



Издатель

ФГБОУ ВО «Петрозаводский государственный университет»
Российская Федерация, г.Петрозаводск, пр.Ленина,33

Научный электронный журнал

ПРИНЦИПЫ ЭКОЛОГИИ

<http://ecopri.ru>

№ 4 (42). Декабрь, 2021

Главный редактор

А. В. Коросов

Редакционный совет

В. Н. Большаков
А. В. Воронин
Э. В. Ивантер
Н. Н. Немова
Г. С. Розенберг
А. Ф. Титов

Редакционная коллегия

Г. С. Антипина
В. В. Вапиров
Т. О. Волкова
Е. П. Иешко
В. А. Илюха
Н. М. Калинкина
А. М. Макаров
А. Ю. Мейгал
В. К. Шитиков
В. Н. Якимов
A. Gugolek B.
J. B. Jakovlev
R. Krasnov
J. P. Kurhinen

Службы поддержки

А. А. Зорина
А. Г. Марахтанов
Е. В. Голубев
С. Л. Смирнова
Н. Д. Чернышева
М. Л. Киреева

ISSN 2304-6465

Адрес редакции

185910, Республика Карелия, г.Петрозаводск, пр. Ленина, 33. Каб. 453

E-mail: ecopri@psu.karelia.ru

<http://ecopri.ru>





УДК 593.11

РАКОВИННЫЕ АМЕБЫ (RHIZOPODA, TESTACEA) В БИОГЕОЦЕНОЗАХ ЗАПОВЕД- НИКА «КИВАЧ»

ВАЛДАЕВА
Елена Викторовна

Бакалавриат, Петрозаводский государственный университет,
elenvaldv@gmail.com

ЛЯБЗИНА
Светлана Николаевна

д. б. н., Петрозаводский государственный университет,
slyabzina@petsu.ru

Ключевые слова:
Testacea
раковинные амебы
видовой состав
структура
доминирования
сезонная динамика
почвы
лесные биоценозы

Аннотация: Сообщества раковинных амеб (Rhizopoda, Testacea) изучали в почвенных биогеоценозах заповедника «Кивач». В пяти исследуемых биотопах (осинник разнотравно-злаковый, сосняк брусничный и лишайниковый, ельник хвощево-сфагновый и черничный) обнаружено 40 видов тестацей, принадлежащих к 17 родам. Структуру населения простейших рассматривали в гумусовом слое. Наибольшее видовое и количественное разнообразие тестацей отмечено в сосновых биогеоценозах и представлено видами *Assulina muscorum*, *Euglypha ciliata* var. *glabra*, *Euglypha laevis*, *Nebela tincta*, *Trigonopyxis minuta*. Компонентный анализ установил две значимые компоненты: первая определяет виды, которые являются доминантами и встречаются во многих исследуемых биотопах (*Cyclopyxis eurystoma*, *C. eurystoma* v. *parvula*, *Schoenbornia humicola*, *Trinema complanatum*, *T. lineare*), вторая компонента определяет сообщество раковинных амеб, которые встречаются в почвах осинника и еловых биоценозов (*Archerella flavum*, *Centropyxis aerophila*, *Centropyxis sylvatica*, *Cyclopyxis arcelloides*, *Cyclopyxis kahli*, *Cyclopyxis ambigua*, *Heleopera sylvatica*, *Plagiopyxis callida*). Для некоторых видов раковинных амеб выявлена сезонная динамика активности: в летний период в массе встречаются тестацей *T. lineare* и *S. humicola* с пиком активности в середине июля, а виды *Trigonopyxis minuta* и *Plagiopyxis labiata* увеличивают свою численность в начале осени.

© Петрозаводский государственный университет

Получена: 25 ноября 2021 года

Подписана к печати: 25 декабря 2021 года

Введение

Раковинные амебы – простейшие микроорганизмы, которые имеют широкое распространение и играют важную роль в формировании почвенного покрова, участвуя в круговоротах биогенных элементов, таких как азот, фосфор, углерод (Bobrov, 2019). В лесах тестацей представляют собой неотъемлемую часть почвенного микромира. Эти организмы имеют высокую чувствительность к изменению некоторых условий среды обитания. Их разнообразие и численность во многом зависят от ряда фак-

торов: физических и химических свойств почв, антропогенного воздействия, влажности (Creevy et al., 2018; Кошкарова, Гренадерова, 2018; Надпорожская и др., 2020; Carballeira, Pontevedra-Pombal, 2021; Malchik et al., 2021). Особое влияние на сообщество тестацей оказывает структура древостоя. По данным И. В. Клюкиной и др. (2018), наиболее заселена простейшими ризосфера, где происходит контакт живых организмов с корневой системой и органами растения, находящимися в почве. Вблизи корней березы в светло-серых лесных почвах было выявле-

но 8 видов тестацей, и максимальная их численность регистрировалась на расстоянии от 20 до 60 см от корневой шейки дерева. Например, высокая плотность вида *Phryganella acropodia* отмечена на расстоянии 40 см от корневой шейки и составляет 89203 экз./г сухой почвы, а на расстоянии 80 см отмечается резкое снижение его численности до 58870 экз./г. Аналогичное уменьшение численности с расстоянием выявлено и по отношению к простейшим, обнаруженным в подкороновой зоне хвойных пород (сосна и ель), при этом для некоторых видов наблюдается элиминация (Кулюкина и др., 2016). Обилие тестацей во всех случаях вблизи корней связано с тем, что в этой части сконцентрировано наибольшее количество питательных веществ и влажности.

В настоящее время активно ведется изучение разнообразия сообщества раковинных амеб и в лесных естественных экосистемах в Средней и Западной Сибири (Булатова, 2010; Кулюкина и др., 2016, 2018; Кошкарлова, Гренадерова, 2018). Изучение раковинных амеб на заповедных территориях является важным для мониторинга и оценки состояния почвенного покрова в этих зонах (Комаров, 2017; Малышева, Мазей, 2017 и др.).

Исследование посвящено выявлению видового состава тестацей, структуры доминирования, сезонной динамики и общности между биотопами. Работу выполняли в заповеднике «Кивач», который является первой особо охраняемой природной территорией, созданной на севере. Возраст хвойных насаждений в заповеднике составляет 180–300 лет (Особо охраняемые..., 2017).

Материалы

Исследование проводили на территории заповедника «Кивач» (62°16' с. ш. 33°58' в. д.) в пяти типах биотопов: осиннике разнотравно-злаковом, сосняке брусничном и лишайниковом, ельнике хвощево-сфагновом и черничном (рис. 1). Пробы почв отбирались в вегетационный период с июня по сентябрь в течение двух лет (2020–2021 гг.).

Почвы заповедника представлены подзолистыми, перегнойно-глеевыми, торфяными и с бурым профилем типами, которые различны по своим физико-химическим и гидротермическим свойствам и определяют разнообразие биотопов с их растительным покровом (Федорец и др., 2006; Бахмет, 2017). На склонах возвышенностей данной

территории наиболее часто встречаются сосновые леса (41 % лесной площади), сформированные на иллювиально-железистых, иллювиально-гумусово-железистых песчаных подзолах. Для еловых лесов, занимающих 30 % от всех лесных ценозов, характерны глинистые элювиальные и торфянистые почвы. Лиственные леса с преобладанием березы расположены на подзолистых и глинистых почвах и занимают около 24 % от общей площади лесов заповедника.

Сбор почвенных образцов проводился на одних и тех же участках в течение всего периода исследования. Подбирались места отбора почв на расстоянии 60–80 см от корневой шейки дерева. Раковинных амеб изучали в гомогенизированном слое почвы. Почвенные пробы изымали из гумусового горизонта (перегнойно-аккумулятивный, A_1) на глубине 10–20 см, который характеризуется смесью частично разложившейся органики. Подстилку (свежеопавшая хвоя и разлагающиеся животные остатки) предварительно снимали. Раковинных амеб выделяли по методике А. А. Рахлеевой, Г. А. Коргановой (2005). Проба готовилась из всей гомогенизированной навески отобранного слоя. Образцы почв (5 г) помещали в колбу и заливали водой (150–200 мл), оставляя на несколько часов для размокания частиц. Затем эту взвесь взбалтывали, фильтровали через сито с ячейками 0.8 мм и отстаивали в течение нескольких часов. Образующуюся надосадочную жидкость сливали, а оставшееся количество фильтрата переносили в градуированную емкость и снова давали отстояться. Суспензию окрашивали кармином в течение суток и фиксировали формалином. С каждой пробы просматривалось не менее десяти препаратов при минимальном количестве 100 экземпляров. Всего проанализировано более 1800 проб. Подсчет раковинных амеб проводили в водных суспензиях при объеме 45 + 0.05 мкл. Микроскопирование препаратов осуществляли при увеличениях объектов 10 x 60 и 10 x 45.

Методы

Характеризуя сообщества раковинных амеб (α -разнообразие), применяли индексы Шеннона, Симпсона и Бергера – Паркера (Шитиков, Розенберг, 2005). Направления изменчивости тестацей в исследуемых биогеоценозах выявляли методом главных компонент. Расчеты проведены в программе PAST 3.14 (Hammer et al., 2001).

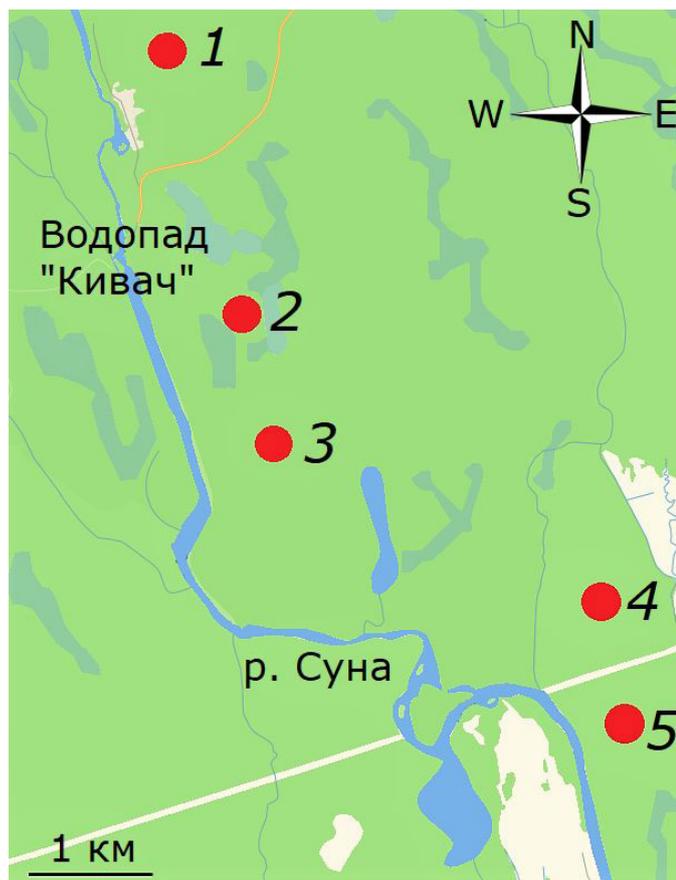


Рис. 1. Места отбора проб почвенных образцов в заповеднике «Кивач» (цифрами отмечены исследуемые участки):

1 – ельник хвощево-сфагновый; 2 – осинник разнотравно-злаковый; 3 – ельник черничный; 4 – сосняк брусничный; 5 – сосняк лишайниковый

Fig. 1. Sampling sites in the Kivach Reserve (studied sampling sites marked with numbers): 1 – horsetail-sphagnum spruce forest; 2 – motley grass-grass aspen forest; 3 – blueberry spruce forest; 4 – cowberry pine forest; 5 – lichen pine forest

Результаты

В исследуемых биогеоценозах обнаружено 40 видов раковинных амеб, принадлежащих к 17 родам. К наиболее часто встречающимся видам, отмеченным в почвах, относятся *Cyclopyxis eurystoma*, *S. eurystoma v. parvula*, *Schoenbornia humicola*, *Trinema complanatum* и *T. lineare* (табл. 1). Их численность во всех биотопах достигает более 40 % в пробах.

Вид *T. lineare* является самым распространенным среди выявленных тестацей. Он имеет небольшую по размерам раковинку (длина 16–40 мкм, ширина 7–20 мкм) овальной формы и без инородных включений. Устье скошено, с гладкими краями (рис. 2А). Также к самым многочисленным относится вид *S. eurystoma v. parvula*, который был отмечен во всех биотопах. Его раковинка центростомного типа (устье расположено в центре), шаровидная, относительно небольшая (длина 20–30 мкм, ширина 23–38 мкм) с кру-

глым, слегка вогнутым устьем. В состав раковинки входят мелкие и крупные минеральные частицы (песчинки), которые располагаются вокруг устья и образуют воротничок. Самые крупные песчинки чаще концентрируются на задней поверхности раковинки.

Форма раковинки у амебы вида *S. humicola* овальная (длина 27–35 мкм, ширина до 20 мкм), характеризуется преобладанием кремниевых частиц неправильной формы (рис. 2В). Устье округлое, без воротничка.

Необычен среди тестацей вид *Assulina muscorum*, который отличается наличием коричневой окраски. Яйцевидная раковинка *A. muscorum* имеет прочную оболочку и составлена из перекрывающихся эллиптических пластинок (рис. 2С). Устье зауженное и зубчатое, по краю состоящее из органического материала. В заповеднике «Кивач» этот вид встречался только в почвах сосновых насаждений, поскольку он предпочитает сфагновые и зеленые мхи. В Карелии

Таблица 1. Видовой состав и численность раковинных амеб в 1 г сухого субстрата, обнаруженных в почвах заповедника «Кивач»

Номер объекта в осях значимых компонент	Вид	Биотоп				
		Осинник разно-травно-злаковый	Ельник черничный	Ельник хвощево-сфагновый	Сосняк лишайниковый	Сосняк брусничный
1	<i>Alabasta militaris</i> (Duckert et al., 2018)	0	154	0	166	326
2	<i>Arcella arenaria</i> (Greeff, 1866)	0	0	0	0	169
3	<i>Archerella flavum</i> (Archer, 1877)	90	160	0	0	0
4	<i>Assulina muscorum</i> (Greeff, 1888)	0	0	0	113	188
5	<i>Centropyxis aerophila</i> (Deflandre, 1929)	156	177	175	0	0
6	<i>C. aerophila</i> var. <i>sphagnicola</i> (Deflandre, 1929)	0	169	155	0	0
7	<i>C. elongata</i> (Penard, 1890)	0	0	172	0	0
8	<i>C. orbicularis</i> (Deflandre, 1929)	191	0	0	156	266
9	<i>C. sylvatica</i> (Deflandre, 1929)	180	0	0	0	0
10	<i>C. sylvatica</i> var. <i>minor</i> (Bonnet & Thomas, 1955)	0	0	0	0	230
11	<i>Corythion delamarei</i> (Bonnet & Thomas, 1960)	0	0	0	0	170
12	<i>C. dubium</i> (Taraneck, 1871)	0	0	57	0	254
13	<i>Cryptodiffugia minuta</i> (Playfair, 1917)	0	0	0	0	93
14	<i>Cyclopyxis arcelloides</i> (Penard, 1902)	0	0	156	0	0
15	<i>C. eurystoma</i> (Deflandre, 1929)	0	135	172	143	246
16	<i>C. eurystoma</i> var. <i>parvula</i> (Bonnet et Thomas, 1960)	208	185	184	126	281
17	<i>C. kahli</i> (Deflandre, 1929)	0	105	0	0	0
18	<i>C. ambigua</i> (Bonnet et Thomas, 1960)	0	125	0	0	0
19	<i>Diffugia globulosa</i> (Dujardin, 1837)	0	150	0	0	0
20	<i>D. pristis</i> (Penard, 1902)	0	0	0	0	159
21	<i>Euglypha ciliata</i> var. <i>glabra</i> (Wailles, 1915)	0	0	0	112	237
22	<i>E. compressa</i> var. <i>glabra</i> (Cash, 1915)	0	0	0	0	131
23	<i>E. laevis</i> (Ehrenberg, 1845)	0	0	0	84	173
24	<i>E. rotunda</i> (Ehrenberg, 1845)	0	0	0	0	234
25	<i>E. strigosa</i> var. <i>glabra</i> (Wailles, 1898)	0	0	0	0	270
26	<i>E. tuberculata</i> (Dujardin, 1841)	0	0	0	0	142
27	<i>Heleopera sylvatica</i> (Penard, 1890)	0	139	0	0	0
28	<i>Hyalosphenia subflava</i> (Cash and Hopkinson, 1909)	0	0	0	138	0
29	<i>Nebela tincta</i> (Leidy, 1879)	0	0	0	149	257
30	<i>Plagiopyxis callida</i> (Penard, 1910)	0	175	0	0	0
31	<i>P. labiata</i> (Penard, 1910)	0	160	110	0	253

Таблица 1. Продолжение

Номер объекта в осях значимых компонент	Вид	Биотоп				
		Осинник разнотравно-злаковый	Ельник черничный	Ельник хвощево-сфагновый	Сосняк лишайниковый	Сосняк брусничный
32	<i>Schoenbornia humicola</i> (Schönborn, 1964)	179	216	0	134	252
33	<i>Scutiglypha scutigera</i> (Foissner et Schiller, 2001)	0	0	0	93	0
34	<i>Tracheleuglypha acolla</i> (Bonnet and Thomas, 1955)	172	0	0	0	185
35	<i>Trigonopyxis arcula</i> (Penard, 1912)	0	0	0	0	182
36	<i>T. minuta</i> (Schönborn and Peschke, 1988)	0	0	0	173	198
37	<i>Trinema complanatum</i> (Penard, 1890)	142	176	0	145	245
38	<i>T. enchelys</i> (Ehrenberg, 1838)	0	96	0	98	154
39	<i>T. lineare</i> (Penard, 1890)	177	0	125	141	382
40	<i>T. penardi</i> (Thomas & Chardez, 1958)	173	0	0	0	136
Количество особей		1668	2322	1306	1971	5813
Число видов		10	15	9	15	27

моховой ярус сосняков чаще представлен родами *Hylocomium*, *Polytrichum*, *Cetraria*, *Sphagnum*.

Среди обнаруженных шести видов раковинных амеб рода *Centropyxis* наиболее часто встречается *C. aerophila* (см. табл. 1).

Он отличается полусферической в профиль раковинкой (длина 50–85 мкм, ширина 40–65 мкм) с центрально-эксцентричным устьем, расположенным в углублении брюшной стороны (рис. 2D).

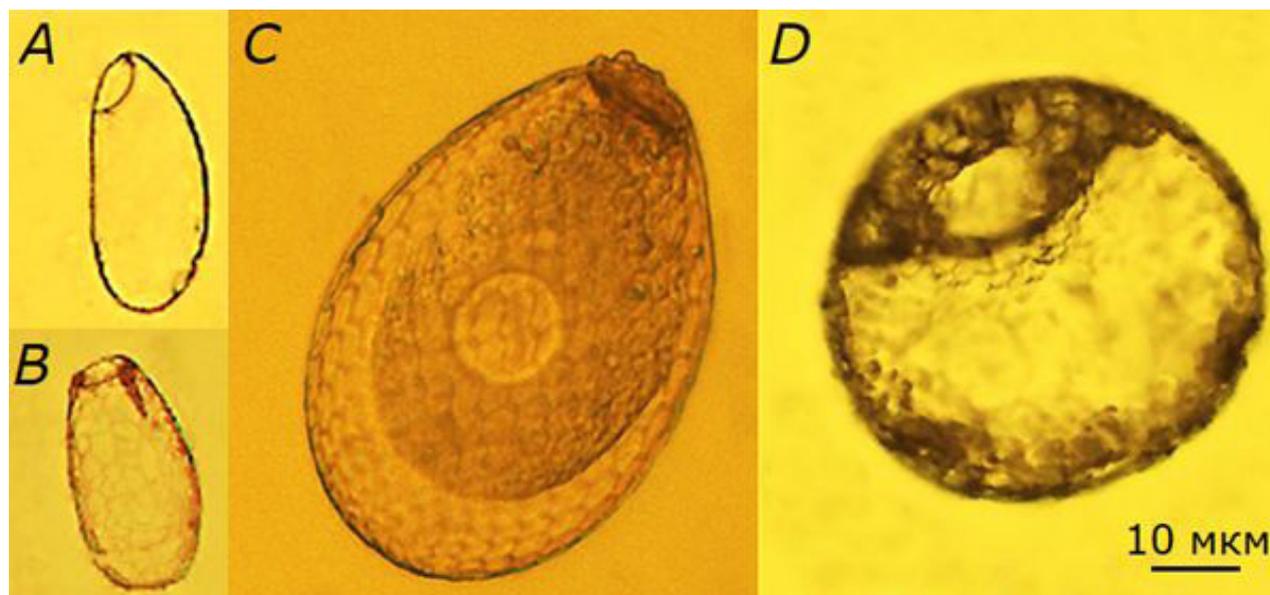


Рис. 2. Представители раковинных амеб в почвах заповедника «Кивач»: А – *T. lineare* (Penard, 1890); В – *S. humicola* (Schönborn, 1964); С – *A. muscorum* (Greeff, 1888); D – *C. aerophila* (Deflandre, 1929)

Fig. 2. Species of testate amoebae in the soil of the Kivach Reserve : А – *T. lineare* (Penard, 1890); В – *S. humicola* (Schönborn, 1964); С – *A. muscorum* (Greeff, 1888); D – *C. aerophila* (Deflandre, 1929)

Среди всех изученных биогеоценозов заповедника «Кивач» наибольшее число доминирующих видов выявлено в сосняках и ельнике черничном, где индекс Симпсона (мера доминирования), показывающий значимую долю фоновых представителей в видовом составе биоценоза, имеет наибольшее значение (табл. 2). Здесь численно превосходят виды *Alabasta militaris*, *C. eurystoma*, *C. eurystoma var. parvula*, *S. humicola*, *T. complanatum*, *T. enchelys*. Наоборот, в ельнике хвощево-сфагновом индекс Симпсона самый низкий, что говорит о небольшом количестве доминантов в сообществе.

Наибольшее разнообразие сообщества раковинных амеб в видовом и количественном соотношении отмечено в сосняке брусничном, и индекс Шеннона (видового разнообразия) имеет самое высокое значение

среди других изученных биотопов (см. табл. 1, 2). Увеличение индекса Бергера – Паркера в двух биотопах (осинник разнотравно-злаковый и ельник хвощево-сфагновый) свидетельствует об уменьшении разнообразия раковинных амеб в этих биотопах, напротив, в сосновых биогеоценозах (сосняк брусничный и лишайниковый). Как в осиннике, так и в ельнике хвощево-сфагновом замечен один и тот же доминирующий вид – *C. eurystoma var. parvula* (максимальное количество раковинок в обоих биотопах).

Среди еловых биогеоценозов наибольшее число раковинных амеб выявлено в почвах ельника черничного – 15 видов с преобладанием *A. militaris*, *Plagiopyxis callida*, *S. humicola* и *T. complanatum* (см. табл. 1). Только в ельнике хвощево-сфагновом отмечены виды *Centropyxis elongata*, *Corythion dubium*, *Cyclopyxis arcelloides* (см. табл. 1).

Таблица 2. Индексы разнообразия сообщества почвенных раковинных амеб (Testacea) в изучаемых биотопах

Коэффициент	Биотоп				
	Осинник разнотравно-злаковый	Ельник хвощево-сфагновый	Ельник черничный свежий	Сосняк брусничный	Сосняк лишайниковый
Симпсона, <i>C</i>	0.897	0.881	0.931	0.960	0.931
Шеннона, <i>H'</i>	2.284	2.156	2.689	3.252	2.688
Бергера – Паркера	0.125	0.141	0.093	0.066	0.088

Компонентный анализ позволил определить основные направления изменчивости сообщества раковинных амеб. Две значи-

мые компоненты, отражающие самые существенные отличия, составляют более 60 % (табл. 3).

Таблица 3. Факторные нагрузки главных компонент раковинных амеб по исследуемым биотопам

Факторные нагрузки	Главные компоненты (ГК)	
	ГК 1	ГК 2
Ельник черничный	0.192	0.631
Ельник хвощево-сфагновый	0.197	0.577
Осинник разнотравно-злаковый	0.483	0.253
Сосняк лишайниковый	0.611	-0.219
Сосняк брусничный	0.564	-0.396
Дисперсия	1.68	1.40
Дисперсия, %	33.61	28.08

Первая главная компонента представлена сообществом раковинных амеб, которое доминирует практически во всех биотопах, она включает виды: *C. eurystoma*, *C. eurystoma v. parvula*, *S. humicola*, *T. complanatum*, *T. lineare*

(рис. 3). Вторая главная компонента составляет сообщество, где тестаци *C. aerophila*, *C. aerophila sphagnicola*, *P. labiata* являются структурообразующими видами в почвах еловых биоценозов и осиннике (см. рис. 3).

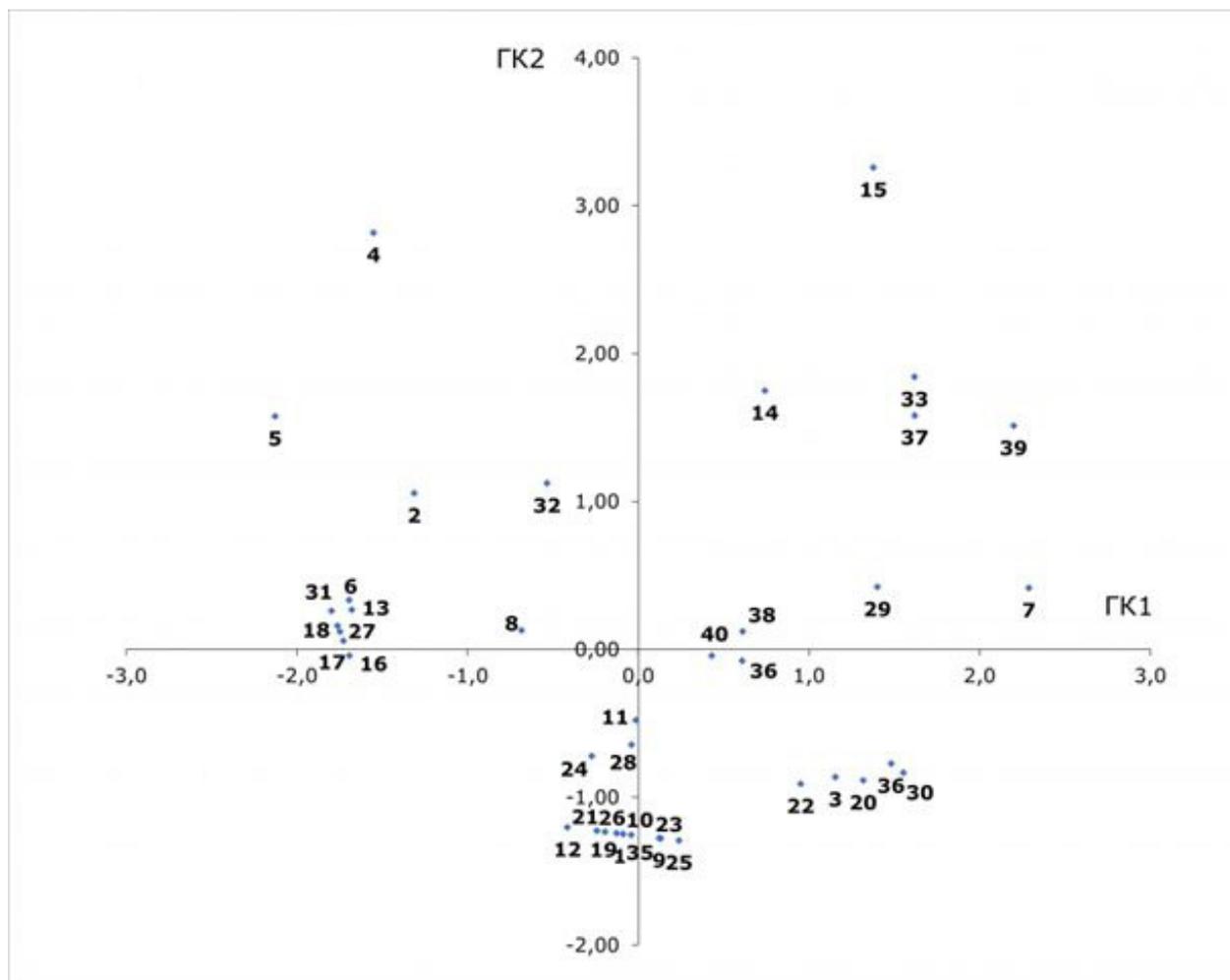


Рис. 3. Ординация исследуемых объектов раковинных амеб в осях значимых главных компонент и участие в формировании сообщества (биотоп). Цифрами указаны номера объектов (раковинные амебы) в осях значимых компонент (см. табл. 1)

Fig. 3. Ordination of the studied testate amoebae in axes of the main components and participation in the community formation (biotope). Numbers indicate the objects (testate amoebae) in the axes of significant components (table 1).

За двухлетний период исследования (2020–2021 гг.) наблюдается схожая сезонная динамика исследуемых тестацей. Для большинства обнаруженных видов характерно изменение численности в течение вегетационного периода. В середине лета отмечено наибольшее количество особей видов *T. lineare* и *S. humicola*, а к осени наблюдается их спад (рис. 4). Число видов *T. minuta* и *P. labiata*, наоборот, возрастает в начале осени. На территории заповедника «Кивач», как и в Ботаническом саду ПетрГУ, эти виды имеют аналогичную сезонную динамику (Валдаева, Лябзина, 2021). Высокая плотность в пробах видов *Arcella arenaria*, *A. militaris*, *Trigonopyxis arcuata*, *Euglypha laevis* и *Cryptodiffugia minuta* отмечена в сентябре.

Обсуждение

Почвы заповедника «Кивач» характеризуются высоким видовым разнообразием

раковинных амеб, которое связано с хорошо сформированными многолетними биотопами. Например, в Кавказском государственном природном биосферном заповеднике насчитывается 47 видов тестацей (Малышева, Мазей, 2017), а в Ботаническом саду ПетрГУ – только 7 (Валдаева, Лябзина, 2021).

Высокое разнообразие раковинных амеб в почвах сосновых лесов, вероятно, связано с механическим составом почв исследуемой местности. Благодаря хорошей аэрации в песчаных подзолах сосняков интенсивнее происходит минерализация органических соединений, что создает благоприятные условия для жизнедеятельности видов тестацей с минеральной раковинкой. Многие виды представителей рода *Cyclopyxis* имеют широкое распространение в сосновых лесах Западной Сибири (Булатова, 2010). *T. lineare* является доминирующим во многих типах биотопов различных климатических поясов

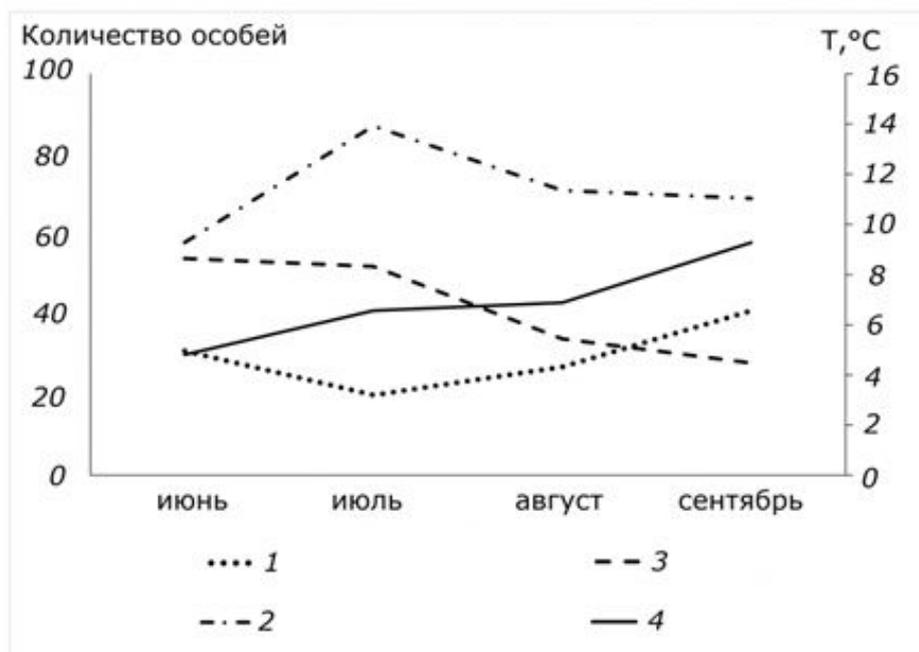


Рис. 4. Сезонная динамика раковинных амеб сосняка брусничного в летне-осенний период 2020 г.

Цифрами отмечены виды: 1 – *T. minuta*; 2 – *T. lineare*; 3 – *S. humicola*; 4 – *P. labiata*

Fig. 4. Seasonal population dynamics of the species of testate amoebae in in the cranberry pine forest during the summer-autumn period of 2020. Species of testate amoebae are marked with numbers: 1 – *T. minuta*; 2 – *T. lineare*; 3 – *S. humicola*; 4 – *P. labiata*

(Булатова, 2010; Комаров, 2017; Creevy et al., 2018; Souto et al., 2021). Данный вид встречается как в еловом лесу, так и в осиннике. Сходство между этими биогеоценозами по видовому и количественному составам амеб, вероятно, связано с тем, что первоначально на месте осинника был еловый биоценоз, который ранее подвергся пирогенному воздействию. Как известно, ельники после пожаров и рубок сменяются высокопродуктивными мелколиственными лесами (Ермолова, 2017).

Превалирующий в наших исследованиях в сосняках *A. muscorum* может встречаться в других регионах в торфяных почвах еловых лесов (Magnan et al., 2019). При этом он имеет различную степень окраски раковинки. Чаще всего встречаются прозрачные раковинки (Schonborn, Peschke, 1990). Изменение пигментации отмечается и у других видов тестацей, например, цвет раковинки у вида *Heleopera rosea* может варьировать от прозрачного до винно-красного вследствие увеличения концентрации минеральных частиц (Бабешко, 2015).

Форма раковинки у тестацей более-менее постоянная, но могут возникать дополнительные образования. У *C. aerophila* расположенное на углубленной брюшной по-

верхности щелевидное ротовое отверстие перекрывается нависающим козырьком из крупных частиц, благодаря которому достигается изоляция, обеспечивающая наименьшее испарение влаги (Комаров, 2017). Чаще всего наблюдается у этого вида серый оттенок раковинки за счет мелких песчинок. Кроме того, отмечают, что амеба имеет симбиоз с диатомовыми водорослями (Мазей, Цыганов, 2006). Этот вид также имеет широкое распространение в средней полосе, его отмечают в подзолистых почвах (Мазей, Ембулаева, 2009; Комаров, 2017).

Обнаруженные в ельнике хвощево-сфагновом виды *Centropyxis elongata*, *Corythion dubium*, *Cyclopyxis arcelloides* также встречаются в сфагновых болотах юга европейской части России, в толще торфяных почв и подушках зеленых мхов горной местности Кавказа и Камчатки (Цыганов и др., 2007; Бабешко и др., 2017; Малышева и др., 2017; Цыганов и др., 2020).

В течение вегетационного сезона происходит изменение видового состава раковинных амеб в почве. Это может быть связано с их миграцией в толще почвы из одного горизонта в другой под действием токов воды (Рахлеева и др., 2011). Сезонность раковинных амеб зависит и от влажности субстрата.

Так, в лесных почвах средней полосы в период высокой влажности (осень) наблюдается подъем численности *C. orbicularis* (Трулова, Мазей, 2012).

Заключение

В исследуемых биогеоценозах заповедника «Кивач» обнаружено 40 видов раковинных амеб, принадлежащих к 17 родам, из них наибольшее количество выявлено *Cyclopyxis eurystoma*, *C. eurystoma v. parvula*, *Schoenbornia humicola*, *Trinema complanatum* и *T. lineare*, численность которых составляет более 40 % в пробах. Такие виды, как *Centropyxis elongata*, *C. orbicularis*, *Cyclopyxis kahli*, *C. ambigua*, *Euglypha rotunda*, *Plagiopyxis callida*, *P. labiata*, *Schoenbornia humicola* и *Tracheleuglypha acolla*, отмечены впервые на территории Карелии. В сосновых биогеоценозах отмечено наибольшее количество *Centropyxis aerophila*, его раковинка имеет полусферическую форму с расположенным сбоку устьем, над которым нависает «козырек» из крупных минеральных частиц. Такое строение позволяет дольше сохранять влагу внутри раковинки при засухе. Благодаря хорошей аэрации в песчаных подзолах сосняков интенсивнее происходит минерализация органических соединений, что создает благоприятные условия для жизнедеятельности видов тестацей с минеральной раковинкой.

Библиография

- Бабешко К. В. Экологические предпочтения сфагнобионтных раковинных амеб и их использование для реконструкции гидрологического режима болот в голоцене : Дис. ... канд. биол. наук. Пенза, 2015. 106 с.
- Бабешко К. В., Цыганов А. Н., Мазей Ю. А. Раковинные амебы болотных экосистем в природном парке Вулканы Камчатки // Природное наследие России: Сб. науч. ст. Междунар. науч. конф., посвящ. 100-летию нац. заповед. дела и Году экологии в России (Пенза, 23–25 мая 2017 г.). Пенза, 2017. С. 220–221.
- Бахмет О. Н. Путеводитель почвенной экскурсии. Почвы экологического ряда сосняков среднетаежной подзоны (государственный природный заповедник «Кивач») . Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2017. 36 с.
- Булатова У. А. Фауна и экология раковинных амеб (Rhizopoda, Testacea) сосновых лесов Томской и Кемеровской областей // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2010. № 2 (10). С. 58–67.
- Валдаева Е. В., Лябзина С. Н. Состав и структура населения раковинных амеб (Rhizopoda, Testacea) в почвах Ботанического сада ПетрГУ // Hortus botanicus. 2021. Т. 16. С. 176–187.
- Ермолова Л. С. Закономерности возрастной динамики растительных сообществ мелколиственных лесов Ярославской области // Комплексные стационарные исследования в лесах южной тайги. Памяти М. В. Рубцова. М.: КМК, 2017. С. 225–254.
- Комаров А. А. Структура сообществ почвообитающих раковинных амеб Печоро-Илычского заповедника : Дис. ... канд. биол. наук. Пенза, 2017. 124 с.
- Кошкарлова А. В., Гренадерова А. В. Почвенная нанофауна в естественных и пирогенно преобразованных лиственничниках Средней Сибири // Экология Южной Сибири и сопредельных территорий. Абакан, 2018. С. 66–67.
- Кулюкина Е. В., Карташев А. Г., Денисова Т. В. Пространственное распределение раковинных амеб

- в ризосфере сосны и ели // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2016. № 4. С. 18–32.
- Кулюкина Е. В., Карташев А. Г., Денисова Т. В. Пространственное распределение раковинных амёб в подкрановой зоне березы и тополя // Вестник СурГУ. 2018. Вып. 4 (22). С. 22–32.
- Мазей Ю. А., Ембулаева Е. А. Изменение сообществ почвообитающих раковинных амёб вдоль лесостепного градиента в Среднем Поволжье // Аридные экосистемы. 2009. Т. 15, № 1 (37). С. 13–23.
- Мазей Ю. А., Цыганов А. Н. Пресноводные раковинные амёбы. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2006. 300 с.
- Малышева Е. А., Мазей Ю. А. Раковинные амёбы Кавказского государственного природного биосферного заповедника // Природное наследие России. Пенза, 2017. С. 236–237.
- Надпорожская М. А., Павлов Б. А., Мирин Д. М., Якконен К. Л., Седова А. М. Влияние лесных пожаров на формирование профиля подзолов // Биосфера. 2020. Т. 12, № 1–2. С. 32–44.
- Особо охраняемые природные территории Республики Карелия. Петрозаводск, 2017. 432 с.
- Рахлеева А. А., Семенова Т. А., Стриганова Б. Р., Терехова В. А. Динамика зоомикробных комплексов при разложении растительного опада в ельниках южной тайги // Почвоведение. 2011. № 1. С. 44–55.
- Рахлеева, А. А., Корганова Г. А. К вопросу об оценке численности и видового разнообразия раковинных амёб (Rhizopoda, Testacea) в таежных почвах // Зоологический журнал. 2005. Т. 84, № 12. С. 1427–1436.
- Трулова А. С., Мазей Ю. А. Сезонная динамика структуры сообщества раковинных амёб в Среднем Поволжье // Известия Пензенского государственного педагогического университета им. В. Г. Белинского. 2012. № 29. С. 397–404.
- Федорец Н. Г., Морозова Р. М., Бахмет О. Н., Солодовников А. Н. Почвы и почвенный покров заповедника Кивач // Труды Карельского научного центра Российской академии наук. 2006. № 10. С. 131–152.
- Цыганов А. Н., Комаров А. А., Мазей Н. Г., Борисова Т. В. Динамика видовой структуры сообщества раковинных амёб в ходе сукцессии «водоем – болото» в голоцене на примере болота Мочуля (Калужская область, Россия) // Зоологический журнал. 2020. Т. 99, № 5. С. 586–598.
- Цыганов А. Н., Мазей Ю. А. Видовой состав и структура сообщества раковинных амёб заболоченного озера в Среднем Поволжье // Успехи современной биологии. 2007. Т. 127, № 4. С. 405–415.
- Шитиков В. К., Розенберг Г. С. Оценка биоразнообразия: попытка формального обобщения // Количественные методы экологии и гидробиологии (сборник научных трудов, посвященный памяти А. И. Баканова). Тольятти: СамНЦ РАН, 2005. С. 91–129.
- Bobrov A. Planhoogenraadia liboica sp. nov. a new testate amoebae species from mountain forest soils in China // Protistology. 2019. Vol. 13, No 2. P. 64–66.
- Carballeira R., Pontevedra-Pombal X. Diversity of Testate Amoebae as an Indicator of the Conservation Status of Peatlands in Southwest Europe // Diversity. 2021. Vol. 13, No 6. P. 269.
- Creevy A., Andersen R., Rowson J., Payne R. Testate amoebae as functionally significant bioindicators in forest-to-bog restoration // Ecological Indicators. 2018. Vol. 84. P. 274–282.
- Hammer Ø., Harper D. A. T., Ryan P. D. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis // Palaeontologia Electronica. 2001. Vol. 4 (1). P. 9.
- Magnan G., Le Stum-Boivin É., Garneau M., Grondin P., Fenton N., Bergeron Y. Holocene vegetation dynamics and hydrological variability in forested peatlands of the Clay Belt, eastern Canada, reconstructed using a palaeoecological approach // Boreas. 2019. Vol. 48, No 1. P. 131–146.
- Malchik A. G., Rodionov P. V., Tishchuk A. A. Assessment of the condition of industrially contaminated soils of Kuzbass by bioindication // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 688, No 1. P. 012003.
- Schonborn W., Peschke T. Evolutionary studies on the Assulina-Valkanovia complex (Rhizopoda, Testaceafilosia) in Sphagnum and soil // Biol. Fertil. Soils. 1990. Vol. 9. P. 95–100.
- Souto M. S., Gonçalves V., Pontevedra-Pombal X., Raposeiro P. M. Distribution of testate amoebae in bryophyte communities in São Miguel Island (Azores Archipelago) // Biodiversity data journal. 2021. Vol. 9. P. 1–23.

Благодарности

Авторы выражают благодарность кандидату биологических наук Ирине Владимировне Курьиной (Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, г. Томск) за помощь в определении видов раковинных амёб.

TESTATE AMOEBAE (RHIZOPODA, TESTACEA) IN THE BIOGEOCENOSES OF THE KIVACH RESERVE

VALDAEVA
Elena Viktorovna

Bachelor, Petrozavodsk State University, elenvaldv@gmail.com

LYABZINA
Svetlana Nikolaevna

D.Sc., Petrozavodsk State University, slyabzina@petrsu.ru

Keywords:

Testacea
testate amoebae
species composition
dominance structure
seasonal dynamics
soils
forest biocenoses

Summary: Communities of testate amoebae (Rhizopoda, Testacea) were studied in soil biogeocenoses of the Kivach Reserve. 40 species of testofilosids belonging to 17 genera were found in five studied biotopes (motley grass-grass aspen forest, cranberry and lichen pine forest, horsetail-sphagnum and blueberry spruce forest). The structure of the protozoan population was considered in the humus layer. The greatest species and quantitative diversity of testofilosids was noted in pine biogeocenoses, it was represented by the following species: *Assulina muscorum*, *Euglypha ciliata* var. *glabra*, *Euglypha laevis*, *Nebela tincta*, *Trigonopyxis minuta*. Principal Component Analysis established two significant components: the first determines the species that are dominant and are found in many of the studied biotopes (*Cyclopyxis eurystoma*, *C. eurystoma* v. *parvula*, *Schoenbornia humicola*, *Trinema complanatum*, *T. lineare*), the second component determines testate amoebae community that is found in the soils of aspen and spruce biocenoses (*Archerella flavum*, *Centropyxis aerophila*, *Centropyxis sylvatica*, *Cyclopyxis arcelloides*, *Cyclopyxis kahli*, *Cyclopyxis ambigua*, *Heleopera sylvatica*, *Plagiopyxis callida*). Seasonal dynamics of activity was revealed for some species of testate amoebae: in summer, *T. lineare* and *S. humicola* testaceae occur in the mass with a peak of activity in mid-July, and *Trigonopyxis minuta* and *Plagiopyxis labiata* species increase their numbers in early autumn.

Received on: 25 November 2020

Published on: 25 December 2020

References

- Babeshko K. V. Cyganov A. N. Mazey Yu. A. Testate amoebae of swamp ecosystems in the Nature Park Volcanoes of Kamchatka, Prirodnoe nasledie Rossii: Sb. nauch. st. Mezhdunar. nauch. konf., posvyasch. 100-letiyu nac. zapoved. dela i Godu ekologii v Rossii (Penza, 23–25 maya 2017 g.). Penza, 2017. C. 220–221.
- Babeshko K. V. Ecological preferences of sphagnobiont shell amoebae and their use for reconstruction of the hydrological regime of bogs in the Holocene: Dip. ... kand. biol. nauk. Penza, 2015. 106 p.
- Bahmet O. N. The guide of the soil excursion. Soils of the ecological series of pine forests of the Middle Taiga subzone (Kivach State Nature Reserve). Petrozavodsk: Karel'skiy nauchnyy centr RAN, 2017. 36 p.
- Bobrov A. Planhoogenraadia liboica sp. nov. a new testate amoebae species from mountain forest soils in China, Protistology. 2019. Vol. 13, No 2. P. 64–66.
- Bulatova U. A. Fauna and ecology of testate amoebae (Rhizopoda, Testacea) of pine forests in the Tomsk and Kemerovo regions, Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya. 2010. No. 2 (10). P. 58–67.
- Carballeira R., Pontevedra-Pombal X. Diversity of Testate Amoebae as an Indicator of the Conservation Status of Peatlands in Southwest Europe, Diversity. 2021. Vol. 13, No 6. P. 269.
- Creevy A., Andersen R., Rowson J., Payne R. Testate amoebae as functionally significant bioindicators in forest-to-bog restoration, Ecological Indicators. 2018. Vol. 84. P. 274–282.
- Cyganov A. N. Komarov A. A. Mazey N. G. Borisova T. V. The dynamics of the species structure of testate amoebae communities during a waterbody-to-mire succession in the holoceneon the example of Mochulya mire, Kaluga region, Russia, Zoologicheskii zhurnal. 2020. T. 99, No. 5. P. 586–598.
- Cyganov A. N. Mazey Yu. A. Species composition and structure of the testate amoebae community of a boggy lake in the Middle Volga region, Uspehi sovremennoy biologii. 2007. T. 127, No. 4. P.

405–415.

- Ermolova L. S. Regularities of age dynamics of plant communities of small-leaved forests of the Yaroslavl region, Kompleksnyye stacionarnyye issledovaniya v lesah yuzhnoy taygi. Pamyati M. V. Rubcova. M.: KMK, 2017. P. 225–254.
- Fedorec N. G. Morozova R. M. Bahmet O. N. Solodovnikov A. N. Soils and the soil cover of the Kivach Nature Reserve, Trudy Karel'skogo nauchnogo centra Rossiyskoy akademii nauk. 2006. No. 10. P. 131–152.
- Hammer Ø., Harper D. A. T., Ryan P. D. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis, Palaeontologia Electronica. 2001. Vol. 4 (1). P. 9.
- Komarov A. A. The structure of communities of soil-dwelling shell amoebas of the Pechora-Ilych Reserve: Dip. ... kand. biol. nauk. Penza, 2017. 124 p.
- Korganova G. A. To the question of the assessment of the abundance and species diversity of testate amoebae (Rhizopoda, Testacea) in taiga soils, Zoologicheskii zhurnal. 2005. T. 84, No. 12. P. 1427–1436.
- Koshkarova A. V. Grenaderova A. V. Soil nanofauna in natural and fire-induced deciduous forests of Central Siberia, Ekologiya Yuzhnoy Sibiri i sopredel'nyh territoriy. Abakan, 2018. P. 66–67.
- Kulyukina E. V. Kartashev A. G. Denisova T. V. Spatial distribution of testate amoebae in the rhizosphere of pine and spruce, Vestnik Rossiyskogo universiteta druzhby narodov. Seriya: Ekologiya i bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti. 2016. No. 4. P. 18–32.
- Kulyukina E. V. Kartashev A. G. Denisova T. V. Spatial distribution of testate amoebae in the sub-crown zone of birch and poplar, Vestnik SurGU. 2018. Vyp. 4 (22). P. 22–32.
- Magnan G., Le Stum-Boivin É., Garneau M., Grondin P., Fenton N., Bergeron Y. Holocene vegetation dynamics and hydrological variability in forested peatlands of the Clay Belt, eastern Canada, reconstructed using a palaeoecological approach, Boreas. 2019. Vol. 48, No 1. P. 131–146.
- Malchik A. G., Rodionov P. V., Tishchuk A. A. Assessment of the concition of industrially contaminated soils of Kuzbass by bioindication, IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 688, No 1. P. 012003.
- Malysheva E. A. Mazey Yu. A. Testate amoebae of the Caucasian State Natural Biosphere Reserve, Prirodnoe nasledie Rossii. Penza, 2017. P. 236–237.
- Mazey Yu. A. Cyganov A. N. Freshwater testate amoebaeM.: Tovarischestvo nauchnyh izdaniy KMK, 2006. 300 p.
- Mazey Yu. A. Embulaeva E. A. Changing the soil-dwelling testate amoebae communities along the forest-steppe gradient in the Middle Volga Region, Aridnye ekosistemy. 2009. T. 15, No. 1 (37). P. 13–23.
- Nadporozhskaya M. A. Pavlov B. A. Mirin D. M. Yakkonen K. L. Sedova A. M. The influence of forest fires on the formation of the profile of podzols, Biosfera. 2020. T. 12, No. 1–2. P. 32–44.
- Rahleeva A. A. Semenova T. A. Striganova B. R. Terehova V. A. Dynamics of zoomicrobial complexes during the decomposition of plant litter in the spruce forests of the southern taiga, Pochvovedenie. 2011. No. 1. P. 44–55.
- Schonborn W., Peschke T. Evolutionary studies on the Assulina-Valkanovia complex (Rhizopoda, Testaceafilosia) in Sphagnum and soil, Biol. Fertil. Soils. 1990. Vol. 9. P. 95–100.
- Shitikov V. K. Rozenberg G. S. Biodiversity assessment: an attempt at formal generalization, Kolichestvennyye metody ekologii i gidrobiologii (sbornik nauchnyh trudov, posvyaschenny pamyati A. I. Bakanova). Tol'yatti: SamNC RAN, 2005. P. 91–129.
- Souto M. S., Gonçalves V., Pontevedra-Pombal X., Raposeiro P. M. Distribution of testate amoebae in bryophyte communities in São Miguel Island (Azores Archipelago), Biodiversity data journal. 2021. Vol. 9. P. 1–23.
- Specialy protected natural territories of the Republic of Karelia. Petrozavodsk, 2017. 432 p.
- Trulova A. S. Mazey Yu. A. Seasonal dynamics of the community structure of testate amoebae in the Middle Volga Territory, Izvestiya Penzenskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta im. V. G. Belinskogo. 2012. No. 29. P. 397–404.
- Valdaeva E. V. Lyabzina S. N. Composition and population structure of testate amoebae (Rhizopoda, Testacea) community in the soils of Botanical Garden of PetrSU, Hortus botanicus. 2021. T. 16. P. 176–187.