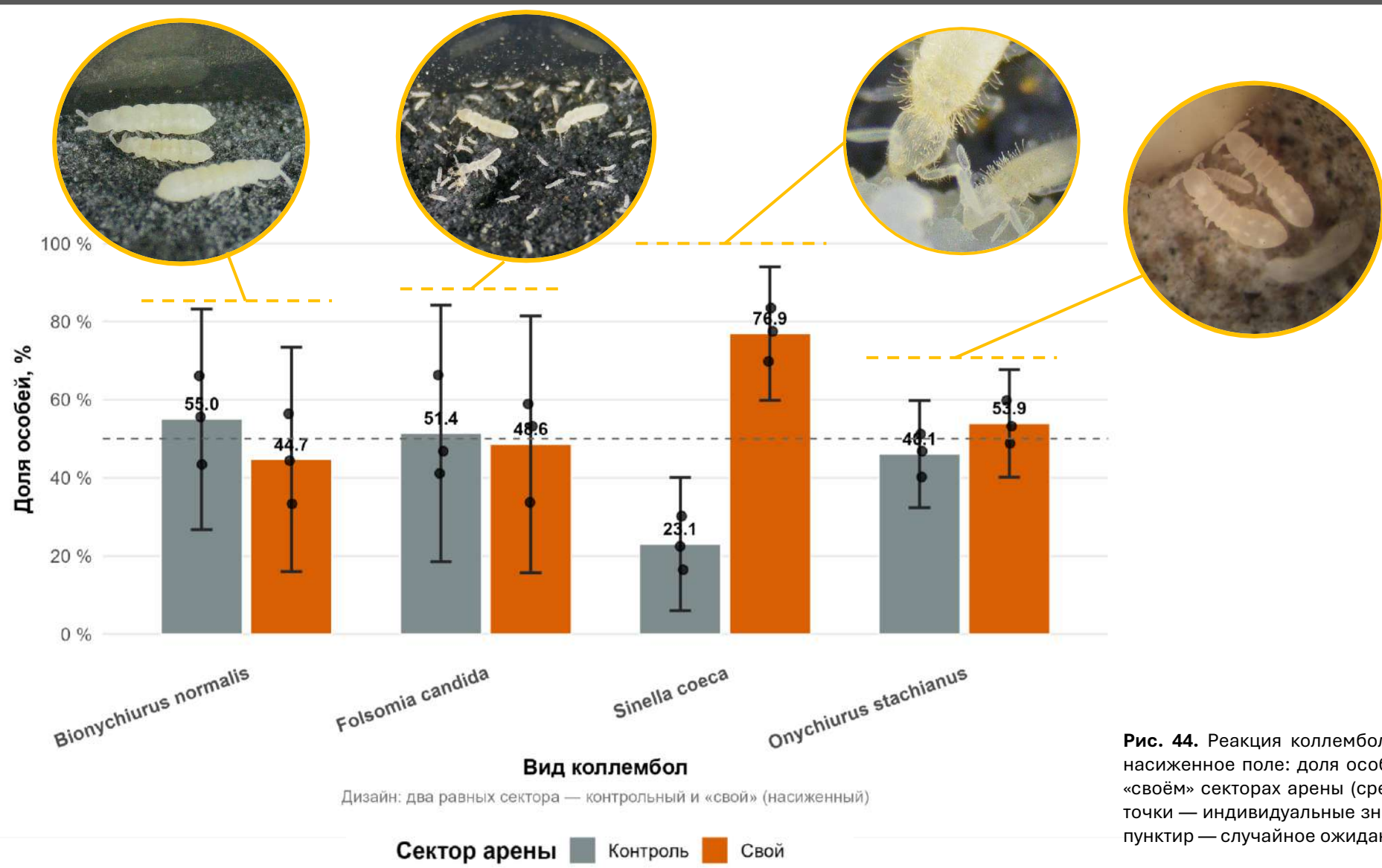
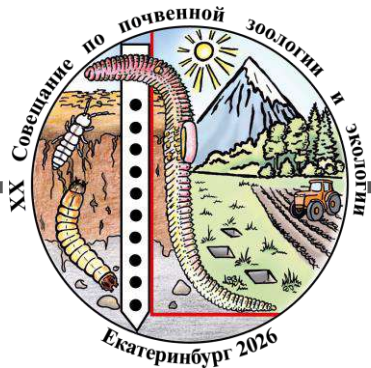


**Рис. 44.** Реакция коллембол на конспецифичное насыщенное поле: доля особей на контрольном и «своем» секторах арены (среднее  $\pm$  95% CI,  $n = 3$ ; точки — индивидуальные значения повторностей; пунктир — случайное ожидание 50 %).

# РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

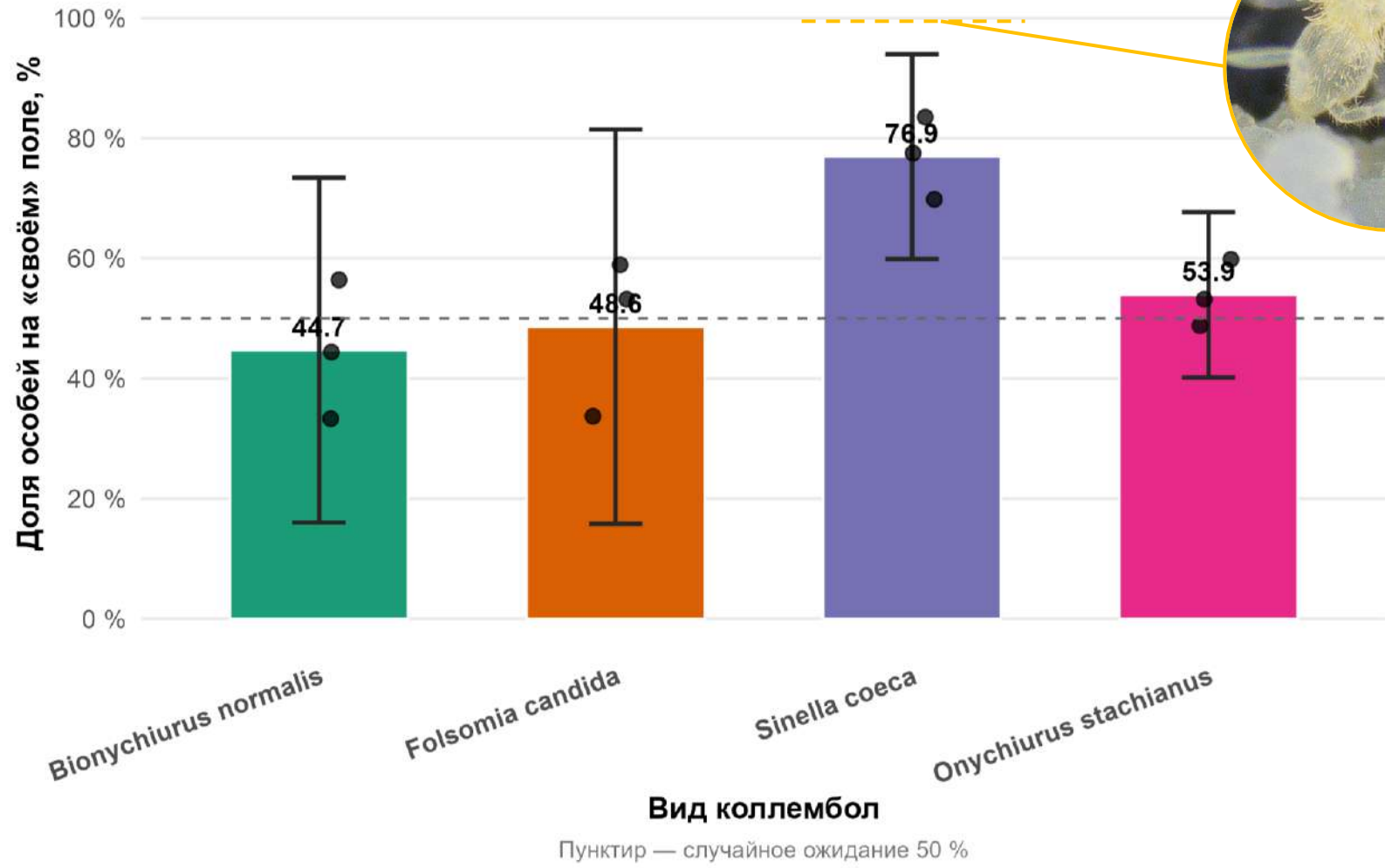
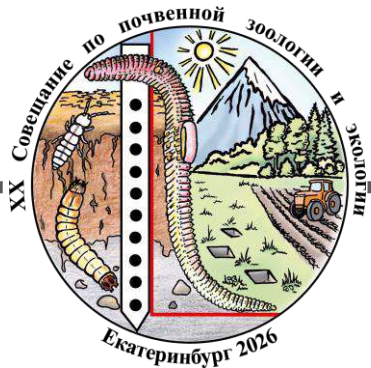
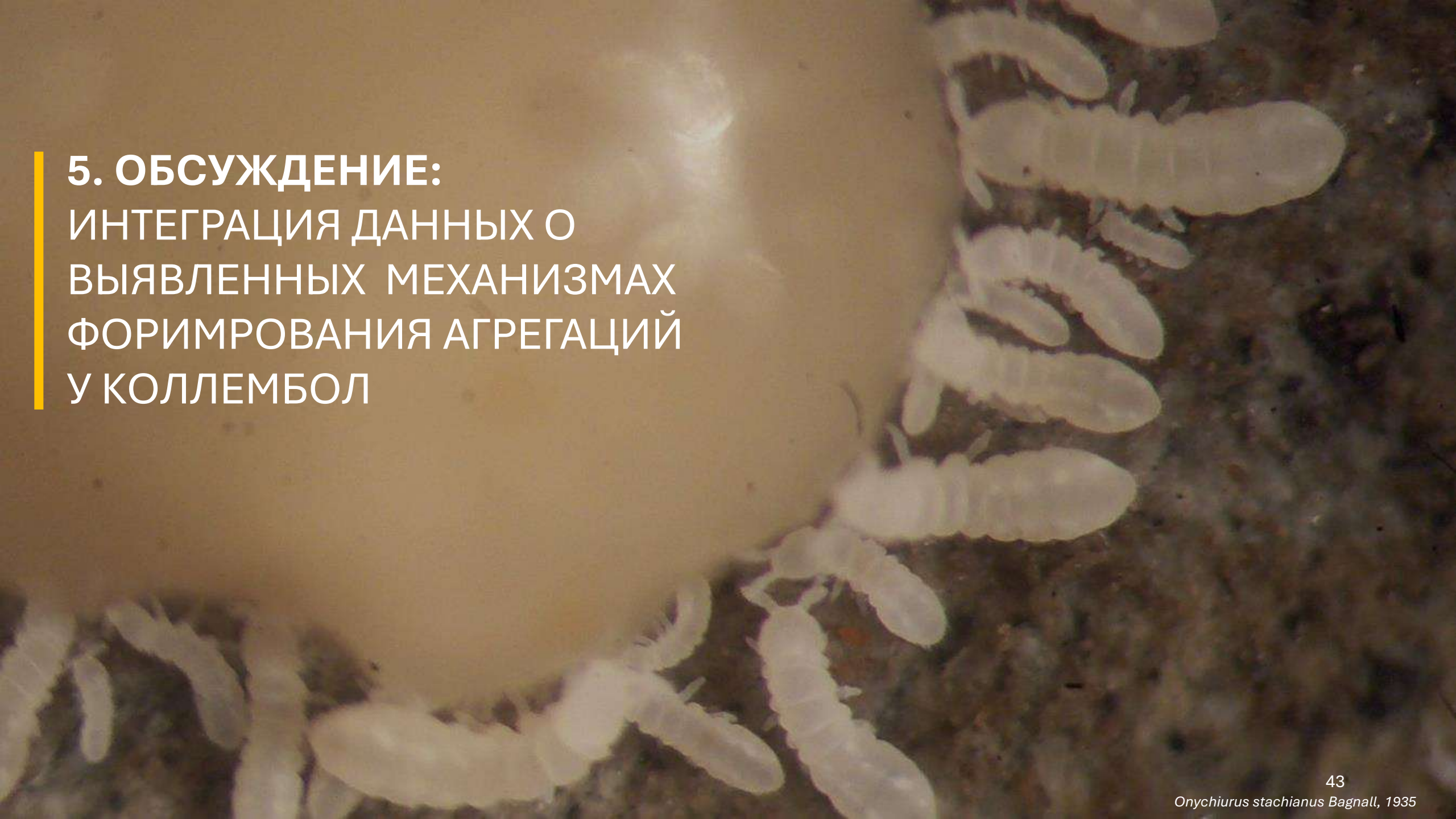


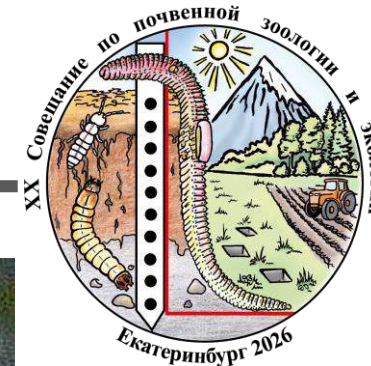
**Рис. 45.** Привлекательность конспецифичного насиженного поля для четырёх видов коллембол: доля особей на «своём» секторе арены (среднее ± 95% CI, n = 3; точки – индивидуальные значения повторностей; пунктир – случайное ожидание 50 %).

The background of the slide is a photograph showing a large number of small, white, segmented organisms, identified as Onychiurus stachianus, aggregating on a dark, textured surface. The organisms are clustered together, with some individuals clearly visible in the foreground and others forming a dense mass in the background. The lighting is somewhat dim, highlighting the translucent, segmented bodies of the organisms.

## 5. ОБСУЖДЕНИЕ: ИНТЕГРАЦИЯ ДАННЫХ О ВЫЯВЛЕННЫХ МЕХАНИЗМАХ ФОРМИРОВАНИЯ АГРЕГАЦИЙ У КОЛЛЕМБОЛ

# ОБСУЖДЕНИЕ

## ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ДИСТАНЦИИ



### ФАКТЫ

**Индивидуальная дистанция** – поведенчески регулируемая зона, отражающая баланс между привлекающими (метаболиты-аттрактанты) и отталкивающими (тактильные, контактные) стимулами.

**Дистанция видоспецифична:** от 0,25 мм у Hypogastruridae до 3,5 мм у *M. krausbaueri*.

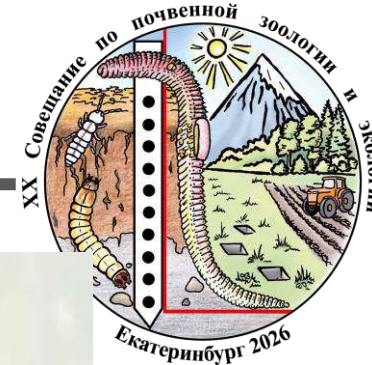
При росте плотности у агрегирующих видов дистанция **сокращается**, у неагрегирующих – **возрастает**.

**Агрессивные контакты** возникают при нарушении минимальной дистанции у Entomobryidae, но отсутствуют у Hypogastruridae и Onychiuridae.

*Bionychiurus normalis* (Gisin, 1949)

# ОБСУЖДЕНИЕ

## ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ДИСТАНЦИИ

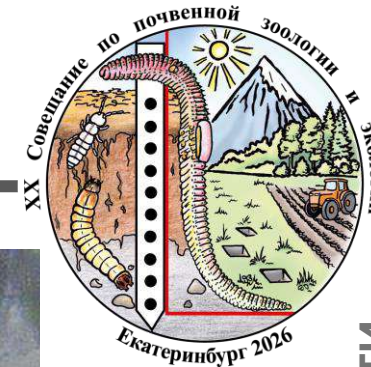


**Агрессивное поведение *S. coesa* во  
время трофической активности особей,  
проявляющееся при нарушении  
индивидуальных дистанций**



# ОБСУЖДЕНИЕ

## ДИНАМИКА АГРЕГАЦИЙ



ТРИ ПРОФИЛЯ

**Агрегация** — динамический процесс с видеспецифичной временной структурой, а не статичный отклик на химический стимул.

***F. candida*** — быстрая агрегация (93 % за 5 мин) с последующим расселением до 77 % к 3-м суткам.

***S. coeca*** — устойчивое квазистационарное плато 88–94 % весь эксперимент.

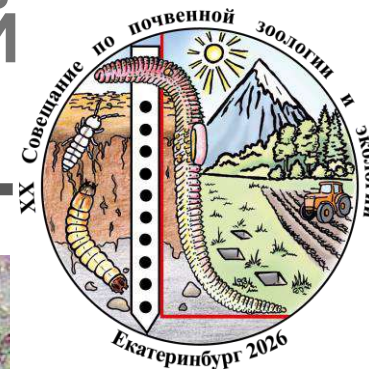
***P. cancellata*** — задержанный ответ (23 % → 93 % за час → 98 % на 2-е сутки → 68 % на 3-и).

Длительные наблюдения с гетерогенными интервалами — многоточечный мониторинг — дал объективную картину динамики агрегаций, что ранее не формулировалось в литературе.

*Sinella coeca* (Schött, 1902)

# ОБСУЖДЕНИЕ

## АСИММЕТРИЯ МЕЖВИДОВОЙ АТТРАКЦИИ



Метаболиты коллембол – **химические сигналы, вызывающие агрегирование особей** – не всегда видоспецифичны.  
**Межвидовая аттракция** может быть асимметричной – что имеет глубокие экологические последствия.

### КЛЮЧЕВОЙ РЕЗУЛЬТАТ

*P. cancellata* предпочитает «чужие» химические сигналы *S. coeca* и *F. candida* – 94 % и 97 %, на собственном – 72 %.

*F. candida* и *S. coeca* взаимно привлекаются слабо (57 % и 54 %) – вероятный механизм видовой изоляции.

### ТРИ ГИПОТЕЗЫ:

**Химическая структура сигнала** - многокомпонентные смеси с общими компонентами.

**Экологическая стратегия** – эуэдафический вид *P. cancellata* использует гетероспецифичные сигналы как индикатор благоприятного микросайта.

**Микробное посредничество** - метаболиты микроорганизмов на насиженных полях, привлекательные для разных видов.

*Tomocerus* sp.

## 6. ВЕРОЯТНЫЕ ПЕРСПЕКТИВЫ: ЭТОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ РОЛИ ХЕМОКОММУНИКАЦИИ В РЕГУЛЯЦИИ АГРЕГАТИВНОГО ПОВЕДЕНИЯ КОЛЛЕМБОЛ



# ПЕРСПЕКТИВЫ

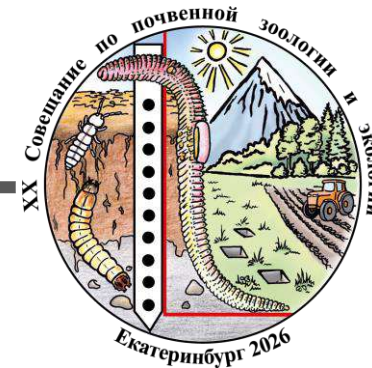
## ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ПЕРСПЕКТИВЫ



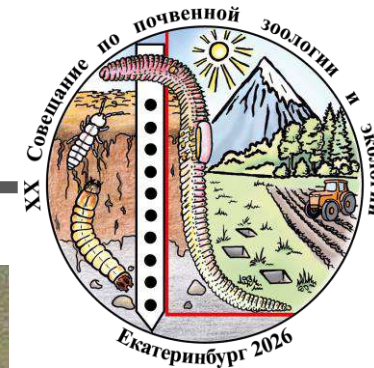
Расширение спектра модельных объектов  
внутри доступных культур.

Сравнительный анализ кинетики агрегации  
у разных жизненных форм.

Изучение асимметрии межвидовой  
аттракции



# ПЕРСПЕКТИВЫ



## МЕТОДИЧЕСКИЕ ПЕРСПЕКТИВЫ



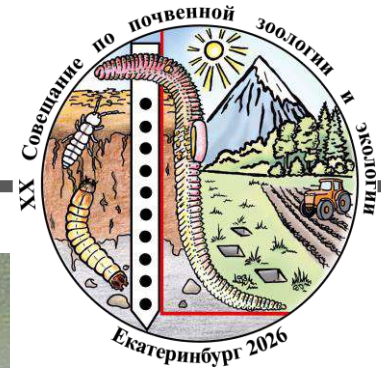
Линяющая *Protaphorura* sp.

Автоматизация трекинга в  
групповых биотестах.

Развитие методики «насиженных  
полей» для полевых условий

Интеграция поведенческих  
данных с микробиологическими

# ПЕРСПЕКТИВЫ



## ПРИКЛАДНЫЕ ПЕРСПЕКТИВЫ



*Каннибализм у изотомид (источник особей – речные наносы)*

Развитие методических пособий  
для студентов и школьников.

Популяризация результатов  
исследований среди молодежи.

Эксперименты в агроценозах:  
полевые эксперименты с  
насиженными полями.



**XX СОВЕЩАНИЕ ПО ПОЧВЕННОЙ  
ЗООЛОГИИ И ЭКОЛОГИИ**  
14-18 сентября 2026 г.

**СПАСИБО  
ЗА ВНИМАНИЕ!**

Нижегородский государственный  
педагогический университет им. К. Минина  
Sovann@yandex.ru

**СЕРДЕЧНАЯ БЛАГОДАРНОСТЬ:**

♥ моей научной маме – Елене Владимировне Варшав,  
♥ моим замечательным наставникам – Наталии Александровне Кузнецовой и Михаилу Борисовичу Потапову,  
♥ всей кафедре зоологии и экологии МПГУ,  
♥ организаторам XX совещания по почвенной зоологии и экологии!