



<http://ecopri.ru>

<http://petsu.ru>

**Издатель**

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

Научный электронный журнал

**ПРИНЦИПЫ ЭКОЛОГИИ**

<http://ecopri.ru>

**Т. 11. № 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  
А. Е. Веселов  
Т. О. Волкова  
Е. П. Иешко  
В. А. Илюха  
Н. М. Калинкина  
J. P. Kurhinen  
А. М. Макаров  
А. Ю. Мейгал  
J. B. Jakovlev

**Службы поддержки**

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, ул. Анохина, 20. Каб. 208.

E-mail: [ecopri@psu.karelia.ru](mailto:ecopri@psu.karelia.ru)

<http://ecopri.ru>





УДК 593.11

## Раковинные амебы (Rhizopoda, Testacea) в биогеоценозах заповедника «Кивач»

**ВАЛДАЕВА**  
Елена Викторовна

Бакалавриат, Петрозаводский государственный университет, [elenvadv@gmail.com](mailto:elenvadv@gmail.com)

**ЛЯБЗИНА**  
Светлана Николаевна

д. б. н., профессор, Петрозаводский государственный университет, [slyabzina@petsu.ru](mailto: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 брусничной 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 тестацеи *T. lineare* и *S. humicola* с пиком активности в середине июля, а виды *Trigonopyxis minuta* и *Plagiopyxis labiata* увеличивают свою численность в начале осени.

© 2021 Петрозаводский государственный университет

Получена: 25 ноября 2021 года

Опубликована: 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 тестацеи 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 факторов: физических и химических свойств почв, антропогенного воздействия, влажности (Creevy et al., 2018; Кошкарлова, 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. Ключиной 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 выявлено 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 подкрановой 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-злаковым, 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.).

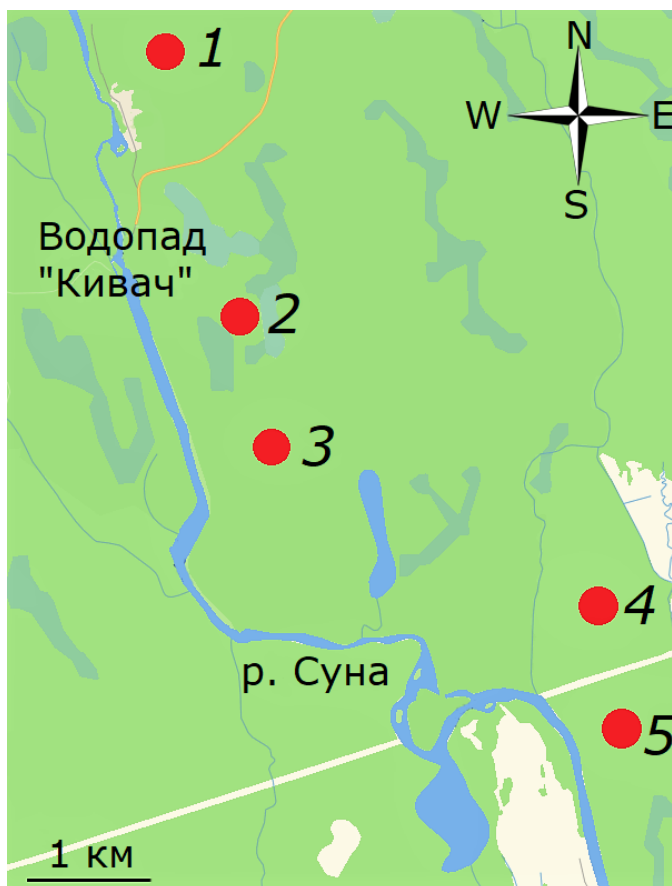


Рис. 1. Места отбора проб почвенных образцов в заповеднике «Кивач» (цифрами отмечены

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

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<sub>1</sub>) 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 увеличении объективов 10 x 60 и 10 x 45.

## Методы

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

## Результаты

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

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 разнотравно-злаковый	Ельник черничный	Ельник хвощево-сфагновый	Сосняк лишайниковый
1	<i>Alabasta militaris</i> (Duckert et al., 2018)	0	154	0	166
2	<i>Arcella arenaria</i> (Greeff, 1866)	0	0	0	0
3	<i>Archerella flavum</i> (Archer, 1877)	90	160	0	0
4	<i>Assulina muscorum</i> (Greeff, 1888)	0	0	0	113
5	<i>Centropyxis aerophila</i> (Deflandre, 1929)	156	177	175	0
6	<i>C. aerophila var. sphagnicola</i> (Deflandre, 1929)	0	169	155	0
7	<i>C. elongata</i> (Penard, 1890)	0	0	172	0
8	<i>C. orbicularis</i> (Deflandre, 1929)	191	0	0	156
9	<i>C. sylvatica</i> (Deflandre, 1929)	180	0	0	0

10	<i>C. sylvatica</i> var. <i>minor</i> (Bonnet & Thomas, 1955)	0	0	0	0
11	<i>Corythion delamarei</i> (Bonnet & Thomas, 1960)	0	0	0	0
12	<i>C. dubium</i> (Taraneck, 1871)	0	0	57	0
13	<i>Cryptodiffugia minuta</i> (Playfair, 1917)	0	0	0	0
14	<i>Cyclopyxis arcelloides</i> (Penard, 1902)	0	0	156	0
15	<i>C. eurystoma</i> (Deflandre, 1929)	0	135	172	143
16	<i>C. eurystoma</i> var. <i>parvula</i> (Bonnet et Thomas, 1960)	208	185	184	126
17	<i>C. kahli</i> (Deflandre, 1929)	0	105	0	0
18	<i>C. ambigua</i> (Bonnet et Thomas, 1960)	0	125	0	0
19	<i>Diffugia globulosa</i> (Dujardin, 1837)	0	150	0	0
20	<i>D. pristis</i> (Penard, 1902)	0	0	0	0
21	<i>Euglypha ciliata</i> var. <i>glabra</i> (Wailes, 1915)	0	0	0	112
22	<i>E. compressa</i> var. <i>glabra</i> (Cash, 1915)	0	0	0	0
23	<i>E. laevis</i> (Ehrenberg, 1845)	0	0	0	84
24	<i>E. rotunda</i> (Ehrenberg, 1845)	0	0	0	0
25	<i>E. strigosa</i> var. <i>glabra</i> (Wailes, 1898)	0	0	0	0
26	<i>E. tuberculata</i> (Dujardin, 1841)	0	0	0	0
27	<i>Heleopera sylvatica</i> (Penard, 1890)	0	139	0	0
28	<i>Hyalosphenia subflava</i> (Cash and Hopkinson, 1909)	0	0	0	138
29	<i>Nebela tincta</i> (Leidy, 1879)	0	0	0	149
30	<i>Plagiopyxis callida</i> (Penard, 1910)	0	175	0	0
31	<i>P. labiata</i> (Penard, 1910)	0	160	110	0
32	<i>Schoenbornia humicola</i> (Schönborn, 1964)	179	216	0	134
33	<i>Scutiglypha scutigera</i> (Foissner et Schiller, 2001)	0	0	0	93
34	<i>Tracheleuglypha acolla</i> (Bonnet and Thomas, 1955)	172	0	0	0
35	<i>Trigonopyxis arcula</i> (Penard, 1912)	0	0	0	0
36	<i>T. minuta</i> (Schönborn and Peschke, 1988)	0	0	0	173
37	<i>Trinema complanatum</i> (Penard, 1890)	142	176	0	145
38	<i>T. enchelys</i> (Ehrenberg, 1838)	0	96	0	98
39	<i>T. lineare</i> (Penard, 1890)	177	0	125	141
40	<i>T. penardi</i> (Thomas & Chardez, 1958)	173	0	0	0
Количество особей		1668	2322	1306	1971
Число видов		10	15	9	15

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 *C. 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 круглым, 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 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).

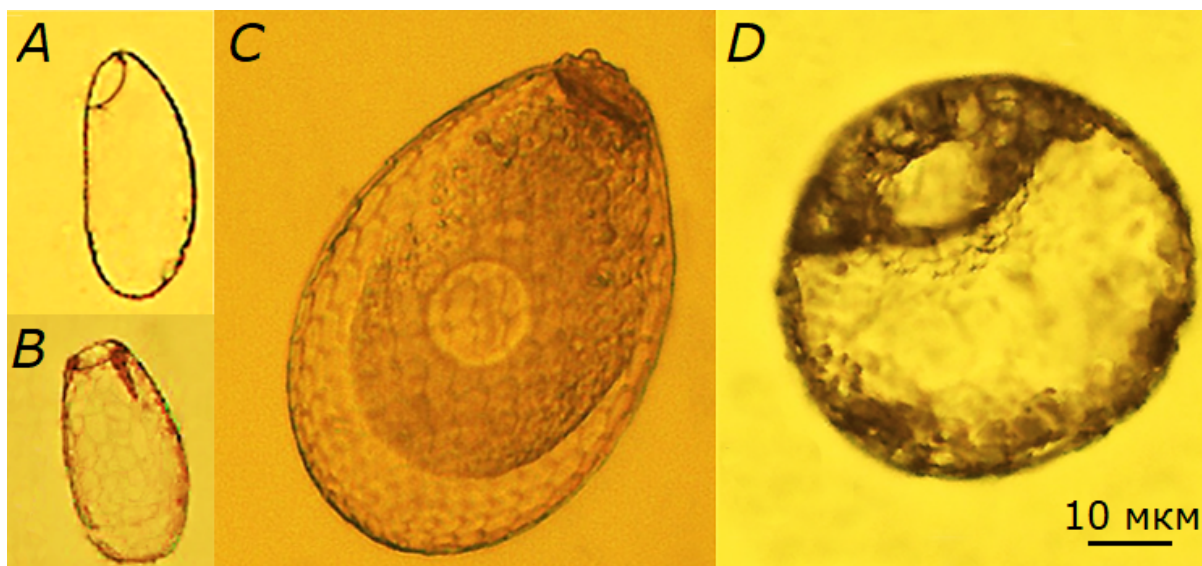


Рис. 2. Представители раковинных амёб в почвах заповедника «Кивач»: А – *T. lineare* (Penard, 1890); В – *S. humicola* (Schönborn, 1964); С – *A. muscorum* (Greeff, 1888); D – *C. aerophila* (Deflandre, 1929)  
 Fig. 2. Species of testate amoebae in the soil of the Kivach Reserve : А – *T. lineare* (Penard, 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 амёб 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 амёб 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 амёб 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 амёб (Testacea) в изучаемых биотопах

Коэффициент	Биотоп				
	Осинник разнотравно-злаковый	Ельник хвощево-сфагновый	Ельник черничный свежий	Сосняк брусничный	Сосняк лишайниковый
Симпсона, $C$	0.897	0.881	0.931	0.960	0.931
Шеннона, $H'$	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 амёб. Две значимые компоненты, отражающие самые существенные отличия, составляют более 60 % (табл. 3).

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

Факторные нагрузки	Главные компоненты (ГК)
--------------------	-------------------------

	ГК 1	ГК 2
Ельник черничный	0.192	<b>0.631</b>
Ельник хвощево-сфагновый	0.197	<b>0.577</b>
Осинник разнотравно-злаковый	<b>0.483</b>	0.253
Сосняк лишайниковый	<b>0.611</b>	-0.219
Сосняк брусничный	<b>0.564</b>	-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 тестацеи *C. aerophila*, *C. aerophila sphagnicola*, *P. labiata* являются структурообразующими видами в почвах еловых биоценозов и осиннике (см. рис. 3).

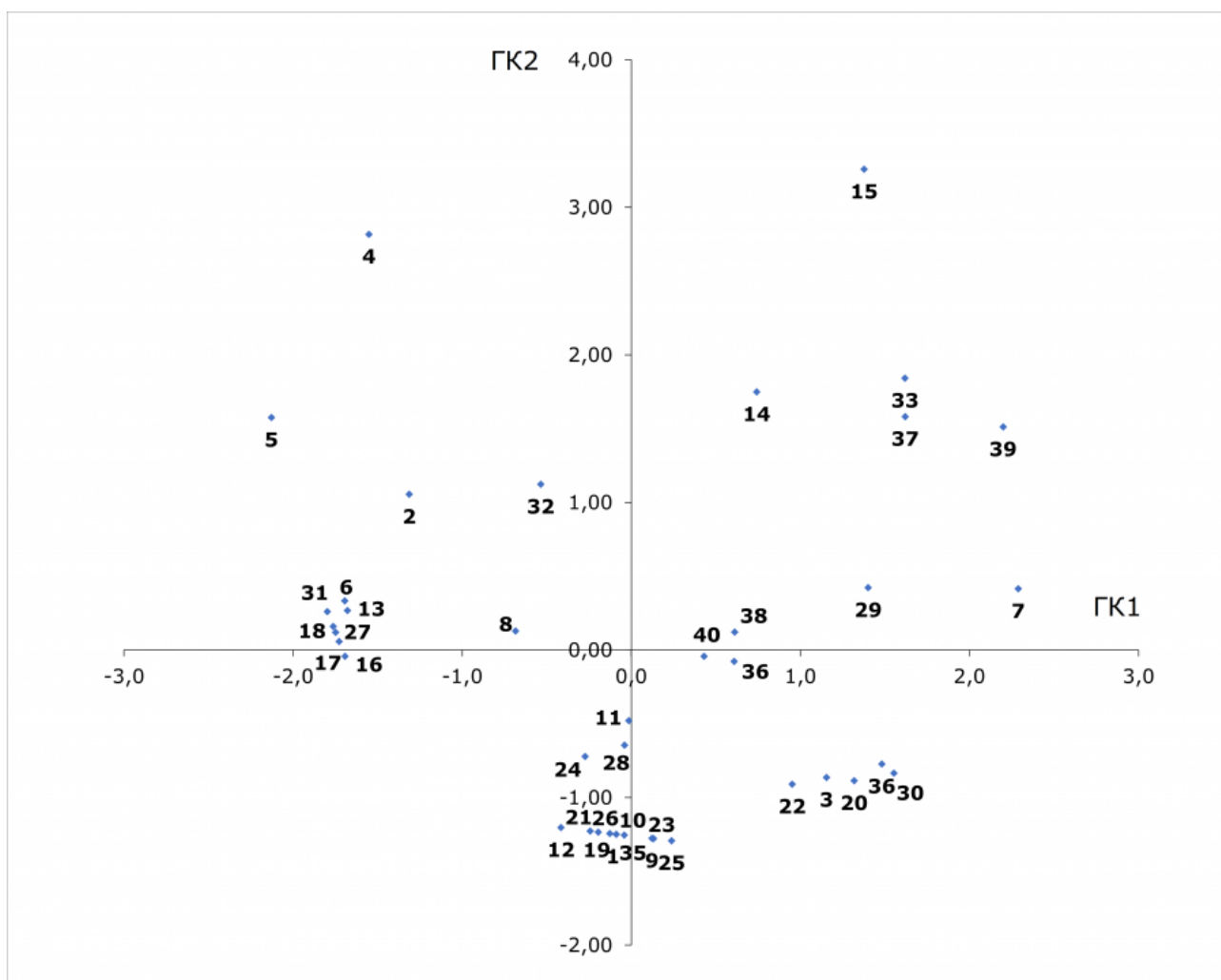


Рис. 3. Ординация исследуемых объектов раковинных амеб в осях значимых главных компонент и участие в формировании сообщества (биотоп). Цифрами указаны номера объектов (раковинные амебы) в осях значимых компонент (см. табл. 1)

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 arcula*, *Euglypha laevis* и *Cryptodiffugia minuta* отмечена в сентябре.

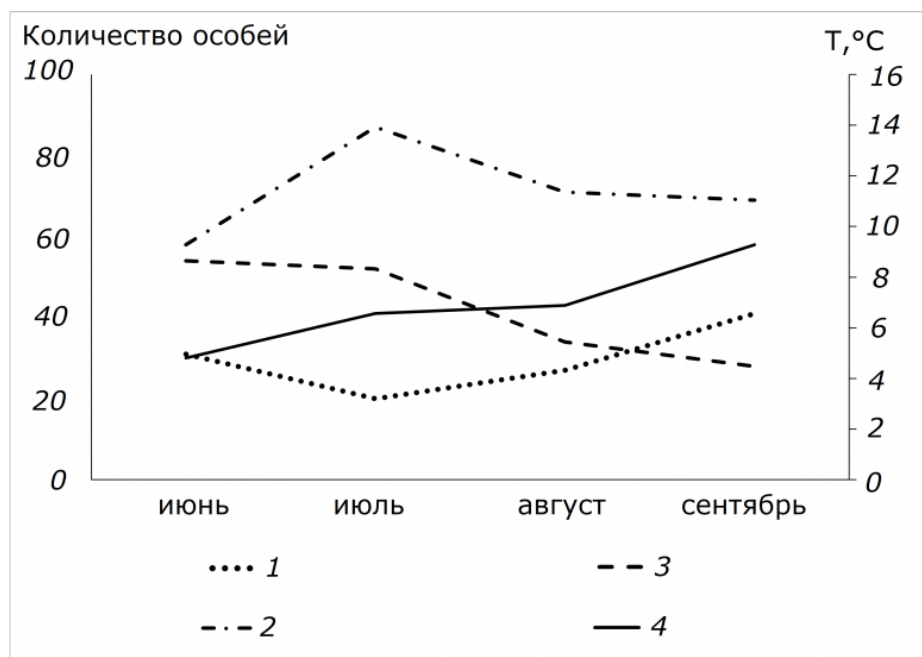


Рис. 4. Сезонная динамика раковинных амёб сосняка брусничного в летне-осенний период 2020 г. Цифрами отмечены виды: 1 – *T. minuta*; 2 – *T. lineare*; 3 – *S. humicola*; 4 – *P. labiata*

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*

## Обсуждение

Почвы заповедника «Кивач» характеризуются высоким видовым разнообразием раковинных амёб, 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 амёб 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 (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 амёб, 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).

Преобладающий 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 поверхности 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 амёба 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 амёб 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 амёб 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 амёб, 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.

Вычисленные значения компонентного анализа определили основные направления изменчивости сообщества раковинных амёб, включающей две компоненты по сходным объектам. Первая главная компонента представлена сообществом раковинных амёб, которое доминирует практически во всех биотопах. Она включает виды: *Cyclopyxis eurystoma*, *C. eurystoma v. parvula*, *Schoenbornia humicola*, *Trinema complanatum*, *T. lineare*. Вторую компоненту составляют раковинные амёбы, которые встречаются в почвах осинника и еловых биоценозов: *Archerella flavum*, *Centropyxis aerophila*, *Centropyxis sylvatica*, *Cyclopyxis arcelloides*, *Cyclopyxis kahli*, *Cyclopyxis ambigua*, *Heleopera sylvatica*, *Plagiopyxis callida*.

Количественный и качественный составы раковинных амёб меняются по сезонам. Наибольшее количество видов и число тестацей выявлено в летний период, что связано с наиболее благоприятными условиями для жизни почвенных простейших. Осенний период предпочтителен для *Plagiopyxis labiata* и *Trigonopyxis minuta*, а в летний сезон преобладают *Schoenbornia humicola* и *Trinema lineare*. На перемещение простейших в толще почвы способен оказывать воздействие ток воды, под действием которого представители тестацей могут мигрировать из одного почвенного горизонта в другой.

## Библиография

Бабешко К. В. Экологические предпочтения сфагнобионтных раковинных амёб и их использование для реконструкции гидрологического режима болот в голоцене [Ecological preferences of sphagnobiont shell amoebae and their use for reconstruction of the hydrological regime of bogs in the Holocene]: Дис. ... канд. биол. наук. Пенза, 2015. 106 с.

Бабешко К. В., Цыганов А. Н., Мазей Ю. А. Раковинные амёбы болотных экосистем в природном парке Вулканы Камчатки [Testate amoebae of swamp ecosystems in the Nature Park Volcanoes of Kamchatka] // 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») [The guide of the soil excursion. Soils of the

ecological series of pine forests of the Middle Taiga subzone (Kivach State Nature Reserve)]. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2017. 36 с.

Булатова У. А. Фауна и экология раковинных амёб (Rhizopoda, Testacea) сосновых лесов Томской и Кемеровской областей [Fauna and ecology of testate amoebae (Rhizopoda, Testacea) of pine forests in the Tomsk and Kemerovo regions] // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2010. № 2 (10). С. 58-67.

Валдаева Е. В., Лябзина С. Н. Состав и структура населения раковинных амёб (Rhizopoda, Testacea) в почвах Ботанического сада ПетрГУ [Composition and population structure of testate amoebae (Rhizopoda, Testacea) community in the soils of Botanical Garden of PetrSU ] // Hortus botanicus. 2021. Т. 16. С. 176-187.

Ермолова Л. С. Закономерности возрастной динамики растительных сообществ мелколиственных лесов Ярославской области [Regularities of age dynamics of plant communities of small-leaved forests of the Yaroslavl region] // Комплексные стационарные исследования в лесах южной тайги. Памяти М. В. Рубцова. М.: КМК, 2017. С. 225-254.

Комаров А. А. Структура сообществ почвообитающих раковинных амёб Печоро-Илычского заповедника [The structure of communities of soil-dwelling shell amoebas of the Pechora-Ilych Reserve]: Дис. ... канд. биол. наук. Пенза, 2017. 124 с.

Кошкарлова А. В., Гренадерова А. В. Почвенная нанофауна в естественных и пирогенно преобразованных лиственничниках Средней Сибири [Soil nanofauna in natural and fire-induced deciduous forests of Central Siberia] // Экология Южной Сибири и сопредельных территорий. Абакан, 2018. С. 66-67.

Кулюкина Е. В., Карташев А. Г., Денисова Т. В. Пространственное распределение раковинных амёб в ризосфере сосны и ели [Spatial distribution of testate amoebae in the rhizosphere of pine and spruce] // 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 [Spatial distribution of testate amoebae in the sub-crown zone of birch and poplar] // 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 [Changing the soil-dwelling testate amoebae communities along the forest-steppe gradient in the Middle Volga Region] // Аридные экосистемы. 2009. Т. 15, № 1 (37). С. 13-23.

Мазей Ю. А., Цыганов А. Н. Пресноводные раковинные амёбы. [ Freshwater testate amoebae] М.: Товарищество научных изданий КМК, 2006. 300 с.

Малышева Е. А., Мазей Ю. А. Раковинные амёбы Кавказского государственного природного биосферного заповедника [Testate amoebae of the Caucasian State Natural Biosphere Reserve] // 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 [The influence of forest fires on the formation of the profile of podzols] // Биосфера. 2020. Т. 12, № 1-2. С. 32-44.

Особо охраняемые природные территории Республики Карелия [Specially protected natural territories of the Republic of Karelia]. 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 [Dynamics of zoomicrobial complexes during the decomposition of plant litter in the spruce forests of the southern taiga] // 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 [To the question of the assessment of the abundance and species diversity of testate amoebae (Rhizopoda, Testacea) in taiga soils] // Зоологический журнал. 2005. Т. 84, № 12. С. 1427–1436.

Трулова А. С., Мазей Ю. А. Сезонная динамика структуры сообщества раковинных амёб в Среднем Поволжье [Seasonal dynamics of the community structure of testate amoebae in the Middle Volga Territory] // 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 [Soils and the soil cover of the Kivach Nature Reserve] // 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) [The dynamics of the species structure of testate amoebae communities during a waterbody-to-mire succession in the holocene the example of Mochulya mire, Kaluga region, Russia] // 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 [Species composition and structure of the testate amoebae community of a boggy lake in the Middle Volga region] // Успехи современной биологии. 2007. Т. 127, № 4. С. 405–415.

Шитиков В. К., Розенберг Г. С. Оценка биоразнообразия: попытка формального обобщения [Biodiversity assessment: an attempt at formal generalization] // 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, Testacea-filosisia) 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 амеб.

## Testate Amoebae (Rhizopoda, Testacea) in the biogeocenoses of the Kivach reserve

**VALDAEVA**  
**Elena**

*Bachelor, Petrozavodsk State University,  
elensvaldv@gmail.com*

**LYABZINA**  
**Svetlana**

*D.Sc., Professor, Petrozavodsk State University,  
slyabzina@petsu.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 tinctoria*, *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.

### 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, *Zoologicheskij 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, *Zoologicheskij 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.

Valdaeva E., Lyabzina S. Testate Amoebae (Rhizopoda, Testacea) in the biogeocenoses of the Kivach reserve // Principy èkologii. 2021. Vol. 11. № 4. P. 3–2.

---

Schonborn W., Peschke T. Evolutionary studies on the Assulina-Valkanovia complex (Rhizopoda, Testacea-filosa) 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.

Specially 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.