



ISSN 2414-4738

Научный журнал

Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского

# ЭКОСИСТЕМЫ



Флора и фауна  
Биоценология  
Биология и экология  
видов  
Охрана природы

25 ◦ 2021

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

КРЫМСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ В. И. ВЕРНАДСКОГО

# ЭКОСИСТЕМЫ

2021

Выпуск 25

MINISTRY OF SCIENCE AND HIGHER EDUCATION  
OF THE RUSSIAN FEDERATION

V. I. VERNADSKY CRIMEAN FEDERAL UNIVERSITY

# **EKOSISTEMY**

**2021**

**ISSUE 25**

---

SCIENTIFIC JOURNAL • FOUNDED IN 1979 • PUBLISHED 4 TIMES PER YEAR • SIMFEROPOL

---

**ISSN 2414-4738**

Свидетельство о регистрации СМИ – ПИ № ФС77-61820 от 18 мая 2015 г. Выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций

Учредитель – ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского»

Печатается по решению Научно-технического совета Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского, протокол № 1 от 25.01.2021 г.

Журнал включен в перечень ВАК по специальностям и соответствующим им отраслям науки: 03.02.01 – Ботаника (биологические науки) и 03.02.08 – Экология (по отраслям) (биологические науки)

*Адрес редакции:* Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского, кафедра ботаники и физиологии растений и биотехнологии, пр. Академика Вернадского, 4, Симферополь, 295007  
E-mail: [ekotmu@list.ru](mailto:ekotmu@list.ru)

Полнотекстовые версии статей последних выпусков журнала в формате PDF и правила для авторов размещены на официальном сайте журнала по адресу: <http://ekosystems.cfuv.ru/>

Оригинал-макет: С. В. Леонов.

На обложке: Государственный природный ландшафтный заказник регионального значения «Мыс Айя». Балаклава. Фото С. В. Леонова.

Подписано в печать \_\_\_\_\_. Формат 60×84/8. Усл. п. л. \_\_\_\_\_. Печать цифровая. Тираж 50 экз.  
Бесплатно  
Заказ № \_\_\_\_\_. Дата выхода в свет \_\_\_\_\_

Отпечатано в управлении редакционно-издательской деятельности  
ФГАОУ ВО «КФУ имени В. И. Вернадского»  
295051, г. Симферополь, бул. Ленина, 5/7

### **Главный редактор**

**Иванов С. П.**, д. б. н., профессор, Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского

### **Заместитель главного редактора**

**Котов С. Ф.**, к. б. н., доцент, Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского

### **Технический редактор**

**Леонов С. В.**, к. б. н., доцент, Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского

### **Редактор текстов на английском и немецком языках**

**Шестакова Е. С.**, к. п. н., Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского

### **Ответственный секретарь**

**Петришина Н. Н.**, к. б. н., Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского

### **Контент-менеджер сайта**

**Николенко В. В.**, к. б. н., Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского

### **Члены редакционной коллегии**

**Багрикова Н. А.**, д. б. н., Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН

**Бескаравайный М. М.**, к. б. н., Карадагская научная станция имени Т. И. Вяземского – природный заповедник РАН

**Будашкин Ю. И.**, к. б. н., Карадагская научная станция имени Т. И. Вяземского – природный заповедник РАН

**Воронин Л. В.**, д. б. н., доцент, Ярославский государственный педагогический университет имени К. Д. Ушинского

**Довгаль И. В.**, д. б. н., профессор, Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН

**Егоров В. Н.**, д. б. н., профессор, Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН

**Ена А. В.**, д. б. н., профессор, Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского

**Ермаков Н. Б.**, д. б. н., Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН

**Захаренко Г. С.**, д. б. н., профессор, Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского

**Ивашов А. В.**, д. б. н., профессор, Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского

**Коба В. П.**, д. б. н., профессор, Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН

**Корженевский В. В.**, д. б. н., профессор, Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН

**Мацюра А. В.**, д. б. н., профессор, Алтайский государственный университет

**Назаров В. В.**, к. б. н., Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского

**Оберемок В. В.**, к. б. н., доцент, Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского

**Омельченко А. В.**, к. б. н., доцент, Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского

**Пешич В.**, доктор наук, профессор, Университет Черногории (University of Montenegro), Черногория

**Плугатарь Ю. В.**, д. с.-х. н., профессор, Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН

**Репецкая А. И.**, к. б. н., доцент, Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского

**Свольнский А. Д.**, к. б. н., Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского

**Фатерыга А. В.**, к. б. н., Карадагская научная станция имени Т. И. Вяземского – природный заповедник РАН

**Чатгерджи Т.**, доктор наук (зоологии), Международная школа Хесент (Crescent), Индия

**Чуян Е. Н.**, д. б. н., профессор, Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского

## Трансформация галофитной растительности Сердобского солонца (Сердобский район, Пензенская область)

Новикова Л. А.<sup>1</sup>, Васюков В. М.<sup>2</sup>, Горбушина Т. В.<sup>3</sup>, Михайлова Е. В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Пензенский государственный университет

Пенза, Россия

[la\\_novikova@mail.ru](mailto:la_novikova@mail.ru), [em250819971@gmail.com](mailto:em250819971@gmail.com)

<sup>2</sup> Институт экологии Волжского бассейна РАН – филиал Самарского федерального исследовательского центра РАН

Тольятти, Россия

[vvasjukov@yandex.ru](mailto:vvasjukov@yandex.ru)

<sup>3</sup> Государственный природный заповедник «Приволжская лесостепь»

Пенза, Россия

[astrawa@yandex.ru](mailto:astrawa@yandex.ru)

Изучена очень редкая для лесостепной зоны галофитная растительность на примере Сердобского солонца в окрестностях города Сердобска (Сердобский район, Пензенская область). Исследования проводились в 2009–2018 годы методом геоботанического профилирования. Всего было заложено 80 пробных площадей (35 – в 2009 году и 45 – в 2018) по традиционной методике. Разработана эколого-фитоценотическая классификация на доминантной основе. Сопоставление двух описаний растительности этого солонца с интервалом около 10 лет позволяет проследить трансформацию галофитной растительности после интенсивного антропогенного воздействия (выпаса и частичной распашки) в разных экологических условиях. Флора Сердобского солонца составляет 179 видов сосудистых растений, из которых 13 видов внесены в Красную книгу Пензенской области (2013). Соотношение галофитной и негалофитной растительности на территории Сердобского солонца в разные годы наблюдений значительно различается. Прежде (2009 год) галофитная растительность Сердобского солонца занимала большую часть площади (около 97,0 %), причем явно преобладали галофитные луга (67,0 %) над галофитными степями (30,0 %). В настоящее время (2018 год) галофитная растительность Сердобского солонца менее выражена (около 63,8 %) и почти одинаково представлена галофитными степями (30,8 %) и галофитными лугами (33,0 %). Выявлены основные этапы демутиации галофитной степной и луговой растительности (в различных экологических условиях). Хотя демутиации южных солонцов (Сердобский район) в целом совпадают с юго-восточными солонцами, (Пензенская область, Неверкинский район), но они отличаются наличием специального этапа однолетнезасоленных лугов. Учитывая высокий уровень флористического и фитоценотического разнообразия засоленного участка в окрестностях города Сердобска, предлагаем организовать в Сердобском районе Пензенской области новый памятник природы под названием «Сердобский солонец».

*Ключевые слова:* галофитная флора и растительность, лесостепь, демутиация, деградация, галофитные степи и луга, Пензенская область.

### ВВЕДЕНИЕ

Галофитная растительность лесостепной зоны находится на границе своего распространения и нуждается в изучении (Юрицина, 2014; Лысенко, 2016). Несмотря на то, что исследования этих авторов включали и Поволжье, они совершенно не затронули Пензенскую область. Кроме того, эти авторы проводили инвентаризацию галофитной растительности с позиций эколого-флористического подхода к классификации.

В последнее время галофитная растительность стала изучаться и в Пензенской области (Новикова, Разживина, 2009; Чистякова, Дюкова, 2010; Новикова, 2012, 2018; Вяль и др., 2013; Новикова и др., 2019а), но слабо затронуты южные районы (в том числе Сердобский район). Таким образом, в целом, степная растительность Пензенской области изучена довольно хорошо (Novikova et al., 2017, 2018), за исключением галофитной (Новикова, Панькина, 2012, 2013). Кроме того, изучение степей в Пензенской области проводилось на основе другой традиции – эколого-фитоценотической классификации. С этих же позиций изучалась галофитная растительность на территории Республики Калмыкия (Горяев, 2019; Горяев, Кораблев, 2020).

В Сердобском районе известны два засоленных участка: Красный солонец у нежилого поселка Красный и Сердобский солонец около города Сердобска. Сердобский солонец был обнаружен А. А. Соляновым еще в 1962 году (Солянов, 1964, 2001) и описан нами в 2009 году (Новикова, Разживина, 2009). Красный солонец был найден в 2007 году, благодаря местному краеведу М. Г. Морунову, и описан нами в 2008 году (Новикова, Разживина, 2009).

Цель наших исследований – выявить флористические и фитоценотические особенности уникального ботанического объекта Сердобского солонца и проследить восстановление галофитной растительности после ее уничтожения в разных экологических условиях.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В 2009–2018 годы с целью изучения растительности Сердобского солонца были заложены два взаимно перпендикулярных профиля разной протяженности (короткий в направлении с севера на юг и длинный с запада на восток), на которых проводили описания пробных площадок размером 4 м<sup>2</sup> (2×2 м) в типичных условиях. Всего было сделано 80 геоботанических описаний (35 описаний – в 2009 году и 45 – 20018 году) по традиционной методике. Разработана эколого-фитоценотическая классификация на доминантной основе (Ипатов, Мирин, 2008; Новикова и др., 2014, 2016, 2017). Для каждой выделенной ассоциации указывалось: общее проективное покрытие (ОПП), соотношение фитоценотических, экологических (по отношению к воде), хозяйственно-биологических групп видов по проективному покрытию (ПП).

Латинские названия видов приводятся по С. К. Черепанову (1995) с дополнениями по *International Plant Names Index (IPNI)*: <https://www.ipni.org/>) и *Plants of the World online (POWO)*: <http://powo.science.kew.org/>)

Сопоставление двух описаний растительности этого солонца с интервалом около десяти лет (2009–2018 гг.) позволяют выделить основные этапы демуляции галофитной растительности после интенсивного антропогенного воздействия (выпаса и частичной распашки) в разных экологических условиях.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Сердобский солонец (площадь – 150 га) занимает южную окраину города Сердобска и располагается на реке Сердобе – левом притоке реки Хопер (Донской бассейн). При первом описании в 2009 году его растительность была сильно деградирована, так как находилась под большим антропогенным влиянием: отмечались интенсивный выпас и фрагментарная распашка примыкающей к городу части солонца. При повторном описании в 2018 году растительность солонца в значительной мере восстановилась, что позволило проследить все основные этапы ее демуляции.

Во флоре Сердобского солонца выявлено 179 видов сосудистых растений, из которых 13 видов внесены в Красную книгу Пензенской области (2013): *Althaea officinalis* L., *Artemisia santonica* L., *Glaux maritima* L., *Jacobaea erucifolia* (L.) G. Gaertn. et al. [*Senecio erucifolius* L.], *Jacobaea kirghisica* (DC.) E. Wiebe [*Senecio paucifolius* S.G. Gmel.], *Limonium donetzicum* Klokov [*L. tomentellum* auct. non (Boiss.) Kuntze], *Plantago cornutii* Gouan, *Scolochloa festucacea* (Willd.) Link, *Scorzonera parviflora* Jacq., *Silaum silaus* (L.) Schinz et Thell., *Stipa pennata* L., *Triglochin maritimum* L., *Tripolium pannonicum* (Jacq.) Dobroc., а также еще 6 редких видов: *Artemisia nitrosa* Weber ex Stechm., *Atriplex intracontinentalis* Sukhor., *Carex otrubae* Podp., *Lactuca saligna* L., *Salicornia perennans* Willd., *Suaeda prostrata* Pall. (Васюков и др., 2020).

Соотношение площадей галофитной и негалофитной растительности на территории Сердобского солонца в разные годы наблюдений значительно различались.

Прежде по данным 2009 года галофитная растительность занимала значительную площадь (97,0 %) на территории солонцов, причем явно преобладали галофитные луга над галофитными степями.

**Галофитные луга** ранее имели более широкое распространение на солонце (67,0 %) и развивались в условиях засоленных и влажных почв. Они характеризовались господством луговых видов (34–97 %) и, особенно, галомезофитов (34–90 %). ОПП высокое и колебалось от 35 до 100 %, а число видов – от 2 до 12. Особенно хорошо были представлены дерновиннозлаковые, в меньшей мере – корневищнозлаковые и многолетнеэрозивные галофитные луга.

**Дерновиннозлаковые галофитные луга** ранее занимали значительную площадь (55 %) на основной территории солонца. Характеризовались преобладанием луговых видов (34–87 %) и особенно галомезофитов (34–82 %). ОПП колебалось от 35 до 87 %, число видов – от 2 до 8. Они включали 5 ассоциаций с доминированием *Puccinellia distans*. Представляют важный этап демутиации галофитной растительности: в настоящее время 4 из 5 ассоциаций выпали полностью из состава растительного покрова.

**Корневищнозлаковые галофитные луга** ранее занимали всего 3,0 % площади и формировали 2 ассоциации с доминированием *Festuca regeliana*. Преобладали луговые (56–90 %) и галомезофитные (38–70 %) элементы. ОПП было довольно высокое и колебалось от 62 до 90 %, а число видов – от 3 до 9. Эти ассоциации, хотя и занимают незначительную площадь, содержат в качестве содоминантов очень редкие для нашей области виды: *Plantago cornutii* и *Triglochin maritimum*. Отражают важный этап восстановления галофитной растительности: эти две ассоциации в настоящее время вытеснены полностью.

**Многолетнеэрозивные галофитные луга** ранее также не занимали большой площади (3,0 %) и включали 2 ассоциации с доминированием *Silaum silaus*. Характеризовались преобладанием луговых (64–92 %) и галомезофильных (50–90 %) видов. ОПП довольно высокое и колебалось от 64 до 95 %, число видов – от 4 до 12. Также отражает важный этап восстановления галофитной растительности: эти две ассоциации в настоящее время практически утрачены.

В 2009 году галофитные степи имели меньшее распространение (30,0 % площади) по сравнению с галофитными лугами и развивались в условиях засоленных и сухих почв. Характеризовались преобладанием степных видов (20–70 %) за счет галоксерофитов (17–57,5 %). ОПП сильно колебалось от 31 до 95 %, а число видов – от 2 до 10. Среди галофитных степей несколько преобладали многолетнеэрозивные над полукустарничковыми.

**Многолетнеэрозивные галофитные степи** раньше имели площадь 18,0 % и занимали выровненные элементы рельефа и засоленные почвы. Характеризовались преобладанием степных видов (24–70 %) и, в основном, галоксерофитов (17–70 %). ОПП высокое и изменялось от 55 до 95 %, а число видов – от 2 до 8. К ним относятся 4 ассоциации с доминированием *Limonium tomentellum*. Представляют важный этап демутиации: из четырех ассоциаций в настоящее время осталась только одна – остальные исчезли. В этих ассоциациях в качестве субдоминантов выступают: *Silaum silaus* и *Taraxacum bessarabicum*, что свидетельствует о большем развитии галофитных лугов с участием этих видов в прошлом.

**Полукустарничковые галофитные степи** занимают 12,0 % площади и развиваются на возвышенных элементах рельефа и засоленных почвах. ОПП колебалось от 37,5 до 77,5 %, а количество видов в ассоциациях – от 3 до 10. Преобладали степные виды (20–61 %), а именно галоксерофиты (20–57,5 %). Включают две ассоциации с доминированием *Artemisia santonica*. Эти ассоциации отражают последние этапы восстановления галофитных степей на данном участке в тот период. Позже на их смену приходят ассоциации с доминированием *A. nitrosa*.

В 2009 году негалофитная растительность (3 % площади) была очень плохо описана в связи с тем, что растительность солонца была сильно нарушена выпасом и находилась на самых разных этапах восстановления. Кроме того, условия влажного года не позволили детально обследовать болотную растительность изучаемого участка.

В настоящее время по данным 2018 года на «Сердобском солонце» галофитная растительность (63,8 %) по-прежнему преобладает над негалофитной, но не так значительно. Наблюдается довольно близкое соотношение галофитных степей и галофитных лугов.

**Галофитные степи** (30,8 % площади) характеризуются преобладанием степных видов (20,0–70,0 %) за счет галоксерофитов (17–57,5 %). ОПП колеблется от 31,0 до 95,0 %, а число видов – от 2 до 10. Галофитные степи представлены в равной степени полукустарничковыми и многолетнеэрозивными, и в меньшей степени – однолетнеэрозивными.

Полукустарничковые галофитные степи (13,2 % площади) занимают наиболее возвышенные и засоленные местообитания. ОПП колеблется от 37,5 до 77,5 %, а число видов в ассоциациях – от 3 до 10. Преобладают степные виды (20,0–61,0 %), а именно галоксерофиты (20,0–57,5 %). К ним принадлежат три ассоциации, одна из которых с доминированием *Artemisia santonica*, а две других – *A. nitrosa*. Эти ассоциации отражают конечные этапы восстановления галофитной растительности, причем первая формация постепенно замещается на вторую.

Многолетнеэрозивные галофитные степи (13,2 % площади) имеют примерно такое же распространение и занимают более выровненные и засоленные субстраты. Характеризуются преобладанием степных видов (24,0–70,0 %), в основном галоксерофитов (17,0–70,0 %). ОПП высокое и меняется от 55,0 до 95,0 %, а число видов – от 2 до 8. К ним относится пять ассоциаций с доминированием *Limonium tomentellum*. Ассоциации представляют собой промежуточный этап восстановления галофитных степей: из этих пяти ассоциаций только одна сохранилась с 2009 года, а остальные четыре – появились вновь.

Однолетнеэрозивные галофитные степи (4,4 % площади) формируются в условиях нарушенного растительного покрова. Характеризуются преобладанием степных видов (31,0–55,0 %) за счет галоксерофитов (17,0–35,0 %). ОПП низкое и колеблется от 31,0 до 55,0 %, а число видов – от 4 до 8. Включают одну ассоциацию с доминированием *Sedobassia sedoides*. Она отражает самые начальные этапы восстановления галофитной растительности.

В 2018 году **галофитные луга** здесь также довольно хорошо представлены (33,0 % площади) и имеют большое разнообразие, так как развиваются в условиях засоленных почв с разной степенью увлажнения. Характеризуются господством луговых видов (34,0–97,0 %) и особенно галомезофитов (34,0–90,0 %). ОПП колеблется от 35,0 до 100,0 %, а число видов – от 2 до 12. Отмечены: дерновиннозлаковые, корневищнозлаковые, многолетнеэрозивные и однолетнеэрозивные галофитные луга.

Дерновиннозлаковые галофитные луга (6,6 % площади) отмечаются на засоленных и довольно сухих почвах. Характеризуются преобладанием луговых видов (34,0–87,0 %) и галомезофитов (34,0–82,0 %). ОПП колеблется от 35,0 до 87,0 %, число видов – от 2 до 8. Включают две ассоциации с доминированием *Puccinellia distans* и участием двух видов полукустарничков (*Artemisia santonica* и *A. nitrosa*). Отражают промежуточный этап восстановления, причем первая ассоциация сохраняется еще с 2009 года на участке, а вторая появляется вновь.

Корневищнозлаковые галофитные луга занимают также небольшую площадь (8,8 %) на более влажных засоленных почвах по сравнению с предыдущими сообществами. Преобладают луговые (56,0–90,0 %) и галомезофитные (38,0–70,0 %) элементы. ОПП довольно высокое и колеблется от 62,0 до 90,0 %, а число видов – от 3 до 9. Включают три ассоциации, на двух из которых доминирует *Festuca regeliana*, а на одной – *Carex melanostachya*. Причем последняя ассоциация носит более мезофитный характер. Эти ассоциации в качестве субдоминантов включают многие редкие виды: *Jacobaea erucifolia*, *Plantago cornutii*, *Sonchus palustris*. Они также носят переходный характер и были описаны только в последний год.

Многолетнеэрозивные галофитные луга занимают несколько большую площадь (15,4 %) и развиваются на более влажных солонцах. Характеризуются преобладанием луговых (64,0–92,0 %) и галомезофильных (50,0–90,0 %) видов. ОПП меняется от 64,0 до 95,0 %, число видов – от 4 до 12. Включают шесть ассоциаций, из которых две с доминированием *Taraxacum bessarabicum*, три – *Plantago cornutii* и одна – *Potentilla anserina*. Все эти ассоциации описаны только в 2018 году. Важно отметить, что многолетнеэрозивные галофитные луга с доминированием *Silaum silaus* практически

выпали из структуры растительного покрова солонца спустя 9 лет, что свидетельствует об их переходном характере.

Однолетнеэрозивные галофитные луга представлены всего одной ассоциацией с доминированием *Melilotus dentatus*. Они занимают 0,9 % площади и встречаются по нарушенным местообитаниям.

В 2018 году негалофитная растительность занимает третью часть площади солонцов (36,2 %) и включает преимущественно луговую (28,6 %) и в меньшей степени – болотную (6,6 %) растительность. Все эти сообщества были описаны только при повторном описании солонца. Луговая растительность представлена настоящими (22,0 %) и болотистыми луга (6,6 %), а болотная – исключительно низинными болотами.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, нам удалось установить основные этапы демуляции галофитной растительности, которые протекают различно в зависимости от степени увлажнения и засоления почв.

Демуляция галофитных степей (на сильно засоленных сухих почвах):

1. Однолетнеэрозивные галофитные степи (*Sedobassia sedoides*);
2. Многолетнеэрозивные галофитные степи (*Limonium tomentellum*);
3. Полукустарничковые галофитные степи (*Artemisia santonica*, *A. nitrosa*).

Демуляция галофитных лугов (на сильно засоленных и влажных почвах):

1. Однолетнеэрозивные галофитные луга (*Melilotus dentatus*);
2. Многолетнеэрозивные галофитные луга (*Silaum silaus*, *Taraxacum bessarabicum*, *Plantago cornutii*, *Potentilla anserina*);
3. Корневищнозлаковые галофитные луга (*Festuca regeliana*, *Carex melanostachya*);
4. Дерновиннозлаковые галофитные луга (*Puccinellia distans*).

Выявленные этапы демуляции южных районов Пензенской области на примере Сердобского солонца (Сердобский район) в целом соответствуют аналогичным процессам, выделенным на юго-востоке области (Неверкинский район) (Новикова и др., 2019б). Однако в отличие от юго-восточных солонцов южные галофитные луга имеют специальный этап однолетнеэрозивных засоленных лугов с доминированием однолетних видов галофитов (*Melilotus dentatus*).

Таким образом, во флоре Сердобского солонца выявлено 179 видов сосудистых растений, из которых 13 видов внесены в Красную книгу Пензенской области (2013) и еще 6 – рекомендуются для включения в третье издание.

Соотношение галофитной и негалофитной растительности на Сердобском солонце в разное время описания значительно различается.

Прежде (в 2009 году) галофитная растительность Сердобского солонца занимала большую часть площади (около 97,0 %), причем явно преобладали галофитные луга (67,0 %) над галофитными степями (30,0 %).

В настоящее время (в 2018 году) галофитная растительность Сердобского солонца менее выражена (около 63,8 %) и почти одинаково представлена галофитными степями (30,8 %) и галофитными лугами (33,0 %)

Выявлены основные этапы демуляции галофитной степной и луговой растительности (в различных экологических условиях). Хотя демуляция южных солонцов (Сердобский район) в целом совпадает с юго-восточными солонцами (Неверкинский район), но она отличается наличием специального этапа однолетнеэрозивных засоленных лугов.

Учитывая высокий уровень флористического и фитоценотического разнообразия засоленного участка в окрестностях города Сердобска, предлагаем организовать в Сердобском районе Пензенской области новый памятник природы под названием «Сердобский солонец».

### Список литературы

- Васюков В. М., Новикова Л. А., Горбушина Т. В. Материалы к флоре юга Пензенской области: Сердобский район // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. – 2020. – Т. 29, № 2. – С. 63–73.
- Вяль Ю. А., Новикова Л. А., Карпова Г. А., Лойко Н. Г. Особенности генезиса гипноносных луговых почв в условиях Пензенской области // Нива Поволжья. – 2013. – № 2 (27) – С. 21–26.
- Горяев И. А. Закономерности распространения галофитной растительности на Прикаспийской низменности // Ботанический журнал. – 2019. – Т. 104, № 7. – С. 60–77.
- Горяев И. А., Кораблёв А. П. Галофитная растительность на западе Прикаспийской низменности // Сибирский экологический журнал. – 2020. – Т. 27, № 5. – С. 623–631.
- Ипатов В. С., Мирин Д. М. Описание фитоценоза: Методические рекомендации. Учебно-методическое пособие. – СПб, 2008. – 71 с.
- Красная книга Пензенской области Ч. I Грибы, лишайники, мхи, сосудистые растения. 2-е изд. / [Ред. А. И. Иванов]. – Пенза: ИПК «Пензенская правда», 2013. – 300 с.
- Лысенко Т. М. Растительность засоленных почв Поволжья в пределах лесостепной и степной зон / [Ред. Г. С. Розенберг]. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2016. – 329 с.
- Новикова Л. А., Разживина Т. Б. Галофильный компонент флоры Пензенской области в региональной Красной книге // Раритеты флоры Волжского бассейна: Тезисы Российской научной конференции (Тольятти, 12–15 октября 2009 г.). – Тольятти: ИЭВБ РАН, 2009. – С. 153–162.
- Новикова Л. А. Охрана разнообразия степей на западных склонах Приволжской возвышенности // Раритеты флоры Волжского бассейна: Доклады участников II Российской научной конференции (Тольятти, 11–13 сентября 2012 г.) – Тольятти: «Кассандра». – 2012. – С. 175–179.
- Новикова Л. А., Панькина Д. В. Формирование растительности на засоленных участках в южных районах Пензенской области // Мониторинг экологически опасных промышленных объектов и природных экосистем: Сборник статей VI Всероссийской научно-практической конференции (Пенза, август 2012 г.) – Пенза: РИО ПГСХА, 2012. – С. 82–86.
- Новикова Л. А., Панькина Д. В. Характеристика засоленных участков в Малосердобинском и Сердобском районах Пензенской области // Вестник Мордовского государственного университета. – 2013. – № 3–4. – С. 21–26.
- Новикова Л. А., Вяль Ю. А., Леонова Н. А., Панькина Д. В. Геоботаническая характеристика «Ольшанского солонча» в Пензенской области // Нива Поволжья. – 2014. – № 1 (30). – С. 49–56.
- Новикова Л. А., Кулагина Е. Ю., Миронова А. А., Панькина Д. В. Ценный ботанический объект в Пензенской области («Мансуровский солонец») // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Серия Естественные науки. – 2016. – № 2. – С. 19–29.
- Новикова Л. А., Миронова А. А., Васюков В. М. Характеристика флоры и растительности «Келлеровского солонча» (Пензенская область) // Нива Поволжья. – 2017. – № 4 (45). – С. 109–114.
- Новикова Л. А. Охрана галофитной растительности Пензенской области // Ботаника в современном мире: Труды XIV съезда Русского ботанического общества и конференции (Махачкала, 18–23 июня 2018 г.). Том. 2. – Махачкала: АЛЕФ, 2018. – С. 112–114.
- Новикова Л. А., Васюков В. М., Горбушина Т. В. Изученность галофитной растительности в Пензенской области // Самарский научный вестник. – 2019а. – Т. 8, № 1 (26). – С. 75–82.
- Новикова Л. А., Васюков В. М., Миронова А. А. Восстановление галофитной растительности на юго-востоке Пензенской области // Нива Поволжья. – 2019б. – №1 (50). – С. 51–56.
- Солянов А. А. Флора и растительность Пензенской области и некоторые вопросы их рационального использования // Ученые записки Пензенского государственного педагогического института им. В. Г. Белинского. – 1964. – № 10. – С. 128–173.
- Солянов А. А. Флора Пензенской области. – Пенза: Пензенский государственный педагогический университет им. В. Г. Белинского, 2001. – 310 с.
- Черепанов С. К. Сосудистые растения России и сопредельных государств. – СПб.: Мир и семья, 1995. – 992 с.
- Чистякова А. А., Дюкова Г. Р. Структура почвенно-растительного покрова засоленных степных блюдечек лесостепи // Известия Пензенского государственного педагогического института им. В. Г. Белинского. – 2010. – № 17 (21). – С. 32–38.
- Юрицына Н. А. Растительность засоленных почв Юго-Востока Европы и сопредельных территорий / [Под ред. С. В. Саксонова]. – Тольятти: «Кассандра», 2014. – 164 с.
- Novikova L. A., Pankina D. V., Mironova A. A. The dynamics of the central russian meadow steppes and the problem of their preservation // Biology bulletin. – 2017. – Vol. 44, N 5. – P. 506–510. DOI: 10.7868/S000233291705006X
- Novikova L. A., Saksonov S. V., Senator S. A., Vasjukov V. M. Century-long dynamics of meadow steppes in the Privolzhskaya uplands // Ecology and geography of plants and plant communities: 4 International scientific conference // KnE life sciences. – 2018. – P. 1–6. DOI 10.18502/19
- International Plant Names Index (IPNI): <https://www.ipni.org/>
- Plants of the World online (POWO): <http://powo.science.kew.org/>

**Novikova L. A., Vasjukov V. M., Gorbushina T. V., Mikhailova E. V. Transformation of the halophytic vegetation of the “Serdobsky solonets” Serdobsky district, Penza region) // Ekosistemy. 2021. Iss. 25. P. 5–11.**

Halophytic vegetation is very rare in the forest-steppe zone. It was studied in the tract Serdobsky solonets in the vicinity of Serdobsk (Serdobsky district, Penza region). The studies were conducted in the years 2009–2018, using the technique of geobotanical profiling. 80 trial areas were laid (35 in 2009 and 45 in 2008). Ecological and phytocenotic classification of plant communities is performed on the dominant principle. Comparison of two descriptions of vegetation with an interval of 10 years allows us to trace the transformation of halophytic vegetation after intensive anthropogenic impact (grazing and partial plowing) in different environmental conditions. The flora of Serdobsky solonets consists of 179 species of vascular plants, of which 13 species are included in the Red book of the Penza region (2013). The share of halophytic vegetation on the territory of Serdobsky solonets has changed over 10 years: from 97.0 % to 63.8 %. Moreover, halophyte meadows occupied 67.0 % and halophyte steppes 30.0 % of the area in 2009. Now (2018) halophytic steppes make up 30.8 %, and halophytic meadows 33.0 %. The main stages of demutation of halophytic steppe and meadow vegetation were identified in various environmental conditions (meadows and steppes). The same stages of demutation were identified earlier for the South-Eastern Solonets (Neverskiy district of the Penza region). However, a special stage of annual saline grasslands has been identified. This place requires protection due to the high level of floral and phytocenotic diversity. We offer to organize here a natural monument called “Serdobsky solonets”.

*Key words:* halophytic flora and vegetation, forest-steppe, demutation, degradation, halophytic steppes and meadows, Penza region.

*Поступила в редакцию 08.12.20*

*Принята к печати 10.10.20*

## Стабилизация и скорость разложения стандартного материала в травяных сообществах лесной зоны

Елумеева Т. Г., Чередниченко О. В., Гаврилова Т. М.

Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова  
Москва, Россия  
[elumeeva@yandex.ru](mailto:elumeeva@yandex.ru), [gentiana07@yandex.ru](mailto:gentiana07@yandex.ru), [gavrilova.t.m@list.ru](mailto:gavrilova.t.m@list.ru)

Скорость разложения растительных остатков зависит от двух одновременно протекающих процессов: собственно разложения и стабилизации органического вещества. Для сравнения скорости этих процессов в различных экосистемах в настоящее время широко используется индекс «чайных пакетиков» (Tea Bag Index, TBI). Образцы стандартного материала (зеленый чай и ройбос) были заложены в почву на глубину 8 см в 4 травяных сообществах Центрально-Лесного государственного природного биосферного заповедника (ЦЛГПБЗ) и в 7 сообществах поймы реки Москвы в районе Звенигородской биологической станции МГУ. На основе потери массы образцами за период инкубации были рассчитаны константа разложения и фактор стабилизации по методике Й. А. Кеускампа с соавторами (Keuskamp et al., 2013), а также проведена оценка связи этих параметров с индикаторными значениями экологических факторов по шкалам Элленберга. Значения фактора стабилизации варьировались от 0,122 г/г в таволговом сообществе ЦЛГПБЗ до 0,379 г/г на прирусловом валу реки Москвы, а значения константы разложения – от 0,0089 г/г/день в таволговом сообществе ЦЛГПБЗ до 0,0308 г/г/день на склоне центральной поймы реки Москвы. Средние значения этих параметров были значимо положительно скоррелированы. Скорость разложения была ниже в сообществах ЦЛГПБЗ и была положительно скоррелирована с индикаторными значениями кислотности почвы. Значения фактора стабилизации не зависели от региона и снижались при увеличении влажности и богатства почвы. Суходольные луга ЦЛГПБЗ и луга высокой поймы реки Москвы, относящиеся к союзу *Cynosurion cristati*, оказались наиболее сходными по параметрам разложения.

**Ключевые слова:** кислотность почвы, фактор стабилизации, константа скорости разложения, индекс «чайных пакетиков», травяная растительность, Тверская область, Московская область.

### ВВЕДЕНИЕ

Процессы разложения растительных остатков – важная часть круговорота веществ в экосистемах. Их скорость складывается из двух параметров: стабилизации органического вещества, например, в результате физической изоляции от сообщества разлагающих его микроорганизмов или образования органо-минеральных соединений, и собственно разложения с выделением углекислого газа. В свою очередь, стабилизация и разложение зависят от факторов среды, влияющих на деятельность микроорганизмов: климата, физических и химических свойств почвы, а также от качества самих отмерших растительных остатков (Prescott, 2010; Stockmann et al., 2013; Rowley et al. 2018). Функциональные признаки органов растений, например, соотношение азота и углерода в тканях, обуславливают их быстрое или медленное разложение после отмирания (Freschet et al., 2012), в связи с чем, могут влиять на его скорость сильнее, чем факторы экотопа (Fanin et al., 2019). В связи с этим Й. А. Кеускампом с соавторами (Keuskamp et al., 2013) был предложен метод для оценки фактора стабилизации (stabilization factor,  $S$ ) и константы скорости разложения лабильной фракции (decomposition constant,  $k$ ) на основе потери массы образцами легко доступного стандартного материала – пакетированного зеленого чая (*Camellia sinensis*, Theaceae) с легко разлагающимися листьями и ройбоса (*Aspalathus linearis*, Fabaceae) с относительно медленно разлагающимися листьями, так называемый индекс «чайных пакетиков» (Tea bag index, TBI). Фактор стабилизации показывает, какая часть лабильной фракции органического вещества переходит в трудно разлагаемые соединения, а константа скорости разложения – насколько быстро идет его разложение с учетом стабилизации. В настоящее время этот метод довольно часто используется для сравнения различных экотопов по параметрам разложения (Fujii et al.,

2017; Whigham et al., 2017; Elumeeva et al., 2018; McDonald et al., 2018; Petraglia et al., 2019; Saint-Laurent, Arsenault-Boucher, 2020; Fanin et al., 2020). В России работы, проведенные по данной методике, единичны (Elumeeva et al., 2018).

В данной статье приведены результаты двух опытов с использованием ТВИ для травяных сообществ Московской области (Звенигородская биостанция МГУ) и Тверской области (Центрально-Лесной государственный природный биосферный заповедник). Целью нашей работы была оценка фактора стабилизации ( $S_{ТВИ}$ ) и константы разложения ( $k_{ТВИ}$ ) в различных травяных сообществах и их связей с характеристиками экотопа, а также проверка гипотезы о том, что относящиеся к близким синтаксонам сообщества обладают сходными параметрами разложения.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

**Район исследования.** Объектами исследования были выбраны семь травяных сообществ поймы реки Москвы на территории Звенигородской биостанции МГУ имени С. Н. Скадовского (ЗБС, Одинцовский район Московской области, 55°42' с. ш., 036°44' в. д.) и четыре травяных сообщества Центрально-Лесного государственного природного биосферного заповедника и его охранный зоны (ЦЛГПБЗ, Нелидовский район Тверской области, 56°26'–56°39' с. ш. 032°29'–033°01' в. д.). Краткая характеристика сообществ приведена в таблице 1.

ЗБС располагается в центре Русской равнины на правом берегу реки Москвы, территория включает узкую полосу современной поймы, древние террасы и водораздельную часть (Копчик, Рыжова, 2011; Александровский, Панин, 2013). Среднегодовая температура составляет 5,6 °С, сумма осадков – 634,7 мм (Погода и климат). Основную часть поймы реки Москвы на ее территории занимает доголоценовая пойма, которая приподнята на 5–7 м над рекой и нерегулярно заливалась в голоцене, а после постройки Можайского водохранилища в XX веке не заливалась. Современная пойма, сформировавшаяся в голоцене, слабо дифференцирована, на некоторых участках в ней выделяются прирусловой вал и центральная пойма, которые заливаются ежегодно (Чередниченко, Первова, 2016). Заливаемые участки заняты высокотравной нитрофильной растительностью класса *Epilobietea angustifolii* Tx. et Preisig ex von Rochow 1951, а плоские участки высокой поймы и склон от высокой поймы к низкой – типичными лугами класса *Molinio-Arrhenatheretea* R. Tx. 1937 (Чередниченко, Ямалов, 2011). В понижениях формируются низинные болота и таволговые сообщества.

ЦЛГПБЗ располагается на юго-западе Валдайской возвышенности на Каспийско-Балтийском водоразделе Русской равнины. Климат гумидный континентальный (Минаева, Шапошников, 1999). Среднегодовая температура за период 2001–2018 годы составляет 4,9 °С, сумма осадков – 764,9 мм (данные метеостанции «Лесной заповедник», находятся в архиве ЦЛГПБЗ). Луга в заповеднике занимают менее 1 % территории (Кураева и др., 1999). Материковые луга представлены сообществами класса *Molinio-Arrhenatheretea* R. Tx. 1937 (настоящие луга), но в заповедном ядре они выведены из хозяйственного использования, а в буферной зоне используются как пастбища и сенокосы. Влажные местообитания в понижениях и вдоль русел водотоков заняты сообществами с доминированием таволги вязолистной, относящимися к тому же классу *Molinio-Arrhenatheretea*. На богатых азотом участках неиспользуемых угодий развиты субрудеральные сообщества класса *Epilobietea angustifolii* (Cherednichenko, Borodulina, 2018). Пойменные луга относятся преимущественно к классу *Phragmito-Magnocaricetea* (Чередниченко, 2017).

**Эксперименты с разложением стандартного материала.** В качестве стандартного материала для оценки скорости разложения ветоши были использованы зеленый чай (EAN: 87 22700 05552 5) и ройбос (EAN: 87 22700 18843 8) марки Lipton в пакетиках-пирамидках из нейлоновой сетки, размер ячейки которой позволяет почвенным микроорганизмам и мезофауне проникать внутрь, а сам пакетик не разлагается во время инкубации. Перед началом работы была определена масса каждого пакетика, включая этикетку, и все образцы

Таблица 1

Характеристика изученных травяных сообществ Звенигородской биостанции (ЗБС) и Центрально-Лесного государственного природного биосферного заповедника (ЦЛГПБЗ) с оценками по экологическим шкалам Элленберга

Сообщество	Положение в рельефе	Доминирующие виды (в порядке убывания ПП)	Союз	Тип использования	F	N	R
ЗБС							
ПЛ 1	Низкая пойма	<i>Urtica dioica</i> , <i>Bromopsis inermis</i> , <i>Phalaroides arundinacea</i>	<b><i>Senecionion fluviatilis</i></b>	Рекреация	6,22	6,79	7,38
ПЛ 2	Прирусловой вал	<i>Bromopsis inermis</i> , <i>Artemisia vulgaris</i> , <i>Urtica dioica</i>	<b><i>Senecionion fluviatilis</i></b>	Рекреация	5,57	6,69	7,27
ПЛ 3	Склон высокой поймы	<i>Arrhenatherum elatius</i> , <i>Seseli libanotis</i>	<b><i>Arrhenatherion elatioris</i></b>	Рекреация	5,05	4,98	7,00
ПЛ 4	Склон высокой поймы	<i>Briza media</i> , <i>Carex hirta</i> , <i>Dactylis glomerata</i> , <i>Festuca pratensis</i> , <i>Geum rivale</i> , <i>Seseli libanotis</i>	<b><i>Arrhenatherion elatioris</i></b>	Рекреация	5,09	4,73	7,52
ПЛ 5	Высокая пойма	<i>Arrhenatherum elatius</i> , <i>Geum rivale</i> , <i>Seseli libanotis</i>	<b><i>Cynosurion cristati</i></b>	Рекреация, слабый выпас	5,07	5,18	7,07
ПЛ 6	Высокая пойма	<i>Festuca rubra</i> , <i>Geum rivale</i>	<b><i>Cynosurion cristati</i></b>	Рекреация, слабый выпас	5,33	5,02	6,76
ТС 1	Понижение на высокой пойме	<i>Filipendula ulmaria</i> , <i>Urtica dioica</i>	<b><i>Filipendulion ulmariae</i></b>	Не используется	6,12	6,00	7,44
ЦЛГПБЗ							
СЛ 1	Водораздел	<i>Alchemilla vulgaris</i> , <i>Agrostis tenuis</i> , <i>Anthoxanthum odoratum</i> , <i>Centaurea phrygia</i> , <i>Dactylis glomerata</i> , <i>Hypericum maculatum</i> , <i>Ranunculus acris</i>	<b><i>Cynosurion cristati</i></b>	Заповедный режим	5,24	4,01	5,02
СЛ 2	Водораздел	<i>Centaurea phrygia</i> , <i>Festuca pratensis</i> , <i>Succisa pratensis</i> , <i>Trifolium medium</i>	<b><i>Cynosurion cristati</i></b>	Нерегулярный выпас и сенокошение	5,83	4,33	5,29
СРС	Водораздел	<i>Anthriscus sylvestris</i> , <i>Trifolium medium</i> , <i>Chamaenerion angustifolium</i> , <i>Dactylis glomerata</i> , <i>Urtica dioica</i>	<b><i>Epilobion angustifolii</i></b>	Заповедный режим	5,25	5,16	6,00
ТС 2	Понижение на водоразделе	<i>Filipendula ulmaria</i> , <i>Lysimachia vulgaris</i> , <i>Equisetum fluviatile</i> , <i>Ranunculus repens</i>	<b><i>Filipendulion ulmariae</i></b>	Не используется	7,55	5,68	6,32

Примечание к таблице. Названия союзов приведены в соответствии с Продромусом растительности Европы (Mucina et al., 2016). Латинские названия видов приведены по сводке С. К. Черепанова (1995). Оценки по экологическим шкалам, факторы: R – кислотность; F – увлажнение; N – богатство почвы.

были пронумерованы. Образцы были закопаны в почву на глубину 8 см в пятикратной повторности и располагались на трансекте парами зеленый чай – ройбос, расстояние между парами составило 1 м, а между образцами в паре – 10 см. На ЗБС образцы были заложены 23 июня и извлечены 1 октября 2017 года, инкубационный период составил 108 дней. В ЦЛГПБЗ инкубационный период составил 87 дней (с 11 июля по 5 октября 2019 года). После удаления

загрязнений с поверхности образцов, их содержимое извлекали и помещали в бумажные пакеты, предварительно удалив вросшие корни и проникших внутрь беспозвоночных. Образцы высушивали при 80 °С в течение 8 часов и взвешивали с точностью до 0,1 мг, а затем прокаливали при температуре 500 °С в течение 6 часов и взвешивали оставшуюся золу, массу которой затем вычитали из массы образцов, чтобы исключить загрязнение частицами почвы.

Для каждого образца был рассчитан процент потери массы. Так как время инкубации на ЗБС и в ЦЛГПБЗ было разным, то потери массы на ЗБС с более длительным периодом инкубации в 108 дней были скорректированы для срока 87 дней, чтобы можно было сравнивать скорости разложения между сообществами в двух регионах. Для этого по экспоненциальной модели были определены константы скорости разложения каждого образца, и с их использованием потери массы были пересчитаны для периода 87 дней. Значения фактора стабилизации  $ST_{VI}$  и константы скорости разложения лабильной фракции  $k_{TVI}$  были определены по методике, описанной в работе Й. А. Кеускампа с соавторами (Keuskamp et al., 2013). Фактор стабилизации  $ST_{VI}$  был рассчитан по формуле  $S=1-ag/Hg$ , где  $ag$  – отношение между потерей массы и исходной массой образца зеленого чая, а  $Hg$  – стандартная величина гидролизуемой (лабильной) фракции зеленого чая данной марки, равная 0,842 г/г. Далее мы оценили величину лабильной фракции ройбоса ( $ar$ ) с учетом фактора стабилизации в данном местообитании по формуле  $ar=Hr(1-S)$ , где  $Hr$  – стандартная величина гидролизуемой фракции ройбоса, равная 0,552 г/г (Keuskamp et al., 2013). Таким образом, масса гидролизуемой фракции, не разложившейся за период экспозиции, для каждого образца ройбоса  $ar(t)$  была рассчитана как  $ar(t)=Wr(t)-(1-ar)$ , где  $Wr(t)$  – масса образца ройбоса после окончания опыта. Полученные значения  $ar$  и  $ar(t)$  были использованы для вычисления  $k_{TVI}$  с помощью экспоненциальных моделей разложения для каждого образца ройбоса.

**Характеристика факторов среды.** В каждом сообществе непосредственно на площадке были выполнены геоботанические описания (25 м<sup>2</sup> для сообществ ЗБС и 100 м<sup>2</sup> для ЦЛГПБЗ) и по экологическим шкалам Х. Элленберга (Ellenberg et al., 1991) в программе EcoScale v.5 (Грохлина, Ханина, 2015) рассчитаны индикаторные значения для влажности, кислотности и богатства почвы азотом.

**Статистическая обработка.** Обработка материала проведена в статистической среде R (R Core Team, 2015). Для выявления различий между сообществами по потере массы зеленым чаем и ройбосом,  $ST_{VI}$  и  $k_{TVI}$  был проведен непараметрический дисперсионный анализ Краскела-Уоллиса (Kruskal-Wallis ANOVA) с последующим апостериорным тестом Тьюки-Крамера-Неменьи в пакете PMCMR (Pohler, 2014). Распределение средних значений  $ST_{VI}$  и  $k_{TVI}$  по сообществам не отличалось от нормального, и для выявления связи между ними использовали коэффициент корреляции Пирсона.

Для того чтобы выявить, как параметры разложения связаны с индикаторными значениями влажности, кислотности и богатства почв, были использованы линейные регрессионные модели со смешанным эффектом (Mixed Effect Models, пакет nlme (Pinheiro et al., 2015)), где зависимыми переменными были потери массы зеленым чаем и ройбосом (для ЗБС в пересчете на 87 дней),  $ST_{VI}$  и  $k_{TVI}$ , независимыми фиксированными эффектами были индикаторные значения (количественные) и район исследования (качественный), а случайным эффектом было сообщество, чтобы учесть пространственную неоднородность. Отбор наиболее значимых факторов проводили автоматически с помощью функции stepAIC. Значимость факторов оценивали с помощью дисперсионного анализа II типа (функция «Anova» в пакете car (Fox, Weisberg, 2011)). Качество полученных моделей оценивали по графикам квантиль-квантильного распределения, при необходимости зависимая переменная была логарифмирована по основанию натурального логарифма. Коэффициент детерминации  $R^2$  был рассчитан по алгоритму (Nakagawa, Schielzeth, 2013) в пакете MuMIn (Bartoń, 2017]. В модели, где зависимой переменной была  $k_{TVI}$ , не вошло сообщество прируслового вала ЗБС, где за период инкубации в четырех из пяти образцов лабильной фракции ройбоса не осталось: часть ее перешла в стабильное состояние ( $a_r$  оказалось значительно меньше  $H_r$ ), а другая часть разложилось, и рассчитать  $k_{TVI}$  по методике Й. А. Кеускампа с соавторами (Keuskamp et al., 2013) было невозможно.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Градиент факторов среды по экологическим шкалам включал сообщества в диапазоне от 5,0 до 7,5 баллов по влажности, от 4,0 до 6,8 по богатству почвы и от 5,0 до 7,5 по кислотности (табл. 1). Индикаторные значения кислотности и богатства были между собой значимо скоррелированы (Spearman  $R=0,668$ ,  $p=0,025$ ), при этом средние баллы богатства не отличались между регионами, а в пойменных сообществах ЗБС почвы были менее кислые ( $p=0,006$ ).

Таблица 2

Параметры разложения стандартного материала – зеленого чая и ройбоса  
(среднее  $\pm$  ошибка среднего)

Сообщество	Потери массы зеленым чаем, %	Потери массы ройбосом, %	Фактор стабилизации $S_{ТВИ}$ , г/г	Константа разложения $k_{ТВИ}$ , г/г/день
ПЛ1	52,3 $\pm$ 1,9 <sup>a</sup>	32,7 $\pm$ 2,0 <sup>ac</sup>	0,379 $\pm$ 0,022 <sup>a</sup>	0,0259 $\pm$ 0,0029 <sup>a</sup>
ПЛ2	53,2 $\pm$ 1,2 <sup>a</sup>	36,6 $\pm$ 0,8 <sup>a</sup>	0,368 $\pm$ 0,015 <sup>a</sup>	0,0400
ПЛ3	54,3 $\pm$ 1,2 <sup>a</sup>	35,6 $\pm$ 1,4 <sup>ac</sup>	0,355 $\pm$ 0,015 <sup>a</sup>	0,0308 $\pm$ 0,0026 <sup>a</sup>
ПЛ4	57,2 $\pm$ 0,8 <sup>a</sup>	34,6 $\pm$ 1,7 <sup>ac</sup>	0,320 $\pm$ 0,010 <sup>a</sup>	0,0214 $\pm$ 0,0010 <sup>ab</sup>
ПЛ5	65,9 $\pm$ 1,9 <sup>ab</sup>	30,7 $\pm$ 1,3 <sup>ab</sup>	0,217 $\pm$ 0,022 <sup>ab</sup>	0,0158 $\pm$ 0,0018 <sup>ab</sup>
ПЛ6	63,3 $\pm$ 3,3 <sup>ab</sup>	28,0 $\pm$ 1,8 <sup>ab</sup>	0,249 $\pm$ 0,039 <sup>ab</sup>	0,0151 $\pm$ 0,0027 <sup>ab</sup>
ТС1	62,2 $\pm$ 1,0 <sup>ab</sup>	36,3 $\pm$ 2,0 <sup>ab</sup>	0,261 $\pm$ 0,012 <sup>ab</sup>	0,0239 $\pm$ 0,0035 <sup>a</sup>
СЛ1	65,3 $\pm$ 0,9 <sup>ab</sup>	26,8 $\pm$ 1,2 <sup>bc</sup>	0,225 $\pm$ 0,010 <sup>ab</sup>	0,0115 $\pm$ 0,0010 <sup>ab</sup>
СЛ2	65,2 $\pm$ 0,9 <sup>ab</sup>	30,2 $\pm$ 1,6 <sup>ab</sup>	0,226 $\pm$ 0,010 <sup>ab</sup>	0,0149 $\pm$ 0,0015 <sup>ab</sup>
СРС	58,4 $\pm$ 2,6 <sup>ab</sup>	29,3 $\pm$ 1,2 <sup>ab</sup>	0,306 $\pm$ 0,031 <sup>ab</sup>	0,0156 $\pm$ 0,0018 <sup>ab</sup>
ТС2	74,0 $\pm$ 1,5 <sup>b</sup>	25,8 $\pm$ 0,8 <sup>b</sup>	0,122 $\pm$ 0,018 <sup>b</sup>	0,0089 $\pm$ 0,0004 <sup>b</sup>

Примечание к таблице. Данные для ЗБС пересчитаны на период 87 дней. Повторность составила  $n=5$  для всех случаев потери массы зеленым чаем и для фактора стабилизации, кроме используемого суходольного луга (СЛ2), где  $n=4$ ;  $n=5$  для потери массы ройбосом, кроме субрудерального сообщества (СРС), где  $n=4$ ; повторность для константы разложения:  $n=5$  в СЛ1, СЛ2, ПЛ5, ПЛ6;  $n=4$  в СРС, ТС1 и ТС2;  $n=3$  в ПЛ1, ПЛ3, ПЛ4;  $n=1$  в ПЛ2. Разными буквами отмечены значимые отличия между сообществами ( $p<0,05$ ).

Максимальные потери массы зеленым чаем за 87 дней отмечены для таволгового сообщества в ЦЛГПБЗ (ТС2) и составили в среднем 74,0 %, а минимальные – для сообществ низкой части поймы и прируслового вала (52,3 % и 53,2 %; табл. 3). Максимальные потери массы ройбосом наблюдались на прирусловом валу (36,6 %) и в пойменном таволговом сообществе ЗБС (36,3 %). В сообществах низкой части поймы, прируслового вала и склона центральной части поймы для нескольких образцов эти потери превысили расчетную массу лабильной фракции (Keuskamp et al., 2013). Медленнее всего образцы ройбоса разлагались в почве таволгового сообщества ЦЛГПБЗ (ТС2; 25,8 %). Крайние значения потерь массы обоих видов значимо отличались друг от друга.

Значения  $S_{ТВИ}$  варьировались от 0,122 (таволговое сообщество ЦЛГПБЗ, ТС2) до 0,379 (прирусловой вал), а  $k_{ТВИ}$  – от 0,0089 в таволговом сообществе ЦЛГПБЗ до 0,0308 на склоне центральной части поймы с райграсом и более 0,04 на прирусловом валу, где у четырех из пяти образцов полностью разложилась лабильная фракция ройбоса. Средние значения  $S_{ТВИ}$  и  $k_{ТВИ}$  были положительно скоррелированы ( $r=0,824$ ,  $p=0,002$ ; рис. 1).

Индикаторные оценки кислотности почвы оказались лучшими предикторами потерь массы ройбосом: на кислых почвах разложение шло медленнее (рис. 2a). Эта связь значима

Таблица 3

Связь параметров разложения стандартного материала (зеленый чай и ройбос) с регионом и характеристиками местообитания

Материал	Фактор	n	Эффект	$\chi^2$	p	R <sup>2</sup> m	R <sup>2</sup> c
Потери массы ройбосом	R	11	+	10,92	<0,001	0,315	0,523
Потери массы ройбосом (только для ЗБС)	R	7	+	5,80	0,016	0,221	0,350
Фактор стабилизации $S_{ТВ1}$	F	11	-	19,04	<0,001	0,535	0,716
	N		+	15,76	<0,001		
Константа разложения $k_{ТВ1}$	Регион	10	ЗБС>ЦЛГПБЗ	6,13	0,002	0,384	0,677
Константа разложения $k_{ТВ1}$	R	10	+	6,13	0,013	0,310	0,710

Примечание к таблице. Оценки по экологическим шкалам: R – кислотность; F – увлажнение; N – богатство почвы. n – число сообществ, включенных в анализ. Эффекты: «+» – положительная связь; «-» – отрицательная связь. R<sup>2</sup>m – коэффициент детерминации только для фиксированных факторов; R<sup>2</sup>c – коэффициент детерминации для фиксированных и случайных эффектов.

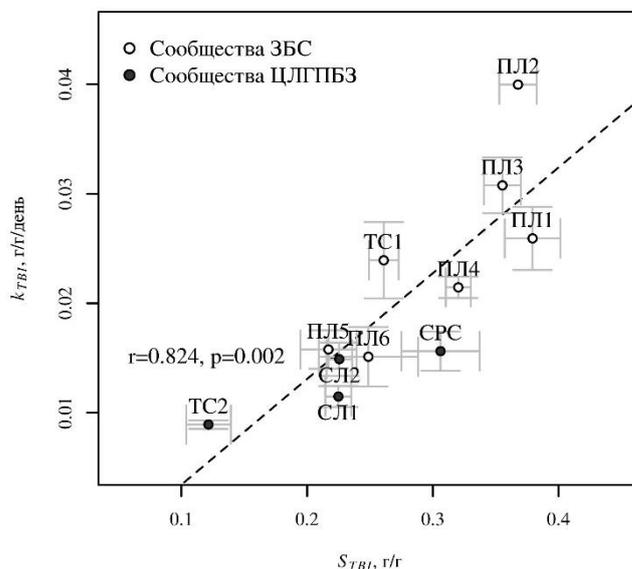


Рис. 1. Связь фактора стабилизации  $S_{ТВ1}$  и константы разложения  $k_{ТВ1}$  в травяных сообществах ЦЛГПБЗ и ЗБС

Показаны средние значения и ошибка среднего. Сообщества: Союз *Senecionion fluviatilis*: ПЛ1 – луг в низкой пойме; ПЛ2 – луг на прирусловом валу. Союз *Arrhenatherion elatioris*: ПЛ3, ПЛ4 – луга на склоне высокой поймы. Союз *Cynosurion cristati*: ПЛ5, ПЛ6 – луга в высокой пойме; СЛ1, СЛ2 – луга на водоразделе. СРС – субрудеральное сообщество союза *Epilobion angustifolii*. ТС1, ТС2 – таволговые сообщества союза *Filipendulion ulmariae*. Названия союзов приведены в соответствии с Продромусом растительности Европы (Mucina et al., 2016).

как для всех сообществ, так и только для сообществ ЗБС. Константа разложения также была значимо связана с кислотностью почвы (рис. 2б), но при этом лучшей моделью оказалась та, где из предикторов в результате автоматической пошаговой регрессии остался только регион. Таким образом, в пойменных сообществах ЗБС значения  $k_{ТВ1}$  были выше, чем в ЦЛГПБЗ.

Лучшая модель для  $S_{ТВ1}$  включала индикаторные значения влажности и богатства почвы (табл. 3): его значения были ниже на влажных и богатых почвах.

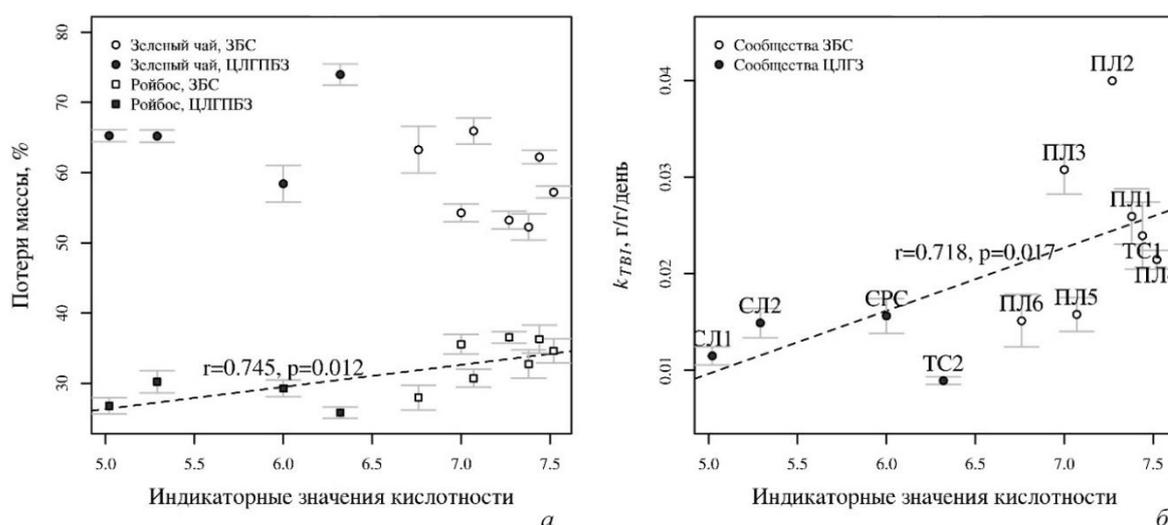


Рис. 2. Связь потери массы зеленым чаем и ройбосом (а) и константы скорости разложения  $k_{TVI}$  с индикаторными оценками кислотности почвы (б)

$r$  – коэффициент корреляции Спирмена для средних значений по сообществам. Показаны средние значения и ошибка среднего. Сообщества: Союз *Senecionion fluviatilis*: ПЛ1 – луг в низкой пойме; ПЛ2 – луг на прирусловом валу. Союз *Arrhenatherion elatioris*: ПЛ3, ПЛ4 – луга на склоне высокой поймы. Союз *Cynosurion cristati*: ПЛ5, ПЛ6 – луга в высокой пойме; СЛ1, СЛ2 – луга на водоразделе. СРС – субрудеральное сообщество союза *Epilobion angustifolii*. ТС1, ТС2 – таволговые сообщества союза *Filipendulion ulmariae*. Названия союзов приведены в соответствии с Продромусом растительности Европы (Mucina et al., 2016).

## ОБСУЖДЕНИЕ

Почвы под травяными сообществами Средней России разнообразны по параметрам разложения, что было показано даже на небольшом числе местообитаний. Так как ЦЛГПБЗ и ЗБС располагаются на значительном расстоянии друг от друга, то ожидалось, что в первую очередь на параметры разложения стандартного материала будет влиять разница в климате, что было показано в ряде работ (Petraglia et al., 2019). Кроме того, наблюдения проводились в разные годы, и разница между сообществами в разных регионах может объясняться погодными условиями. На ЗБС разложение шло при более теплой и влажной погоде: там за период инкубации в 2017 году средняя температура воздуха составила  $15,5^{\circ}\text{C}$ , а сумма осадков – 508,4 мм (<http://rp5.ru>, метеостанция Ново-Иерусалим, ближайшая к ЗБС); а за период инкубации в ЦЛГПБЗ в 2019 году средняя температура была  $12,0^{\circ}\text{C}$ , а сумма осадков – 396,1 мм (Шуйская, 2019). Действительно, константа разложения на ЗБС оказалась значительно выше, то есть разложение лабильной фракции ройбоса шло быстрее. Также почвы травяных сообществ ЦЛГПБЗ более кислые, чем в пойме реки Москвы на ЗБС, и связь потери массы ройбосом и  $k_{TVI}$  с индикаторными значениями кислотности может быть отражением разницы между почвенными условиями в регионах. Так, значимая связь потери массы ройбосом при включении в анализ только пойменных сообществ ЗБС позволяет предположить, что кислотность почвы в ряду травяных сообществ действительно является важным фактором, определяющим скорость разложения органического вещества, а наблюдаемая разница в температурном режиме не является определяющей.

Кроме того, следует отметить высокое сходство в параметрах разложения стандартного материала между сообществами союза *Cynosurion cristati*: суходольными лугами ЦЛГПБЗ и не затапливаемыми лугами высокой поймы (фактически по режиму также суходольными лугами) ЗБС (табл. 1, рис. 1). Их значения  $S_{TVI}$  и  $k_{TVI}$  близки к отмеченным на приморских лугах в Нидерландах, где на лугах без распашки в течение 5–10 лет и в течение более 20 лет  $S_{TVI}$

составлял в среднем 0,224 и 0,208 соответственно, а  $k_{ТВ}$  – 0,0158 и 0,0165, при этом возраст луга и  $S_{ТВ}$  были отрицательно скоррелированы (Jerema et al., 2015).

В серии изученных травяных сообществ Средней России  $S_{ТВ}$  и  $k_{ТВ}$  были положительно скоррелированы (рис. 1). В альпийских сообществах Тебердинского заповедника связи между этими двумя величинами выявлено не было (Elumeeva et al., 2018). Это связано с тем, что высокие значения  $S_{ТВ}$  в пойменных сообществах ЗБС могут быть обусловлены высоким содержанием в почвенных растворах кальция, вымываемого рекой из карбонатных пород: 85 мг/л на лугах высокой поймы и 148 мг/л в низкой пойме при  $pH > 8$  (Чередниченко, Первова, 2016). В таких условиях стабилизация органического вещества в составе органо-минеральных соединений идет преимущественно за счет кальция, в то время как в кислых почвах – за счет алюминия (Rowley et al., 2018). Возможно, это одна из причин отсутствия значимых различий между значениями  $S_{ТВ}$  на основных почвах поймы реки Москвы и на кислых почвах ЦЛГПБЗ с  $pH$  4,3–5,3 (неопубликованные данные). Также низкие значения  $S_{ТВ}$  характерны для влажных богатых почв под таволговыми сообществами. Повышенная влажность обуславливает наличие анаэробных участков, недоступных для микроорганизмов, а добавление азота усиливает образование гумуса (Prescott, 2010), поэтому в таволговых сообществах можно было бы ожидать высокого уровня стабилизации. С другой стороны, снижение фактора стабилизации при увеличении обводненности и богатства было также отмечено и для прибрежных засоленных местообитаний (Mueller et al., 2018). По-видимому, такие условия важны для сохранения органического вещества в составе трудно разлагаемых фракций, а в случае лабильной фракции способствуют более быстрому ее разложению и/или вымыванию.

В целом, роль факторов среды в определении параметров разложения варьируется по местообитаниям. Так, в пойменных лесных сообществах Квебека (Канада) ни  $S_{ТВ}$ , ни  $k_{ТВ}$  не зависели от свойств почвы (Saint-Laurent, Arsenault-Boucher, 2020). Отрицательная корреляция  $S_{ТВ}$  с  $pH$  почвы отмечена для болот в Канаде (McDonald et al., 2018) и для альпийских сообществ Тебердинского заповедника (Elumeeva et al., 2018), в то время как значимых связей с  $pH$  для  $k_{ТВ}$  не наблюдалось. В ряду травяных сообществ Средней России, напротив, с кислотностью почвы были связаны  $k_{ТВ}$  и потери массы ройбосом (рис. 2а и 2б). Это согласуется с представлениями о том, что на почвах с  $pH$  близким к нейтральному разложение идет быстрее из-за более активной деятельности микроорганизмов (Rowley et al., 2018). Известно, что скорость разложения легко разлагаемого растительного материала сильнее зависит от климатических факторов, а трудно разлагаемого – от свойств почвы и состава растительности (Fanin et al., 2020). В нашем случае градиент по климату относительно небольшой, поэтому разница в скорости разложения ройбоса выражена сильнее и определяется свойствами почвы и произрастающим на ней травяным сообществом.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изученные травяные сообщества Средней России оказались разнообразными по параметрам разложения стандартного материала, рассчитанным на основе индекса ТВ<sub>1</sub>. Скорость разложения была ниже в сообществах ЦЛГПБЗ и была положительно скоррелирована с индикаторными значениями кислотности почвы по шкале Элленберга. Значения фактора стабилизации не зависели от региона и снижались при увеличении влажности и богатства почвы. Суходольные луга ЦЛГПБЗ и луга высокой поймы реки Москвы, относящиеся к союзу *Cynosurion cristati*, оказались наиболее сходными по параметрам разложения.

**Благодарности.** Авторы выражают благодарность А. С. Желтухину, заместителю директора по науке Центрально-Лесного государственного природного биосферного заповедника за возможность проведения полевых работ.

*Полевые работы в Центрально-Лесном заповеднике, обработка материала и написание статьи выполнены при поддержке гранта РФФИ № 19-04-00799. Полевые работы на*

*Звенигородской биостанции в 2017 году проведены в рамках государственного задания МГУ № 01201157316 по теме «Механизмы структурно-функциональной организации растительного покрова и рациональное природопользование».*

### Список литературы

- Александровский А. Л., Панин А. В. Закономерности формирования поймы реки Москвы в контексте ее освоения человеком (на примере ключевого участка в районе Звенигородской биостанции МГУ) // Археология Подмосквья. – 2013. – Т. 9. – С. 249–256.
- Грохлина Т. И., Ханина Л. Г. О компьютерной обработке геоботанических описаний по экологическим шкалам // Математическое моделирование в экологии: Материалы Четвертой Национальной науч. конф. с международным участием (Пушино, 18-22 мая 2015 г.). – Пушино: ИФХиБПП РАН, 2015. – С. 63–64.
- Копчик Г. Н., Рыжова И. М. Почвы Звенигородской биостанции. – Руководство по летней учебной практике студентов-биологов на Звенигородской биостанции им. С. Н. Скадовского. – М.: Изд-во МГУ, 2011. – С. 14–58.
- Кураева Е. Н., Минаева Т. Ю., Шапошников Е. С. Типологическая структура и флористическое разнообразие лесных сообществ // Сукцессионные процессы в заповедниках России и проблемы сохранения биологического разнообразия / [Ред. Смирнова О. В., Шапошников Е. С.]. – Санкт-Петербург: РБО, 1999. – С. 314–323.
- Минаева Т. Ю., Шапошников Е. С. Характеристика региона и природные условия территории // Сукцессионные процессы в заповедниках России и проблемы сохранения биологического разнообразия / [Ред. О. В. Смирнова, Е. С. Шапошников]. – Санкт-Петербург: РБО, 1999. – С. 296–299.
- Погода и климат [Электронный ресурс]. – <http://www.pogodaiklimat.ru/history/27511.htm> (дата обращения 16.06.2020).
- Чередниченко О. В. Флористическая классификация гигрофитной растительности в местах поселений бобров в пойме реки Межа (Центрально-Лесной заповедник, Тверская область) // Бюллетень Брянского отделения Русского ботанического общества. – 2017. – Т. 9, № 1. – С. 37–49.
- Чередниченко О. В., Первова Н. Е. Экологические особенности луговых биогеоценозов на территории Звенигородской биостанции МГУ // АгроЭкоИнфо, 2016. – № 4. – [http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2016/4/st\\_452.doc](http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2016/4/st_452.doc)
- Чередниченко О. В., Ямалов С. М. Растительность пойменных лугов на территории Звенигородской биостанции МГУ // Труды Звенигородской биологической станции им. С. Н. Скадовского. Т. 5 / [Ред. Уланова Н. Г., Гаврилов В. М.]. – М.: Изд-во МГУ, 2011. – С. 166–173.
- Черепанов С. К. Сосудистые растения России и сопредельных государств. – Санкт-Петербург: Мир и семья, 1995. – 992 с.
- Шуйская Е. А. Метеорологические характеристики сезонов // Динамика явлений и процессов в природном комплексе заповедника. Летопись природы Центрально-Лесного заповедника, 2019. – Т. 58 (2018). – С. 22–41.
- Bartoń K. MuMIn: Multi-Model Inference. R package version 1.40.0, 2017. – <https://CRAN.R-project.org/package=MuMIn>
- Cherednichenko O., Borodulina V. Biodiversity of herbaceous vegetation in abandoned and managed sites under protection regime: A case study in the Central Forest Reserve, NW Russia // Hacquetia. – 2018. – Vol. 17. – P. 35–60.
- Ellenberg H., Weber H. E., Dull R. et al. Zeigerwerte Von Pflanzen In Mitteleuropa [Indicator Values of Plants in Central Europe] // Scripta Geobotanica. Vol. 18. – Göttingen: Verlag Erich Goltze Kg, 1991. – 248 s.
- Elumeeva T. G., Onipchenko V. G., Akhmetzhanova A. A., Makarov M. I. Stabilization versus decomposition in alpine ecosystems of the Northwestern Caucasus: the results of a tea bag burial experiment // Journal of Mountain Science. – 2018. – Vol. 15, N 8. – P. 1633–1641.
- Fanin N., Bezaud S., Sarneel J. M., Cecchini S., Nicolas M., Augusto L. Relative importance of climate, soil and plant functional traits during the early decomposition stage of standardized litter // Ecosystems. – 2020. – Vol. 23, N 5. – P. 1004–1007.
- Fox J., Weisberg S. An {R} Companion to Applied Regression, Second Edition. Sage: Thousand Oaks CA, 2011. – URL: <https://socserv.socsci.mcmaster.ca/jfox/Books/Companion>
- Freschet G. T., Aerts R., Cornelissen J. H. C. A plant economics spectrum of litter decomposability // Functional Ecology. – 2012. – Vol. 26, N 1. – P. 56–65.
- Fujii S., Mori A. S., Koide D., Makoto K., Matsuoka S., Osono T., Forest I. Disentangling relationships between plant diversity and decomposition processes under forest restoration // Journal of Applied Ecology. – 2017. – Vol. 54, N 1. – P. 80–90.
- Iepema G. L., Domhof B., Van Eekeren N. Capacity of the soil to decompose organic matter in old and young grasslands // Grassland science in Europe. Vol. 20. Grasslands and forages in high output dairy farming systems / [Eds. van den Pol-van Dasselaar A. et al.], 2015. – P. 434–436.
- Keuskamp J. A., Dingemans B. J. J., Lehtinen T., Sarneel J. M., Hefting M. M. Tea Bag Index: a novel approach to collect uniform decomposition data across ecosystems // Methods in Ecology and Evolution. – 2013. – Vol. 4, N 11. – P. 1070–1075.
- MacDonald E., Brummel M. E., Bieniada A., Elliott J., Engering A., Gauthier T.-L., Saraswati S., Touchette S., Turmel-Courchesne L., Strack M. Using the Tea Bag Index to characterize decomposition rates in restored peatlands // Boreal Environment Research. – 2018. – Vol. 23. – P. 221–235.

Mucina L., Bültmann H., Dierßen K., Theurillat J.-P., Raus T., Čarni A., Šumberová K., Willner W., Dengler J., Gavián García R., Chytrý M., Hájek M., Di Pietro R., Iakushenko D., Pallas J., Daniëls F. J. A., Bergmeier E., Santos Guerra A., Ermakov N., Valachovič M., Schaminée J. H. H., Lysenko T., Didukh Y. P., Pignatti S., Rodwell J. S., Capelo J., Weber H. E., Solomeshch A., Dimopoulos P., Aguiar C., Hennekens S. M., Tichý L. Hierarchical floristic classification system of vascular plant, bryophyte, lichen, and algal communities // *Applied Vegetation Science*. – 2016. – Vol. 19, Suppl. 1. – P. 3–264.

Mueller P., Schile-Beers L. M., Mozdzer T. J., Chmura G. L., Dinter T., Kuzyakov Y., de Groot A. V., Esselink P., Smit C., D'Alpaos A., Ibáñez C., Lazarus M., Neumeier U., Johnson B. J., Baldwin A. H., Yarwood S. A., Montemayor D. I., Yang Z., Wu J., Jensen K., Nolte S. Global-change effects on early-stage decomposition processes in tidal wetlands – implications from a global survey using standardized litter // *Biogeosciences*. – 2018. – Vol. 15, N 10. – P. 3189–3202.

Nakagawa S., Schielzeth H. A general and simple method for obtaining  $R^2$  from generalized linear mixed-effects models // *Methods in Ecology and Evolution*. – 2013. – Vol. 4, N 2. – P. 133–142.

Petraglia A., Cacciatori C., Chelli S., Fenu G., Calderisi G., Gargano D., Abeli T., Orsenigo S., Carboniani M. Litter decomposition: effects of temperature driven by soil moisture and vegetation type // *Plant and Soil*. – 2019. – Vol. 435, N 1–2. – P. 187–200.

Pinheiro J., Bates D., DebRoy S., Sarkar D., R Core Team. nlme: Linear and Nonlinear Mixed Effects Models. R package version 3.1-121. 2015. – <URL: <http://CRAN.R-project.org/package=nlme>>

Pohler T. The Pairwise Multiple Comparison of Mean Ranks Package (PMCMR). – R package, 2014.

Prescott C. E. Litter decomposition: what controls it and how we can alter it to sequester more carbon to forest soils? // *Biogeochemistry*. – 2010. – Vol. 101, N 1–3. – P. 133–149.

R Core Team R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2015. – URL <https://www.R-project.org/>

Rowley M. C., Grand S., Verrecchia E. Calcium-mediated stabilization of soil organic carbon // *Biogeochemistry*. – 2018. – Vol. 137. – P. 27–49.

Saint-Laurent D., Arsenault-Boucher L. Soil properties and rate of organic matter decomposition in riparian woodlands using the TBI protocol // *Geoderma*. – 2020. – Vol. 358, N 1–2. – P. 1–10.

Stockmann U., Adams M. A., Crawford J. W., Field D. J., Henakaarchchi N., Jenkins M., Minasny B., McBratney A. B., de Remy de Courcelles V., Singh K., Wheeler I., Abbott L., Angers D. A., Baldock J., Bird M., Brookes P. C., Chenu C., Jastrow J. D., Lal R., Lehmann J., O'Donnell A. G., Parton W. J., Whitehead D., Zimmermann M. The knowns, known unknowns and unknowns of sequestration of soil organic carbon // *Agriculture, Ecosystems and Environment*. – 2013. – Vol. 164, N 1. – P. 80–99.

Whigham D. F., Walker C. M., Maurer J., King R. S., Hauser W., Baird S., Keuskamp J. A., Neale P. J. Watershed influences on the structure and function of riparian wetlands associated with headwater streams – Kenai Peninsula, Alaska // *Science of the Total Environment*. – 2017. – Vol. 599–600. – P. 124–134.

**Elumeeva T. G., Cherednichenko O. V., Gavrilova T. M. Stabilization and decomposition rate of standard material in herbaceous communities of the forest zone // *Ekosistemy*. 2021. Iss. 25. P. 12–21.**

The rate of plant litter decomposition depends on two simultaneous processes: the decomposition and stabilization of organic matter. To compare the rates of these processes in various ecosystems now a Tea Bag Index (TBI) is widely used. The samples of standard material (green tea and rooibos) were buried into soil at the depth of 8 cm in four herbaceous plant communities of Central Forest State Nature Biosphere Reserve (CFSNBR) and seven communities of the Moscow river floodplain near the MSU Zvenigorod biological station (ZBS). Considering the mass losses of samples during the incubation time we calculated the values of decomposition constant and stabilization factor according to the protocol by J. A. Keuskamp et al. (2013) and estimated the links of these parameters with Ellenberg's ecological indicator values. The stabilization factor values ranged from 0.122 g/g in *Filipendula* community of CFSNBR to 0.379 g/g at the natural levee of the Moscow river, and the decomposition constant values ranged from 0.0089 g/g/day in *Filipendula* community of CFSNBR to 0.0308 g/g/day at the slope of the high floodplain. The mean values of these parameters were significantly positively correlated. The decomposition rate was lower in the communities of CFSNBR and was positively correlated with the soil pH Ellenberg's indicator values. The stabilization factor values did not depend on the region and decreased with the increase in soil moisture and nitrogen. The mainland meadows of CFSNBR and the meadows of the high floodplain of the Moscow river, belonging to *Cynosurion cristati* alliance, had the most similar parameters of decomposition.

*Key words:* soil reaction, Tea Bag Index (TBI), stabilization factor, decomposition constant, herb vegetation, Tver region, Moscow region.

Поступила в редакцию 18.09.20

Принята к печати 11.10.20

## Изучение динамики численности эколого-трофических групп микроорганизмов эпифитной микробиоты *Stellaria media* и *Urtica dioica*

Лапкина Е. З.<sup>1</sup>, Турранен Л. С.<sup>2</sup>, Савельева Е. Е.<sup>1</sup>, Булгакова Н. А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Красноярский государственный медицинский университет имени В. Ф. Войно-Ясенецкого  
Красноярск, Россия

e.z.lapkina@mail.ru, saveleva\_ee@mail.ru, bulgakovana@bk.ru

<sup>2</sup> Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр СО РАН»

Красноярск, Россия

tiran@ibp.ru

В работе изучена динамика численности эпифитной микробиоты прикорневой зоны филлосферы звездчатки средней (*Stellaria media* L.) и крапивы двудомной (*Urtica dioica* L.) в фазе вегетации растений (проростки, цветение, плодоношение). Представлены данные по численности микроорганизмов эколого-трофических групп: аммонифицирующие бактерии, бактерии, использующие минеральные формы азота, бактерии группы кишечной палочки (БГКП), микромицеты и бактерии в стадии спор. Определено, что микробиота звездчатки средней многочисленнее, чем крапивы двудомной, что, вероятно, связано с морфо-анатомическими особенностями растений и продуцируемыми метаболитами. Микробиота ризосферы растений звездчатки средней и крапивы двудомной значительно многочисленнее, чем филлосферы, за счет корневых экссудатов растений, обеспечивающих питание микроорганизмов. Динамика численности микробиоты ризосферы отражает неодинаковый уровень продуцирования метаболитов растениями в разные фазы вегетации. Общее количество аэробных бактерий, усваивающих органический азот, в прикорневой зоне *Stellaria media* увеличивается в фазу цветения, а в прикорневой зоне *Urtica dioica* – в фазу проростков. Наибольшая численность микроскопических грибов в фазу цветения *Stellaria media*, вероятно, связана с продуцированием метаболитов растениями и благоприятными метеоусловиями для развития микромицетов. Микромицеты относятся к следующим родам: *Trichoderma*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Botrytis*, *Mucor*, *Aspergillus*, *Cladosporium*. Численность микроорганизмов филлосферы изменяется по стадиям вегетации растений. Растения крапивы двудомной и звездчатки средняя обладают специфическим микробным комплексом, как в надземной, так и подземной части, изменяющимся в течение вегетационного периода и различающимся определенным соотношением эколого-трофических групп микроорганизмов.

**Ключевые слова:** звездчатка средняя, крапива двудомная, микробиота растений, филлосфера, прикорневая микробиота, эпифитная микрофлора, динамика численности микроорганизмов, эколого-трофические группы микроорганизмов.

### ВВЕДЕНИЕ

Растения являются неотъемлемой частью урбозкосистемы, улучшая газовый состав воздуха и микроклимат городской среды, испытывая при этом антропогенную нагрузку. Микробные сообщества играют фундаментальную роль в развитии, питании, стрессоустойчивости, иммунитете и продуктивности растительных организмов.

Практически все органы растений населены микроорганизмами, формирующими разного уровня специфические взаимодействия с организмом хозяина. В соответствии с занимаемой экологической нишей различают эпифитные микробные комплексы, формирующиеся на поверхности растений, и эндофитные, способные осуществлять жизнедеятельность в растительных тканях (Thomas et al., 2013). Среди эпифитных микроорганизмов большего разнообразия достигает ризосфера, поскольку формируется за счет корневых выделений растений (экссудаты), отмирающих клеток корневой системы (источник целлюлозы и пектиновых веществ), слизи, образуемой клетками корневой системой (Бойко и др., 2006; Барчева, 2008; Бороздина, Заикина, 2010; Бороздина, Мануйлов, 2011). Корневые выделения растений могут содержать органические кислоты, витамины, а также вещества, обладающие

антимикробной активностью, что существенно сказывается на специфичности структуры микробиома ризосферы в зависимости от вида растений, а также возраста и стадии развития растений (Звягинцев, 1987; Добровольская и др., 1989; Звягинцев, Зенова, 2001; Добровольская, 2002). Филлосфера растений обычно обладает меньшим видовым разнообразием, вследствие бедности субстрата и в большей степени зависит от абиотических факторов окружающей среды, таких как влажность и температура (Агеева и др., 2015). Численность и видовой состав микроорганизмов филлосферы может зависеть от особенностей строения эпидермы растений (наличие железок, волосков, строение устьичного аппарата). Предполагается, что эндофитные микроорганизмы могут быть популяцией микроорганизмов ризосферы, способных адаптироваться в условиях внутренней среды растений путем модификации метаболизма. Однако эндофиты обнаруживаются в межклетниках отмирающих клеток, что может указывать на их латентный патогенез в растениях. При этом эпифитная микробиота вступает в конкурентные взаимоотношения с фитопатогенами (Рамазанова, Асадулаев, 2013; Сорокин, Афанасова, 2016).

Эпифитная микрофлора является индикатором физиологической активности растений, поскольку формируется под действием выделяемых растением различных биологически активных веществ: фенолов, терпеноидов, алкалоидов и так далее (Давыдова, 2006; Ерина и др., 2015; Ерина, Коптева, 2015).

В условиях усиления антропогенного фактора изучение обсемененности лекарственных, космополитных видов растений позволяет понимать закономерности функционирования эпифитных микроорганизмов и осуществлять микробиологический мониторинг растительного яруса урбозкосистемы города Красноярск.

Микробные комплексы растений урбанизированной экосистемы изучали на широко распространенных в окрестностях города Красноярск рудеральных растениях: звездчатка средняя и крапива двудомная.

Крапива двудомная (*Urtica dioica* L.) – многолетнее травянистое корневищное растение высотой до 150–170 см с прямостоячим стеблем и супротивными, крупнопильчатыми, черешковыми листьями. Стебель и листья покрыты жгучими хрупкими волосками, содержащими муравьиную кислоту и гистамин. Растет по опушкам лесов, по берегам рек и ручьев, по оврагам, пустырям, как сорняк около жилья и дорог.

Звездчатка средняя (*Stellaria media* L.) – однолетнее травянистое растение со стержневым разветвленным корнем, стелющимся ветвистым стеблем 10–30 см. Листья до 2 см в длину и в ширину, нижние – черешковые, верхние – сидячие. Встречается на огородах и полях, в сорных местах, на лесных опушках, по берегам рек и других водоемов. Предпочитает увлажненные места обитания.

Цель исследования – изучить динамику численности микробиоты ризосферы и филлосферы звездчатки средней и крапивы двудомной в течение вегетационного периода.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объекты исследования: звездчатка средняя и крапива двудомная, произрастающие в лесном массиве микрорайона Академгородок города Красноярск.

Учет микроорганизмов почвы, ризосферы и филлосферы растений проводили методом предельных разведений и микробиологического посева на селективные твердые питательные среды (Добровольская и др., 1989; Добровольская, 2002; Теппер, 2004; Практикум по микробиологии, 2005). Пробы отбирали в фазы проростков, цветения и плодоношения растений.

Учёт общего количества аэробных бактерий проводили на 3 сутки. БГКП культивировали при температуре 37 °С, их количество учитывали на 1–2 сутки. Микромицеты выращивали при комнатной температуре с добавлением в питательную среду стрептомицина и пенициллина для подавления роста бактериальной эпифитной микробиоты, количество их учитывали на 3–4 сутки, идентифицировали до рода (Благовещенская, 2015). Результаты исследований обрабатывали методами вариационной статистики, используя Microsoft Office.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

До определения динамики численности микрофлоры растений предварительно исследовали микробиоту почвы опытного участка (рис. 1).

Почва лесного массива Академгородка города Красноярска представлена бактериями, использующими минеральные и органические формы азота в равном соотношении, что свидетельствует о наличии азотного питания для микроорганизмов. Микробиота почвы также представлена 0,35 % БГКП, 0,79 % споровых бактерий в стадии спор, менее 3 % микромицетов.

Экспериментальные данные по динамике численности микрофлоры прикорневой зоны и филлосферы звездчатки средней и крапивы двудомной свидетельствуют о том, что численность микроорганизмов зависит от вида растения, произрастающего на одном и том же опытном участке и фазы вегетационного развития (рис. 2–5, табл. 1).

Микрофлора ризосферы звездчатки средней достигает наибольшей численности в фазу цветения, что, по всей видимости, связано с увеличением синтеза корневых выделений в этот период. В случае же крапивы двудомной численность микроорганизмов ризосферы достигает максимума в стадию проростков, при этом, бактерий, использующих минеральные формы азота, в 2 раза больше, чем в этот же период у звездчатки средней, а бактерий, усваивающих органический азот – больше в 1,5 раза.

Численность вышеуказанных групп бактерий снижается в стадию плодоношения растений, что, может быть, связано с неблагоприятными условиями окружающей среды в период отбора проб, таких как снижение среднесуточной температуры и изменение влажности почвы. В фазу плодоношения происходит смена состава микроорганизмов, использующие продукты экзосмоса растений, на те, которые способны разлагать растительную биомассу, что может приводить к изменению их численности (рис. 2).

Динамика численности микромицетов в прикорневой микробиоте в зависимости от стадии вегетации сходна как у растений крапивы двудомной, так и звездчатки средней (рис. 3).

Наибольшая численность микроскопических грибов в микрофлоре прикорневой зоны растений звездчатки средней составляет  $10,85 \cdot 10^2$  КОЕ/г сухой массы в фазу цветения, к фазе плодоношения этот показатель составляет  $1,80 \cdot 10^2$  КОЕ/г сухой массы. У растений крапивы двудомной происходит снижение численности микромицетов от  $4,20 \cdot 10^2$  КОЕ/г сухой массы

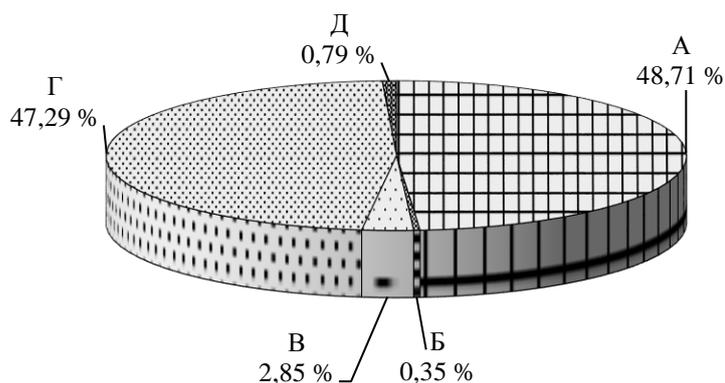


Рис. 1. Соотношение численности микроорганизмов почвы опытного участка

А – общее количество аэробных бактерий, использующих органический азот, Б – бактерии группы кишечной палочки, В – микромицеты, Г – бактерии, использующие минеральные формы азота, Д – споровые бактерии в стадии спор.

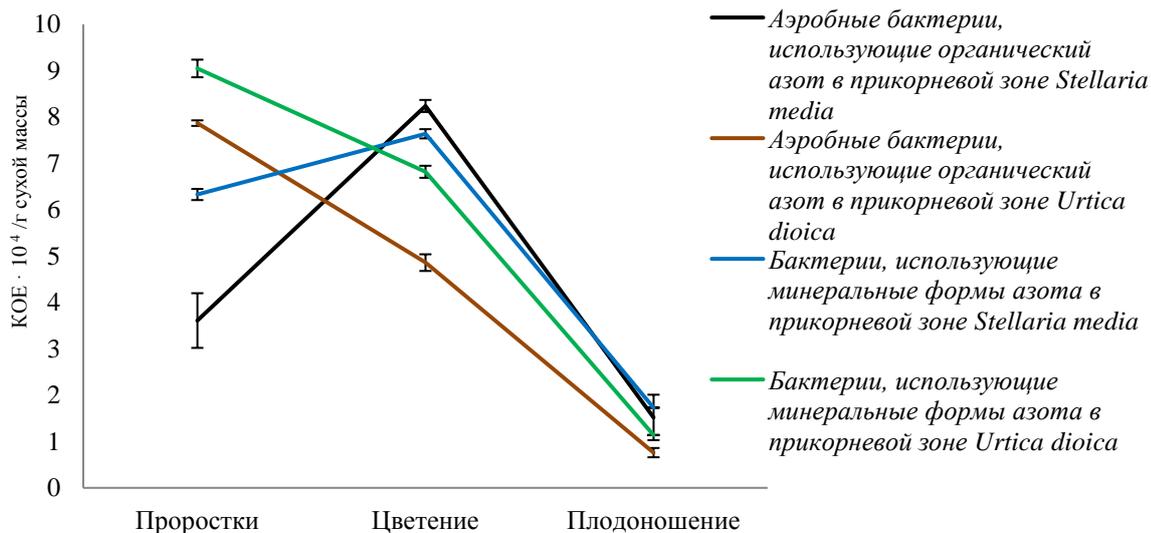


Рис. 2. Динамика численности аэробных бактерий, использующих органический азот и бактерий, усваивающих минеральные формы азота в прикорневой зоне *Stellaria media* и *Urtica dioica* в зависимости от фазы вегетационного периода

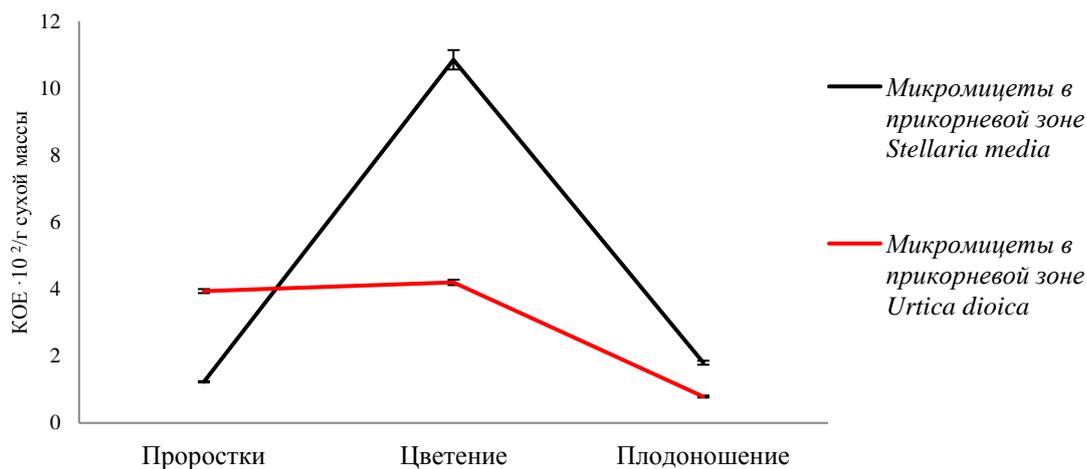


Рис. 3. Динамика численности микроскопических грибов в прикорневой зоне *Stellaria media* и *Urtica dioica* в зависимости от фазы вегетационного периода

в фазу цветения до  $0,79 \cdot 10^2$  КОЕ/г сухой массы в фазу плодоношения. Микроскопические грибы прикорневой микробиоты звездчатки средней и крапивы двудомной представлены следующих родов: *Trichoderma*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Botrytis*, *Mucor*, *Aspergillus*, *Cladosporium*.

Динамика численности споровых бактерий в стадии спор в микробиоте прикорневой зоны звездчатки средней достигает максимального числа в фазу цветения со снижением численности к фазе плодоношения, а у крапивы двудомной – в фазу проростков с общей тенденцией уменьшения численности на 20,04 % (рис. 4).

Численность бактерий группы кишечной палочки в прикорневой микробиоте звездчатки средней в стадию проростков больше в 3,78 раза, чем в прикорневой микробиоте крапивы двудомной (рис. 5).

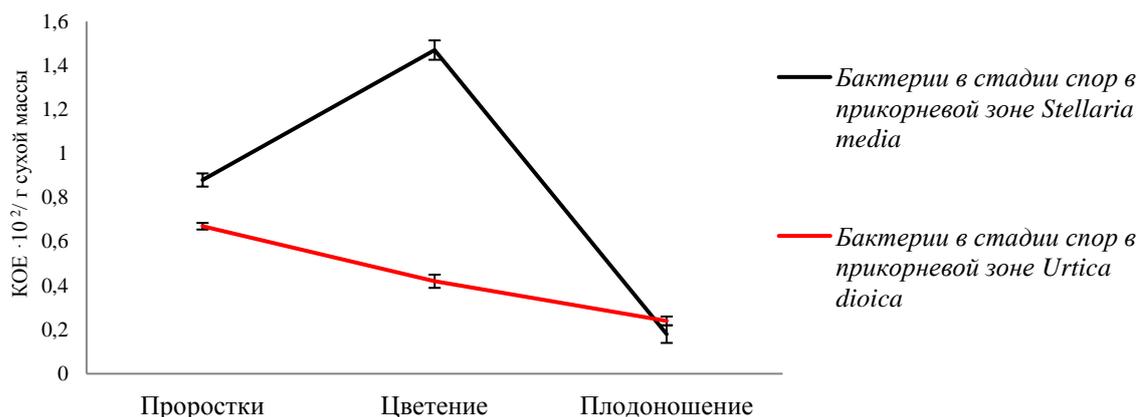


Рис. 4. Динамика численности споровых бактерий в стадии спор в прикорневой зоне *Stellaria media* и *Urtica dioica* в зависимости от фазы вегетационного периода

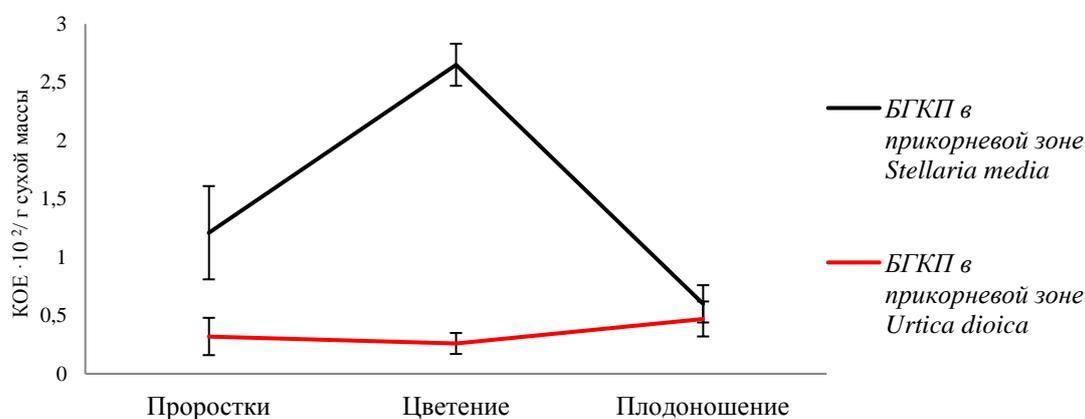


Рис. 5. Динамика численности бактерий группы кишечной палочки в прикорневой зоне *Stellaria media* и *Urtica dioica* в зависимости от фазы вегетационного периода

В стадию цветения у крапивы двудомной этот показатель изменяется незначительно, а у звездчатки средней возрастает более чем в 2 раза. У крапивы двудомной численность бактерий группы кишечной палочки повышается с  $0,26 \cdot 10^2$  КОЕ/г сухой массы в фазу проростков до  $0,48 \cdot 10^2$  КОЕ/г сухой массы в фазу плодоношения. В прикорневой микробиоте звездчатки средней численность бактерий группы кишечной палочки снижается с  $2,65 \cdot 10^2$  КОЕ/г сухой массы до  $0,6 \cdot 10^2$  КОЕ/г сухой массы.

В филлосфере звездчатки средней отмечается большая численность микроорганизмов, чем в филлосфере крапивы двудомной, что, возможно, связано с морфо-анатомическими особенностями растения и с выделяемыми биологически активными веществами в процессе экзосмоса растений. Так, звездчатка средняя имеет стелющийся стебель, что может приводить к заносу микрофлоры с пылью и почвой.

Листья крапивы двудомной содержат волоски 3-х типов: жгучие, ретортовидные и головчатые. Жгучие волоски имеют легко обламывающуюся головку. Эпидермис нижней стороны листа состоит из сильноизвилистых клеток и содержит устьица аномоцитного типа, эпидермис верхней стороны листа состоит из прямых или слабоизвилистых клеток (Государственная фармакопея..., 2018).

Листья звездчатки средней содержат лишь у основания многоклеточные железистые волоски. Устьица аномоцитного типа содержатся в большей степени на нижней стороне

листьев. Эпидермис нижней стороны листа представлен более извилистыми клетками (Горина и др., 2010).

Отмечено, что численность всех эколого-трофических групп микроорганизмов филлосферы звездчатки средней и крапивы двудомной увеличивается в фазу плодоношения. Так, численность аммонифицирующих бактерий у звездчатки средней увеличивается в 2,6 раза по сравнению с фазой проростков, что, возможно, связано с интенсивным продуцированием метаболитов растениями в данный период (табл. 1).

Таблица 1

Динамика численности эколого-трофических групп микроорганизмов филлосферы *Stellaria media* и *Urtica dioica* в зависимости от фазы вегетационного периода

Эколого-трофическая группа микроорганизмов	Фаза проростков		Фаза цветения		Фаза плодоношения	
	<i>Stellaria media</i>	<i>Urtica dioica</i>	<i>Stellaria media</i>	<i>Urtica dioica</i>	<i>Stellaria media</i>	<i>Urtica dioica</i>
Общее количество аэробных бактерий, использующих органический азот	$25,28 \cdot 10^3$ ±2,18	$0,01 \cdot 10^3$ ±0,001	$9,47 \cdot 10^3$ ±0,35	$0,32 \cdot 10^3$ ±0,08	$66,30 \cdot 10^3$ ±0,41	$0,41 \cdot 10^3$ ±0,02
Бактерии, усваивающие минеральные формы азота	$32,21 \cdot 10^3$ ±2,48	роста нет	$4,53 \cdot 10^3$ ±0,87	$0,20 \cdot 10^3$ ±0,06	$27,49 \cdot 10^3$ ±3,73	$0,44 \cdot 10^3$ ±0,03
Бактерии группы кишечной палочки	$0,11 \cdot 10^2$ ±0,01	роста нет	$0,08 \cdot 10^2$ ±0,01	роста нет	$0,23 \cdot 10^2$ ±0,02	$0,02 \cdot 10^2$ ±0,004
Споровые бактерии в стадии спор	роста нет	роста нет	$0,07 \cdot 10^2$ ±0,01	роста нет	$0,01 \cdot 10^2$ ±0,01	роста нет
Микроскопические грибы	$5,28 \cdot 10^2$ ±0,29	$0,02 \cdot 10^2$ ±0,003	$17,87 \cdot 10^2$ ±2,02	$0,11 \cdot 10^2$ ±0,01	$7,46 \cdot 10^2$ ±0,2	$0,57 \cdot 10^2$ ±0,06

В филлосфере крапивы двудомной общее количество аэробных бактерий, использующих органический азот значительно ниже, чем в филлосфере звездчатки средней. Также, отмечено отсутствие или низкая численность бактерий в стадии спор и БГКП во все фазы вегетационного развития растений крапивы двудомной.

Соотношение общего количества аммонифицирующих бактерий ( $6,63 \cdot 10^4$  КОЕ/г сухой массы) к численности бактерий, усваивающих минеральные формы азота ( $2,75 \cdot 10^4$  КОЕ/г сухой массы), в филлосфере звездчатки средней в фазу плодоношения указывает на процессы минерализации органического вещества.

Содержание БГКП низкое (до  $0,24 \cdot 10^2$  КОЕ/г сухой массы), следовательно, растения биологически не загрязнены. Динамика численности бактерий в стадии спор филлосферы повторяет тенденцию динамики численности в прикорневой зоне.

Фитопатогенные бактерии и дрожжи в микробиоте звездчатки средней и крапивы двудомной не были обнаружены.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Микробиота ризосферы растений звездчатки средней и крапивы двудомной значительно многочисленнее по сравнению с филлосферой за счет корневых экссудатов растений, обеспечивающих питание микроорганизмов.

Динамика численности микробиоты ризосферы отражает неодинаковый уровень продуцирования метаболитов растениями в разные фазы вегетации. Общее количество аэробных бактерий, усваивающих органический азот, в прикорневой зоне звездчатки средней

увеличивается в фазу цветения, а в прикорневой зоне крапивы двудомной – в фазу проростков.

Низкое содержание бактерий группы кишечной палочки, судя по всему, связано проявлением бактериостатических свойств метаболитов изучаемых растений.

Соотношение бактерий, усваивающих органический азот, и бактерий, использующих минеральные формы азота, указывает на большую интенсивность процессов минерализации органического вещества в прикорневой зоне растений в сравнении с филлосферой. Наибольшая численность микроскопических грибов в фазу цветения *Stellaria media*, вероятно, связана с продуцированием метаболитов растениями и благоприятными метеоусловиями для развития микромицетов. Обнаружены микромицеты рода: *Trichoderma*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Botrytis*, *Mucor*, *Aspergillus*, *Cladosporium*.

Численность микроорганизмов филлосферы изменяется по стадиям вегетации растений. Микробиота филлосферы звездчатки средней многочисленнее, чем крапивы двудомной и обеспечивается морфо-анатомическими и физиологическими особенностями растений.

Таким образом, можно полагать, что крапива двудомная и звездчатка средняя обладают специфическим микробным комплексом, как в надземной, так и подземной части, изменяющимся в течение вегетационного периода и различающимся определенным соотношением эколого-трофических групп микроорганизмов.

### Список литературы

- Агеева Н. М., Супрун И. И., Прах А. В. Видовое многообразие микрофлоры на ягодах винограда // Научный журнал КубГАУ. – 2015. – № 111 (07). – С. 1586–1595.
- Барчева А. В. Изучение эпифитных микромицетов филлосферы древесных растений. – Астрахань: АГТУ, 2008. – 23 с.
- Благовещенская Е. Ю. Фитопатогенные микромиценты: учебный определитель. – М.: Ленанд, 2015. – 240 с.
- Бороздина И. Б., Заикина И. А. Сезонная динамика микробиологических показателей *Pseudomonas* и *Bacillus*, выделенных с поверхности филлоплана и цветка у представителей семейства *Compositae* // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2010. – № 10 (72). – С. 43–46.
- Бороздина И. Б., Мануйлов И. М. Микрофлора семян лекарственных растений // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2011. – № 9 (83). – С. 43–47.
- Бойко И. Е., Агеева Н. М., Минакова А. Д., Блягзю А. Р. Идентификация состава эпифитной микрофлоры плодовых культур республики Адыгея // Известия ВУЗов. Пищевая технология. – 2006. – № 5. – С. 15–16.
- Горина Я. В., Бабешина Л. Г., Краснов Е. А. Анатомическое изучение растений рода звездчатка // Фармация. – 2010. – № 6. – С. 22–24.
- Государственная фармакопея Российской Федерации. – М.: ФЭМБ, 2015. – Т. 3. – 1292 с.
- Добровольская Т. Г., Скворцова И. Н., Лысак Л. В. Методы выделения и идентификации почвенных бактерий. – М.: МГУ, 1989. – 40 с.
- Добровольская Т. Г. Структура бактериальных сообществ почв. – М.: МГУ, 2002. – 282 с.
- Давыдова Е. А. Микроорганизмы – ассоцианты растений *Artemisia austriaca* Jacq., произрастающих на засоленных почвах астраханской области // Вестник АГТУ. – 2006. – № 3 (32). – С. 188–192.
- Ерина Н. В., Коптева Т. С., Заикина И. А. Видовой состав эпифитной микрофлоры некоторых растений семейства *Grossulariaceae* и различные типы их взаимодействий // Научный журнал КубГАУ. – 2015. – № 114 (10). – С. 98–106.
- Ерина Н. В., Коптева Т. С. Микробные сообщества филлосферы некоторых растений семейства *Grossulariaceae* // Научный журнал КубГАУ. – 2015. – № 110 (06). – С. 660–671.
- Звягинцев Д. Г. Почва и микроорганизмы. – М.: МГУ, 1987. – 256 с.
- Звягинцев Д. Г., Зенова Г. М. Экология актиномицетов. – М.: МГУ, 2001. – 256 с.
- Практикум по микробиологии / [Ред. А. И. Нетрусов]. – М.: Академия, 2005. – 608 с.
- Рамазанова З. Р., Асадулаев З. М. Эпифитная микрофлора и фитонцидная активность листьев некоторых древесных растений г. Махачкалы // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. – 2013. – № 3 (24). – С. 24–28.
- Сорокин Н. Д., Афанасова Е. Н. Структура и динамика микробных комплексов филлосферы и ризосферы хвойных видов лесных биогеоценозов приенисейской Сибири (на примере предивинского лесхоза) // Вестник КрасГАУ. – 2016. – № 8. – С. 53–58.
- Сорокин Н. Д., Афанасова Е. Н., Сенашова В. А. Микробные комплексы филлосферы как индикаторы состояния древостоев-эдификаторов // Вестник КрасГАУ. – 2016. – № 9. – С. 3–8.
- Теппер Е. З. Практикум по микробиологии / [Ред. К. Шильникова]. – М.: Дрофа, 2004. – 256 с.
- Turner T. R., James E. K., Poole P. S. The plant microbiome // *Genome Biology*. – 2013. – Vol. 14. – P. 209–219.

**Lapkina E. Z., Tyrranen L. S., Saveleva E. E., Bulgakova N. A. The study of population dynamics of ecological groups of microorganisms epiphytic microbiota *Stellaria media* and *Urtica dioica* // Ekosistemy. 2021. Iss. 25. P. 22–29.**

The dynamics of the strength of the epiphytic microbiota of the root zone and phyllosphere of the *Stellaria media* and *Urtica dioica* in the vegetation phase of plants (seedlings, flowering, fruiting) was studied. The data on the strength of microorganisms of ecotrophic groups are presented: ammonifying bacteria using mineral forms of nitrogen, bacteria of the *Escherichia coli* group, micromycetes and bacteria in the spore stage. It was determined that the medium-sized microbiota of the *Stellaria media* is more strengthened than the *Urtica dioica*, which is probably due to the morphoanatomical features of plants and the metabolites produced. The microbiota of the rhizosphere of plants of the *Stellaria media* and *Urtica dioica* is much more strength than the phyllosphere due to the root exudates of plants that provide food for microorganisms. The dynamics of the microbiota of the rhizosphere reflects the unequal level of metabolite production by plants in different phases of vegetation. The total strength of aerobic bacteria that metabolize organic nitrogen in the basal zone of *Stellaria media* increases in the flowering phase, and in the basal zone of *Urtica dioica* – in the phase of seedlings. The greatest strength of microscopic fungi during the flowering phase of *Stellaria media* is probably associated with the production of metabolites by plants and favorable weather conditions for the development of micromycetes. Micromycetes belong to the following genera: *Trichoderma*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Botrytis*, *Mucor*, *Aspergillus*, *Cladosporium*. The strength of phyllosphere microorganisms varies according to the stages of plant vegetation. The *Stellaria media* and the *Urtica dioica* have a specific microbial complex, both in the aboveground and underground parts, which varies during the growing season and differs in a certain ratio of ecological and trophic groups of microorganisms.

*Key words:* *Stellaria media*, *Urtica dioica*, plant microbiota, phyllosphere, root microbiota, epiphytic microflora, dynamics of the strength of microorganisms, ecological and trophic groups of microorganisms.

Поступила в редакцию 20.10.20

Принята к печати 03.02.21

## Менеджмент окружающей среды и экология водоемов в поисках ответов на вызовы времени

*Шадрин Н. В., Ануфриева Е. В.*

*Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН  
Севастополь, Россия  
snickolai@yandex.ru*

В настоящее время происходит разрушение ландшафтов с сокращением устойчивости и продуктивности природных экосистем. Одна из основных причин этого – ненадлежащий менеджмент окружающей среды, который, как правило, базируется на неадекватных устаревших экологических концепциях. Совокупность накопленных данных показывает, что реальные экосистемы могут находиться в нескольких альтернативных состояниях и демонстрировать относительно быстрые смены режима существования со значительными, резкими и постоянными изменениями структуры и функционирования. В связи с этим, в настоящее время происходит пересмотр основной экосистемной парадигмы. От теоретической концепции единственности устойчивого состояния экосистемы экология переходит к концепции множественности устойчивых состояний экосистемы. Динамику экосистем можно представить, по К. Холлингу, в виде адаптационного цикла с чередованием четырех фаз, особенности которых рассмотрены. Показаны важность точек невозврата и возможная неоднозначность в понимании динамики экосистем. Экосистемы в определенном смысле имеют память, чем обусловлен эффект гистерезиса при разнонаправленных изменениях систем. Показана необходимость развития подходов адаптивного менеджмента экосистем на основе этой концепции. Что особенно актуально в случаях быстрой трансформации природных экосистем, как например, в Крыму после прекращения подачи днепровской воды в Северо-Крымский канал. Проанализированы трудности перехода к адаптационному экологическому менеджменту в современных условиях.

*Ключевые слова:* экосистемы, альтернативные состояния, водоемы, экологический менеджмент, Крым.

### ВВЕДЕНИЕ

Биосфера быстро меняется в результате климатической вариабельности и, даже в большей степени, антропогенной деятельности. Экологические риски для поддержания нормальной жизнедеятельности людей растут, а шансы удовлетворить потребности растущего человечества в продовольствии, пресной воде и других ресурсах сокращаются. Это происходит из-за разрушения ландшафтов и сокращения устойчивости и продуктивности природных экосистем (Folke et al., 2005; Bindraban et al., 2013). Одна из основных причин возникновения такой ситуации – неадекватный менеджмент окружающей среды. Чтобы понять корневые причины неблагоприятной ситуации этого менеджмента, необходимо вспомнить, что мы, люди, одновременно живем и действуем в двух мирах: реальном физическом мире и в виртуальном знаковом мире. Мир знаков включает в себя все наши мифы, традиции, мотивы, цели, концепции и модели, в нем мы принимаем решения и через него воздействуем на реальный физический мир. Экологический менеджмент по своей сути является неким интерфейсом между виртуальным миром знаков и физическим миром (Shadrin et al., 2018). Таким образом, разумность человеческой деятельности в окружающей нас среде определяется, прежде всего, тем, насколько адекватно отражается физический мир в виртуальном, т.е. насколько близки наши концепции и парадигмы к физической реальности меняющегося мира. Интегрированные подходы к менеджменту окружающей среды в настоящее время базируются на разных научных взглядах. Очевидно, что интегрированные управленческие подходы должны основываться на адекватных экологических концепциях (Hilderbrand et al., 2005; Lyytimäki, Hildén, 2007; Cundill et al., 2012; Bindraban et al., 2013). Возникает вопрос: какая концепция более адекватна для понимания и управления реальными экосистемами? Вопрос не праздный, так как сейчас в экологии происходит пересмотр

концептуальных взглядов на экосистему и характер ее динамики. В поисках ответа на данный вопрос сосредоточим основное внимание на водных экосистемах, включая прибрежные районы моря, которые играют важнейшую биосферную роль и обеспечивают человечество разнообразными ресурсами и услугами.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

### Концепция множественности альтернативных состояний экосистем

Традиционное представление об экосистеме базируется на допущении, что любая экосистема находится в квазистационарном равновесии, флуктуируя вокруг единой точки глобальной устойчивости с преобладанием плавных изменений параметров и поддерживая определенные балансы энергии, веществ и разнообразия. Такой взгляд можно назвать Концепцией единственности устойчивого состояния экосистемы (ЕУСЭ). Ее трудно назвать адекватным взглядом на реальные экосистемы, которые могут находиться в нескольких альтернативных состояниях и демонстрировать относительно быстрые смены/сдвиги режима существования со значительными, резкими и постоянными изменениями структуры и функционирования экосистем (Holling, 2001; Beisner et al., 2003; Biggs et al., 2009). Наличие альтернативных стабильных состояний в динамике сложных систем (с нелинейными зависимостями), включая экологические и социально-экологические, не только наблюдается в природе, но неизбежно вытекает из общих положений теории диссипативных структур (Пригожин, Стенгерс, 1986) и синергетики (Хакен, 1980). Этот взгляд на экосистему имеет свою историю. Г. Г. Винберг писал, что сообщество Попова пруда было в разных состояниях в 1925 и 1926 годах (Винберг, 1928). Однако, этот вывод, остался тогда фактически незамеченным. По мнению большинства ученых, новый взгляд начал формироваться с теоретического анализа математических моделей с нелинейными зависимостями (Lewontin, 1969; Holling, 1973), что стимулировало поиск подобного в природе (Holling, 1973; Beisner et al., 2003). В 20 и 21 веках наука накопила множество данных, показывающих, что сообщества, экосистемы и популяции могут существовать в более чем в одном устойчивом состоянии. Это показано в результате исследования разных экосистем, в частности, пресноводных и соленых озер (Blindow et al., 1993; Scheffer, 2001; Dent et al., 2002; Davis et al., 2003; Загородняя и др., 2008; Capon et al., 2015; Lin et al., 2017; Shadrin, 2018), рек (Dent et al., 2002; Богатов, 2013) и лесов (Dublin et al., 1990; Staver et al., 2011; Kitzberger et al., 2016). Для различных типов морских и прибрежных экосистем имеется также немало исследований, показавших наличие альтернативных состояний (Knowlton, 1992; Petraitis, Dudgeon, 2004; Norström et al., 2009; Petraitis et al., 2009; Shadrin et al., 2012; McGlathery et al., 2013; Feehan, Scheibling, 2014). Существующий массив данных свидетельствует о том, что альтернативные состояния экосистем являются реальностью. Хотя имеются и сторонники того, что временная динамика экосистем представляет собой изменения внутри континуума состояний, а не описывается дискретными состояниями (Capon et al., 2015). В каких-то случаях действительно изменения экосистем можно описать как плавные постепенные, но далеко не во всех. Здесь затрагивается вопрос дополнительности двух взглядов на природу, дискретного и континуального. В каких случаях экосистема может рассматриваться как «волна», а в каких как «частица»? Этот вопрос здесь обсуждаться не будет.

В настоящее время развивается новый теоретический взгляд на экосистему Концепция множественности альтернативных состояний экосистем – МАСЭ (Holling, 2001; Walker et al., 2004; Шадрин, 2012; Shadrin, 2018). Не ставя цели описать в деталях новую концепцию, что уже сделано во множестве статей, цитируемых здесь, отметим лишь ключевые моменты важные для наших целей. Исходя из новой концепции, дадим вытекающее из нее определение экосистемы. Экосистема является сложной адаптивной системой с множеством точек устойчивого состояния и характеризуется зависящей от истории нелинейной динамикой с граничными эффектами (точки бифуркации) и ограниченной предсказуемостью неоднозначного поведения (Levin, 1999; Шадрин, 2012;). В экологической динамике

экосистем, как и в их эволюции, можно выделить две основных стадии – когерентную и некогерентную (Красилов, 1997; Шадрин, 2012). Экосистема реализует в процессе своей динамики постепенную адаптацию к меняющейся среде в пределах существующих норм реакций в когерентном состоянии, когда все изменения происходят как бы согласовано, в определенном континууме состояний. В некогерентной стадии наблюдается дестабилизация существующих экосистемных связей, они высвобождаются, и экосистема через переломный момент (ТР, tipping point) «перескакивает» в новое/альтернативное состояние с формированием новой устойчивой структуры взаимосвязей. Каждая стадия в свою очередь может быть подразделена на две фазы, К. Холлинг (Holling, 1973, 2001; Walker et al., 2004) предложил четырехфазную модель чередования фаз, которую он назвал адаптивным циклом (рис. 1).

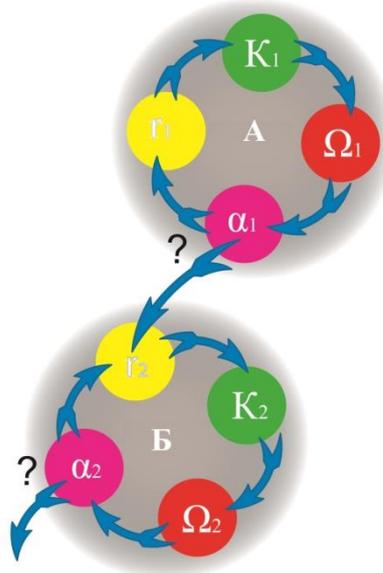


Рис. 1. Схематическое представление чередования фаз в адапционном цикле (по К. Холлингу (Holling, 2001))

А, Б – альтернативные состояния экосистемы,  $\Gamma_{1,2}$  – фазы агрегирования,  $K_{1,2}$  – фазы преобразования ресурсов,  $\Omega_{1,2}$  – фазы дестабилизации,  $\alpha_{1,2}$  – фазы реорганизации (по Н. В. Шадрин с соавторами (Shadrin et al., 2018) с изменениями).

В этом цикле чередуются длительные когерентные стадии с фазами агрегирования ( $\Gamma$ ) и преобразования ресурсов ( $K$ ) с более короткими некогерентными, включающими фазы дестабилизации ( $\Omega$ ) и реорганизации ( $\alpha$ ). К. Холлинг писал, что некогерентная стадия (от  $\Omega$  до  $\alpha$ ) – «созидательное разрушение», «является периодом быстрой реорганизации, в течение которого новые рекомбинации могут непредсказуемо сеять семена экспериментов, что приведет к инновациям в следующем цикле». Опираясь на понятие «адаптивный цикл» нельзя забывать, что это лишь некое обобщение, абстракция, научная метафора (Holling, 1973, 2001; Walker et al., 2004). В природе все сложнее, есть разнообразие схем чередований фаз. Динамику экосистем часто эвристически иллюстрируют с помощью модели «шарик в чашке» (Holling et al., 1995). При этом подразумевается, что экосистема это «шарик», который может перемещаться между несколькими состояниями «чашками» (аттракторы локальной устойчивости). Механизмы внутренней обратной связи в экосистеме работают так, чтобы сохранять систему в определенной «чашке» (состоянии). Глубина чашки символизирует силу этих внутренних обратных связей. Внутренние причины (истощение ресурсов, потеря адапционного потенциала, микроэволюция видов и т. д.) или/и влияние внешнего фактора, например, колебания климата или антропогенные воздействия, могут вести к внезапным изменениям состояния экосистемы. Это происходит в случаях, когда внутренних регулирующих механизмов недостаточно, чтобы сохранять «шарик» в своей «чашке», и он

(экосистема) неизбежно переходит в новое состояние. Согласно ЕУСЭ «шарик» может двигаться только внутри одной «чашки», а МАСЭ допускает его прыжки между «чашками». При переходе из одного состояния в другое реальная экосистема, можно сказать, случайно «выбирает» из существующих возможностей. Она может перейти как в состояние, которое она уже когда-либо реализовывала, так и новое для нее, в котором она никогда ранее не наблюдалась. Эта неопределенность в ее поведении, которая не сводится к недостаточности информации о ней, делает принципиально невозможным однозначный и точный прогноз ее будущей динамики.

Критические точки/точки невозврата (thresholds/tipping points) являются такими переломными моментами в динамике экосистем, когда система может перейти из одного устойчивого состояния в новое (Andersen et al., 2009; Scheffer et al., 2009; Шадрин, 2012; Shadrin, 2018; Dakos et al., 2019). В таком неустойчивом состоянии небольшое воздействие на систему вызывает непропорционально большие и непредсказуемые изменения в структуре, функциях, прямых и обратных связях системы. Точка невозврата (ТР) – понятие практически идентичное понятию точки бифуркации в математике и синергетике. При нахождении системы в когерентной стадии, когда система далека от критической точки, можно адекватно использовать традиционный подход ЕУСЭ для анализа ее динамики и прогноза ближайших изменений. Однако, в случае некогерентной стадии использование концепции ЕУСЭ не дает возможности адекватно понять и спрогнозировать динамику экосистемы. В этом случае необходимо использование новой концепции МАСЭ. При переходе экосистемы из одного состояния в другое меняется структура связей между элементами, меняется схема регуляции в системе. Например, доминирование в регуляции по типу «top-down» может переходить к «bottom-up» эффектам (Schmitz, 2010). Переход системы (особь, популяция, сообщество, экосистема) из одного устойчивого состояния в другое может происходить только через фазу дестабилизации системы (фаза  $\Omega$ ).

Экосистемы в определенном смысле имеют память, поэтому в их динамике, как правило, наблюдается гистерезис, когда отклик на текущее влияние внешних факторов зависит от истории системы (Scheffer et al., 2001; Шадрин, 2012; Shadrin, 2018). В этом случае значение величины ТР будет зависеть от направления изменения фактора – возрастает он или убывает, например, солености, температуры, концентрации биогенов. Типичным признаком гистерезиса является то, что отклик параметров системы образует петлю как на рис. 2 (Scheffer et al., 2001).

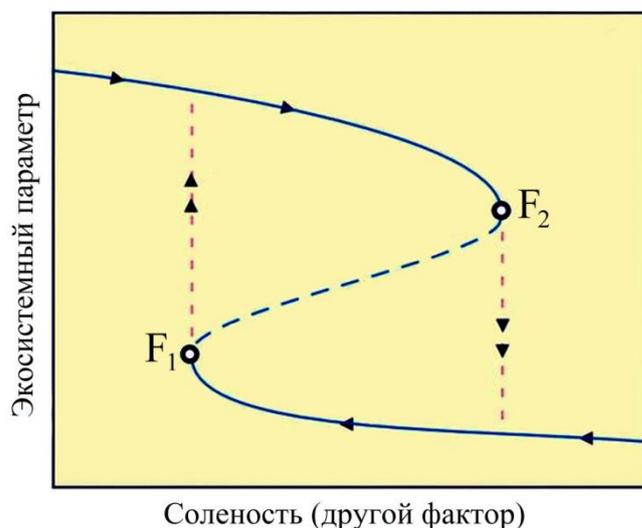


Рис. 2. Явление гистерезиса в динамике экосистем: принципиальная схема (по Н. В. Шадрину с соавторами (Shadrin et al., 2018) с изменениями) F1 и F2 – точки перелома/tipping points.

Подобный гистерезис показан, в частности, в озерах при эвтрофикации и деэвтрофикации (Scheffer et al., 2001). Гистерезис показан и в соленых/гиперсоленых озерах при колебаниях солености со сменой доминирования экологических групп фототрофов (Davis et al., 2003). Экологи, менеджеры окружающей среды и лица, принимающие решения, должны знать и понимать эффект гистерезиса в экосистемах. Гораздо легче дестабилизировать экосистему и вызвать ее переход в новое нежелательное состояние, чем добиться ее возврата в прежнее состояние. Вот почему многие дорогостоящие проекты по восстановлению окружающей среды не достигают ожидаемых результатов (Boldgiv et al., 2005; Hilderbrand et al., 2005; Biggs et al., 2009). С точки зрения управления окружающей средой критически важно знать: когда, где, почему и как экосистема может приблизиться к ТР, как и почему возникает гистерезис.

Все сложные системы по своей природе многомасштабны и многоуровневы, изменения в них происходят на разных временных и пространственных масштабах, на разных уровнях организации. Адаптивные циклы проявляющиеся на разных масштабах и уровнях организации (особь, популяция, сообщество, экосистема, ландшафт) и динамические изменения, происходящие на разных масштабах и уровнях взаимосвязаны. Такая кросс-масштабная динамика (cross-scalar dynamics) является сущностью Принципа панархии (the principle of panarchy) (Gunderson, Holling, 2002). В чем различие привычного для нас Иерархического мира и Мира панархии? В Мире иерархии верхний уровень определяет динамику на нижнем уровне, а в Мире панархии системы разных уровней и масштабов равно взаимосвязаны во влиянии на динамику друг друга. При этом оценивая взаимосвязь систем и параметров на различных масштабах, нельзя забывать, что все природные системы фрактальны (Mandelbrot, 1982; Brown et al., 2002; Halley et al., 2004). Например, длина береговой линии, в частности, острова или залива не является внемасштабной константой, она увеличивается с уменьшением отрезка, которым ее измеряют (Mandelbrot, 1982; Shadrin, 2013). Следовательно, длина береговой полосы будет разной для процессов, происходящих на разных масштабах. Это важно помнить, например, при оценке разных воздействий на бухту, пляж и так далее.

Концепция МАСЭ в настоящее время является довольно хорошо развитым теоретическим подходом (Holling, 2001; Walker et al., 2004; Biggs et al., 2009). Однако, несмотря на растущий к ней интерес со стороны экологов, эффективная реализация подхода к изучению динамики реальных экосистем и в менеджменте окружающей среды остается все еще очень слабой, она практически не учитывается при принятии решений. Тому есть несколько причин. Причины того, что новая концепция мало используется в конкретных научных исследованиях:

1) инерционность мышления, привычка смотреть на экосистемы традиционно, сквозь «призму среднего», допуская наличие лишь единственной точки глобальной устойчивости, и атавизм строго детерминистского взгляда на все происходящее в природе;

2) недостаточная разработанность подходов к идентификации дискретных альтернативных состояний реальных экосистем, отсутствие инструментов адекватной оценки возможных значений ТР и удаленности состояния экосистем от них.

Задача определения ТР является чрезвычайно сложной (Andersen et al., 2009; Scheffer et al., 2009; Шадрин, 2012). Одним из наиболее перспективных подходов для определения уровня дестабилизации, то есть движения экосистемы к точке опрокидывания (ТО) является анализ изменчивости временной вариабельности ее параметров (Brock, Carpenter, 2006; Andersen et al., 2009; Scheffer et al., 2009). Ускоряющийся рост вариабельности параметров системы свидетельствует о том, что она переходит/перешла в фазу  $\Omega$ , то есть приближается к ТР. Показано, что этот подход работает в случае систем всех масштабов и уровней, от организменного до планетарного уровня (Scheffer et al., 2009; Trefois et al., 2015; Wen et al., 2018).

Однако не все так просто с этим подходом при его использовании для оценки состояния и динамики водных экосистем, необходимо его дальнейшее развитие и адаптация к конкретным задачам (Gsell et al., 2016; Qin, Tang, 2018). Для этих целей предлагается использовать и другие подходы, например, уровень связности параметров в экосистеме,

суммарные показатели индивидуальной изменчивости в популяциях массовых видов и другие (Михайловский, 1988; Шадрин, 2012; Shadrin, Anufrieva, 2018). Очевидно, что разработка разных подходов должна продолжаться.

У менеджеров и лиц, принимающих решения, к вышеуказанным причинам добавляются и другие. Они, в большинстве своем, просто не знают новой концепции и следствий из нее. Поэтому можно предположить, что в настоящее время эффективные связи между учеными и лицами, принимающими решения, часто являются более важной проблемой, чем существующий недостаток знания (Sarewitz, Pielke, 2001; Sayers et al., 2002; Lyytimäki, Hildén, 2007). С другой стороны новая концепция и накопленные данные свидетельствуют о большей сложности экосистем, чем предполагает традиционный подход, и наличии неопределенности в их динамике и реакциях, в том числе, на принятые решения и действия людей (Ascough et al., 2008; Allen et al., 2011; Shadrin, 2018; Shadrin et al., 2018). Лицам, принимающим решения удобнее думать, что все в принципе предсказуемо, и желать однозначных точных научных рекомендаций, чем принять, что таковые невозможны и всегда необходимо учитывать многозначность и неопределенность при прогнозировании и планировании.

### **Необходимость развития подходов адаптивного менеджмента экосистем**

Две разные экологические концепции традиционная ЕУСЭ и новая МАСЭ дают нам совершенно разные взгляды на возможности, цели, задачи и организацию менеджмента окружающей среды, в том числе и водных экосистем (Ascough et al., 2008; Allen et al., 2011; Shadrin et al., 2012; Shadrin, 2018). При традиционном подходе ЕУСЭ есть единственное лучшее обобщение имеющихся об экосистеме знаний, которое и используется для целей менеджмента. На основе этого и происходят разработки единственной «лучшей» стратегии управления, которая затем используется. При получении новых знаний «лучшее» обобщение знания дополняется, улучшается. Знание передается в одном направлении – от ученых к менеджерам. Адаптивный экологический менеджмент, базирующийся на МАСЭ, определяет существующие неопределенности, разделяя их на связанные с пробелами в нашем знании и принципиальные неопределенности, вытекающие из сущности реальных экосистем (Holling, 1978; Habron, 2003; Allen et al., 2011). Затем предлагаются методы для проверки гипотез и допущений. В данном случае мы используем экологический менеджмент не только как инструмент для управления экосистемами, но и для того, чтобы получить больше знаний об управляемой системе. При новом подходе нам, прежде всего, необходимо оценить стоимость нашего невежества/пробелов в знании о системе, а в традиционном подходе оценивается стоимость получения знания (Holling, 1978, 2001; Habron, 2003). Главные цели традиционного подхода к экологическому менеджменту – как можно более точно спрогнозировать ответы экосистемы на возможные антропогенные воздействия и разработать оптимальную стратегию для сохранения и использования экосистемы, а затем строго придерживаться ее (Shadrin et al., 2012). Однако в современном Мире перемен наличие одной оптимальной стратегии является не более чем мифом. Задачи управления средой, с точки зрения МАСЭ, будут выглядеть иначе (Shadrin et al., 2012): определить насколько экосистема близка ТР и когда примерно она может ее достигнуть, чтобы оценить вероятность перехода в новое состояние на разных масштабах времени; попытаться определить разнообразие возможных новых альтернативных состояний; разработать набор социально-экономических адаптивных стратегий в новой среде, и далее гибко использовать их, в том числе, для получения новых знаний. Общая цель экологического менеджмента – предсказать и, если возможно, предотвратить нежелательные изменения в экосистемах, а если невозможно предотвратить нежелательные переходы экосистем в новые состояния, тогда обеспечить выживание в новых, как правило, непредсказуемых условиях. Следовательно, правильный выбор стратегии менеджмента зависит от правильной оценки устойчивости экосистемы, ее удаленности от ТР и примерной оценки времени возможного нежелательного перехода. Разные альтернативные состояния экосистем обеспечивают не одинаковый набор экосистемных ресурсов и услуг, создают разные возможности для природопользования. Долгосрочное устойчивое использование водных экосистем требует

наличия набора возможных альтернативных стратегий природопользования у лиц, принимающих решения, которые, исходя из информации о состоянии экосистемы, должны своевременно переходить от одной стратегии к альтернативной. Переход экосистем в новое состояние ведет к потере некоторых ресурсов для людей. При этом, как правило, исчезновение одних возможностей природопользования компенсируется появлением новых, которые надо увидеть, что также является одной из целей экологического менеджмента. В настоящее время по разным причинам наблюдается рост солености в водоемах разных регионов, при этом теряются традиционные объекты рыболовства, но появляются новые. Примером, может служить залив Азовского моря Сиваш, где дважды происходили существенные изменения солености в результате принятых решений (Shadrin et al., 2018, 2019; Anufriieva, Shadrin, 2020). Гиперсоленый залив Сиваш распреснился и стал солоноватоводным после строительства Северо-Крымского канала. Экосистема Сиваша и прилегающих территорий кардинально изменилась, создав совершенно новые возможности для природопользования. В частности, появились большие популяции рыб, и начало активно развиваться рыболовство. Закрытие канала в 2014 году привело к обратным изменениям. Соленость стала быстро расти, залив снова стал гиперсоленым, рыба практически исчезла в заливе, и рыболовство в нем стало невозможным. Однако в бентосе гиперсоленого Сиваша начала активно формироваться субпопуляция личинок хирономид (Diptera, Chironomidae), которые являются ценным биологическим ресурсом. В настоящее время ведется их заготовка (рис. 3), после чего личинок поставляют в разные города России. При этом вопрос, насколько законно осуществляют этот промысел и имеются ли квоты на добычу этого биологического ресурса, остается открытым. По сведениям авторов, сейчас ведут промысел шесть бригад, каждая из них в день заготавливает примерно 1 тонну личинок. В настоящее время в заливе начался интенсивный рост популяции *Artemia* (Crustacea, Anostraca), цисты этих жаброногих рачков – ценнейшее сырье. Есть шанс, что заготовка личинок хирономид, цист и биомассы *Artemia* принесет большую прибыль, чем рыболовство до закрытия канала (Anufriieva, Shadrin, 2020). Не следует всегда бояться нового непредсказуемого состояния экосистемы. Менеджеры и лица, принимающие решения, не должны забывать о том, что потери одних возможностей могут быть компенсированы новыми возможностями, но только в случае если их захотели увидеть и начать использовать. Одна из важных задач экологов и менеджеров окружающей среды в Мире перемен – искать и находить новые возможности.



Рис. 3. Лодки для промышленной заготовки личинок хирономид (Сиваш, сентябрь 2020 г.)  
(фото Н. В. Шадрина)

Для реализации адаптивного управления необходимо, как минимум, поддерживать или создавать достаточную открытость для принятия решений и новых идей, с широким вовлечением всех заинтересованных сторон/секторов общества (Habron, 2003; Crépin et al., 2012; Cundill et al., 2012). Адаптивный экологический менеджмент одновременно является и социальным, и научным процессом, он должен фокусироваться на создании и развитии новых общественных институтов и их стратегий, а также менеджментом знаний – выдвижением гипотез и их проверкой (Holling, 1978; Habron, 2003; Lin et al., 2015). Адаптивное управление следует рассматривать как эксперимент, основанный на получении нового знания в процессе работы. Адаптивное управление должно быть сотрудничеством, стратегии которого включают диалог, с расширением общего знания, между заинтересованными группами и сторонами на различных уровнях – от местного до международного (Holling, 1978; Habron, 2003; Crépin et al., 2012; Costanza, Liu, 2014). Снижение возможных рисков от катастрофических изменений состояния водных экосистем, как и наращивание адаптационного потенциала в социально-экологических системах (водоем – водосбор – люди), требуют интеграции усилий естественных и социальных наук.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В быстро, и иногда катастрофически, меняющемся мире выживание и нормальное развитие общества в отдельных регионах напрямую зависит от адекватного понимания происходящих изменений. Многократно показано, что реальные экосистемы могут находиться в нескольких альтернативных состояниях, поэтому в настоящее время происходит пересмотр основной экосистемной парадигмы. От теоретической концепции единственности устойчивого состояния экосистемы экология переходит к концепции множественности устойчивых состояний экосистемы. Динамику экосистем можно представить, по К. Холлингу, в виде адаптационного цикла с чередованием четырех фаз. В этой динамике существуют точки невозврата, когда в дальнейшей динамике экосистем существует неопределенность, не позволяющая делать однозначный прогноз. Экосистемы в определенном смысле имеют память, чем обусловлен эффект гистерезиса при разнонаправленных изменениях систем. Из всего этого вытекает необходимость развития подходов адаптивного менеджмента экосистем на основе новой концепции, что особенно актуально в случаях быстрой трансформации природных экосистем, как например, в Крыму после прекращения подачи днепровской воды в Северо-Крымский канал. На полуострове при остром дефиците воды стало невозможно реализовывать ту стратегию природопользования, которая реализовывалась до 2014 года. В таких регионах, основные экосистемы находятся в некогерентной стадии перехода в новые альтернативные состояния. «Закрываются» одни возможности природопользования, но появляются новые, которые необходимо увидеть и использовать. Только на основе использования подхода МАСЭ и адаптивного менеджмента реально найти устойчивый выход из сложившейся сложной эколого-социальной ситуации.

*Работа выполнена в рамках государственного задания ФИЦ ИнБЮМ «Изучение особенностей структуры и динамики экосистем соленых озер и лагун в условиях климатической изменчивости и антропогенной нагрузки для создания научных основ их рационального использования» (регистрационный номер АААА-А19-119100790153-3).*

## Список литературы

- Богатов В. В. О закономерностях функционирования речных экосистем в свете базовых научных концепций // Вестник Северо-Восточного научного центра ДВО РАН. – 2013. – № 4. – С. 90–99.
- Винберг Г. Г. Планктонологические и физико-химические исследования Попова пруда // Применение методов физической химии к изучению биологии пресных вод / Труды Звенигородской гидрофизиологической станции. – 1928. – С. 352–365.
- Загородняя Ю. А., Батогава Е. А., Шадрин Н. В. Многолетние трансформации планктона в гипергалинном Бакальском озере (Украина, Крым) при колебаниях солености // Морской экологический журнал. – 2008. – Т. 7, № 4. – С. 41–50.

- Красилов В. А. Эволюция и биостратиграфия. – М.: Наука, 1977. – 250 с.
- Михайловский Г. Е. Описание и оценка состояния планктонных сообществ. – М.: Наука, 1988. – 214 с.
- Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса: Новый диалог человека с природой. – М.: Прогресс, 1986. – 432 с.
- Хакен Г. Синергетика. – М.: Мир, 1980. – 406 с.
- Шадрин Н. В. Динамика экосистем и эволюция: множественность устойчивых состояний и точки опрокидывания/невозврата. Необходимость нового понимания // Морской экологический журнал. – 2012. – Т. 11, № 2. – С. 85–95.
- Allen C. R., Fontaine J. J., Pope K. L., Garmestani A. S. Adaptive management for a turbulent future // Journal of Environmental Management. – 2011. – Vol. 92, N 5. – P. 1339–1345.
- Andersen T., Jacob Carstensen J., Duarte C. M. Ecological thresholds and regime shifts: approaches to identification // Trends in Ecology and Evolution. – 2009. – Vol. 24, N 1. – P. 49–57.
- Anufrieva E., Shadrin N. The long-term changes in plankton composition: Is Bay Sivash transforming back into one of the world's largest habitats of *Artemia* sp. (Crustacea, Anostraca)? // Aquaculture Research. – 2020. – Vol. 51, N 1. – P. 341–350.
- Ascough J. C., Maier H. R., Ravalico J. K., Strudley M. W. Future research challenges for incorporation of uncertainty in environmental and ecological decision-making // Ecological Modelling. – 2008. – Vol. 219, N 3–4. – P. 383–399.
- Beisner B. E., Haydon D. T., Cuddington K. Alternative stable states in ecology // Frontiers in Ecology and the Environment. – 2003. – Vol. 1, N 7. – P. 376–382.
- Biggs R., Carpenter S. R., Brock W. A. Turning back from the brink: detecting an impending regime shift in time to avert it // Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. – 2009. – Vol. 106, N 3. – P. 826–831.
- Bindraban P. S., Brink B. T., Bai Z. G., Bakkenes M., Van Beek R., Van Den M., Muller C., Schaphoff S., Sonneveld B., Stoorvogel J., Temme A. Mapping global ecosystem degradation and its impacts. – 2013. – Режим доступа: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.669.2155&rep=rep1&type=pdf> (просмотрено 10.12.2020).
- Blindow I., Andersson G., Hargeby A., Johansson S. Long-term pattern of alternative stable states in two shallow eutrophic lakes // Freshwater Biology. – 1993. – Vol. 30, N 1. – P. 159–167.
- Boldgiv B., Bayartogtokh B., Bayarsaikhan U. Yellow dragon, green belt and alternative ecosystem states // Mongolian Journal of Biological Sciences. – 2005. – Vol. 3, N 2. – P. 49–58.
- Brock W. A., Carpenter S. R. Variance as a leading indicator of regime shift in ecosystem services // Ecology and Society. – 2006. – Vol. 11, N 2. – P. 9.
- Brown J. H., Gupta V. K., Li B. L., Milne B. T., Restrepo C., West G. B. The fractal nature of nature: power laws, ecological complexity and biodiversity // Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences. – 2002. – Vol. 357, N 1421. – P. 619–626.
- Capon S. J., Lynch A. J. J., Bond N., Chessman B. C., Davis J., Davidson N., Finlayson M., Gell P. A., Hohnberg D., Humphrey C., Kingsford R. T., Nielsen D., Thomson J. R., Ward K., Nally R. M. Regime shifts, thresholds and multiple stable states in freshwater ecosystems; a critical appraisal of the evidence // Science of the Total Environment. – 2015. – Vol. 534. – P. 122–130.
- Costanza R., Liu S. Ecosystem services and environmental governance: comparing China and the U.S. // Asia and the Pacific Policy Studies. – 2014. – Vol. 1, N 1. – P. 160–170.
- Crépin A. S., Biggs R., Polasky S., Troell M., De Zeeuw A. Regime shifts and management // Ecological Economics. – 2012. – Vol. 84. – P. 15–22.
- Cundill G., Cumming G. S., Biggs D., Fabricius C. Soft systems thinking and social learning for adaptive management // Conservation Biology. – 2012. – Vol. 26, N 1. – P. 13–20.
- Dakos V., Matthews B., Hendry A. P., Levine J., Loeuille N., Norberg J., Nosil P., Scheffer M., De Meester L. Ecosystem tipping points in an evolving world // Nature Ecology and Evolution. – 2019. – Vol. 3, N 3. – P. 355–362.
- Davis J. A., McGuire M., Halse S. A., Hamilton D., Horwitz P., McComb A. J., Friend R. H., Lyons M., Sim L. What happens when you add salt: predicting impacts of secondary salinisation on shallow aquatic ecosystems by using an alternative-states model // Australian Journal of Botany. – 2003. – Vol. 51, N 6. – P. 715–724.
- Dent C. L., Cumming G. S., Carpenter S. R. Multiple states in river and lake ecosystems // Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences. – 2002. – Vol. 357, N 1421. – P. 635–645.
- Dublin H. T., Sinclair A. R. E., McGlade J. Elephants and fire as causes of multiple stable states in the SerengetiMara woodlands // Journal of Animal Ecology. – 1990. – Vol. 59, N 3. – P. 1147–1164.
- Feehan C. J., Scheibling R. E. Effects of sea urchin disease on coastal marine ecosystems // Marine Biology. – 2014. – Vol. 161, N 7. – P. 1467–1485.
- Folke C., Fabricius C., Cundill G., Schultz L. Communities, ecosystems and livelihoods // Ecosystems and Human Well-being: Multiscale Assessment [Eds. D. Capistrano, C. Samper, M. Lee, C. Raudsepp-Hearne]. – Washington: Island Press, 2005. – P. 261–277.
- Gsell A. S., Scharfenberger U., Özkundakci D., Walters A., Hansson L. A., Janssen A. B., Nöges P., Reid P. C., Schindler D. E., Van Donk E., Dakos V. Evaluating early-warning indicators of critical transitions in natural aquatic ecosystems // Proceedings of the National Academy of Sciences. – 2016. – Vol. 113, N 50. – P. E8089–E8095.
- Gunderson L. H., Holling C. S. Panarchy: Understanding transformations in human and natural systems. – Washington: Island Press, 2002. – 507 p.

- Habron G. Role of adaptive management for watershed councils // *Environmental Management*. – 2003. – Vol. 31, N 1. – P. 29–41.
- Halley J. M., Hartley S., Kallimanis A. S., Kunin W. E., Lennon J. J., Sgardelis S. P. Uses and abuses of fractal methodology in ecology // *Ecology Letters*. – 2004. – Vol. 7, N 3. – P. 254–271.
- Hilderbrand R. H., Watts A. C., Randle A. M. The myths of restoration ecology // *Ecology and Society*. – 2005. – Vol. 10, N 1. – P. 19.
- Holling C. S. Resilience and stability of ecological systems // *Annual Review of Ecology and Systematics*. – 1973. – Vol. 4. – P. 1–23.
- Holling C. S. Adaptive environmental assessment and management. – New York: Wiley, 1978. – 377 p.
- Holling C. S. Understanding the complexity of economic, ecological, and social systems // *Ecosystems*. – 2001. – Vol. 4, N 5. – P. 390–405.
- Holling C. S., Schindler D. W., Walker B. W., Roughgarden J. Biodiversity in the functioning of ecosystems: an ecological synthesis // *Biodiversity Loss: Economic and Ecological Issues* [Eds. C. Perrings, K. G. Mäler, C. Folke, C. S. Holling, B. O. Jansson]. – Cambridge: Cambridge University Press, 1995. – P. 44–83.
- Kitzberger T., Perry G. L., Paritsis J., Gowda J. H., Tepley A. J., Holz A., Veblen T. T. Fire–vegetation feedbacks and alternative states: common mechanisms of temperate forest vulnerability to fire in southern South America and New Zealand // *New Zealand Journal of Botany*. – 2016. – Vol. 54, N 2. – P. 247–272.
- Knowlton N. Thresholds and multiple stable states in coral reef community dynamics // *Integrative and Comparative Biology*. – 1992. – Vol. 32, N 6. – P. 674–682.
- Levin S. A. Fragile dominion: Complexity and the commons. – Massachusetts: Perseus Books Group, 1999. – 250 p.
- Lewontin R. C. The meaning of stability // *Diversity and Stability in Ecological Systems*, Brookhaven Symposia in Biology, No. 22. [Eds. G. M. Woodwell, H. H. Smith]. – New York: Brookhaven Laboratories, 1969. – P. 13–24.
- Lin H. B., Thornton J. A., Shadrin N. A watershed-based adaptive knowledge system for developing ecosystem stakeholder partnerships // *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*. – 2015. – Vol. 33, N 6. P. 1476–1488.
- Lin Q. Q., Xu L., Hou J. Z., Liu Z. W., Jeppesen E., Han B. P. 2017. Responses of trophic structure and zooplankton community to salinity and temperature in Tibetan lakes: implication for the effect of climate warming // *Water Research*. – 2017. – Vol. 124. – P. 618–629, <https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.07.078>.
- Lyytimäki J., Hildén M. Thresholds of sustainability: policy challenges of regime shifts in coastal areas // *Sustainability: Science, Practice and Policy*. – 2007. – Vol. 3, N 2. – P. 61–69.
- Mandelbrot B. B. The fractal geometry of nature. – New York: Freeman and Co, 1982. – 460 p.
- McGlathery K. J., Reidenbach M. A., D'Odorico P., Fagherazzi S., Pace M. L., Porter J. H. Nonlinear dynamics and alternative stable states in shallow coastal systems // *Oceanography*. – 2013. – Vol. 26, N 3. – P. 220–231.
- Norström A. V., Nyström M., Lokrantz J., Folke C. Alternative states on coral reefs: beyond coral–macroalgal phase shifts // *Marine Ecology Progress Series*. – 2009. – Vol. 376. – P. 295–306.
- Petratis P. S., Dudgeon S. R. Detection of alternative stable states in marine communities // *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. – 2004. – Vol. 300, N 1–2. – P. 343–371.
- Petratis P. S., Methratta E. T., Rhile E. C., Vidargas N. A., Dudgeon S. R. Experimental confirmation of multiple community states in a marine ecosystem // *Oecologia*. – 2009. – Vol. 161, N 1. – P. 139–148.
- Qin S., Tang C. Early-warning signals of critical transition: Effect of extrinsic noise // *Physical Review E*. – 2018. – Vol. 97, N 3. – 032406.
- Sarewitz D., Pielke Jr. R. Extreme events: a research and policy framework for disasters in context // *International Geology Review*. – 2001. – Vol. 43, N 5. – P. 406–418.
- Sayers P. B., Hall J. W., Meadowcroft I. C. Towards risk-based flood hazard management in the UK // *Proceedings of the Institution of Civil Engineers*. – 2002. – Vol. 150. – P. 36–42.
- Scheffer M. Alternative attractors of shallow lakes // *The Scientific World Journal*. – 2001. – Vol. 1. – P. 254–263.
- Scheffer M., Bascompte J., Brock W. A. Early-warning signals for critical transitions // *Nature*. – 2009. – Vol. 461. – P. 53–59.
- Schmitz O. J. Resolving ecosystem complexity. Princeton: Princeton University Press, 2010. – 192 p.
- Shadrin N. V. Coupling of shoreline erosion and biodiversity loss: Examples from the Black Sea // *International Journal of Marine Science*. – 2013. – Vol. 3, N 43. – P. 352–360.
- Shadrin N. V. The alternative saline lake ecosystem states and adaptive environmental management // *Journal of Oceanology and Limnology*. – 2018. – Vol. 36, N 6. – P. 2010–2017.
- Shadrin N. V., Anufrieva E. V. Integral indicators of variability of *Arctodiaptomus salinus* (Daday, 1885) (Copepoda, Diaptomidae) and their possible use in assessing the population state // *Inland Water Biology*. – 2018. – Vol. 11, N 4. – P. 456–464.
- Shadrin N. V., Mironov S. S., Ferat T. A. Interrelations between the losses of sandy beaches and biodiversity in seas: Case of the Bakalskaya Spit (Crimea, Ukraine, Black sea) // *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. – 2012. – Vol. 12, N 5. – P. 411–415.
- Shadrin N. V., Anufrieva E. V., Kipriyanova L. M., Kolesnikova E. A., Latushkin A. A., Romanov R. E., Sergeeva N. G. The political decision caused the drastic ecosystem shift of the Sivash Bay (the Sea of Azov) // *Quaternary International*. – 2018. – Vol. 475. – P. 4–10.
- Shadrin N., Kolesnikova E., Revkova T., Latushkin A., Dyakov C., Anufrieva E. Macrostructure of benthos along a salinity gradient: The case of Sivash Bay (the Sea of Azov), the largest hypersaline lagoon worldwide // *Journal of Sea Research*. – 2019. – Vol. 154. – P. 101811.

Staver A. C., Archibald S., Levin S. A. The global extent and determinants of savanna and forest as alternative biome states // *Science*. – 2011. – Vol. 334, N 6053. – P. 230–232.

Trefois C., Antony P. M., Goncalves J., Skupin A., Balling R. Critical transitions in chronic disease: transferring concepts from ecology to systems medicine // *Current Opinion in Biotechnology*. – 2015. – Vol. 34. – P. 48–55.

Walker B., Holling C. S., Carpenter S. R., Kinzig A. Resilience, adaptability and transformability in social-ecological systems // *Ecology and Society*. – 2004. – Vol. 9, N 2. – P. 5.

Wen H., Ciamarra M. P., Cheong S. A. How one might miss early warning signals of critical transitions in time series data: A systematic study of two major currency pairs // *PloS ONE*. – 2018. – Vol. 13, N 3. – P. e0191439.

**Shadrin N. V., Anufrieva E. V. Environmental management and aquatic ecology in search of answers to the challenges of the time** // *Ekosistemy*. 2021. Iss. 25. P. 30–40.

Currently, the destruction of landscapes is taking place with a decrease in the sustainability and productivity of natural ecosystems. One of the main reasons for this is inadequate environmental management, which, as a rule, is based on inadequate outdated theoretical ecological concepts. The totality of accumulated data shows that real ecosystems can be in several alternative states and demonstrate relatively rapid changes in the regime of existence with significant, abrupt and permanent changes in structure and functioning. In this regard, the main ecosystem paradigm is currently being revised. From the theoretical concept of the unicity of the ecosystem stable state, ecology moves to the concept of the multiplicity of stable states in the ecosystem. The dynamics of ecosystems can be represented, according to K. Holling, in the form of an adaptation cycle with the alternation of four phases, the features of which are considered. The importance of no return points and possible uncertainty in the dynamics of ecosystems are shown. Ecosystems, in a certain sense, have memory, which is the reason for the hysteresis effect during multidirectional changes in systems. The necessity of developing approaches of adaptive ecosystem management based on this concept is shown. Which is especially important in cases of rapid transformation of natural ecosystems, such, as an example, in the Crimea after the cessation of the supply of Dnieper water to the North Crimean canal. The difficulties of transition to adaptive environmental management in modern conditions are analyzed.

*Key words:* ecosystems, alternative states, water bodies, environmental management, Crimea.

*Поступила в редакцию 11.12.2020*

*Принята к печати 15.12.20*

## Таксоцен Malacostraca акватории бухты Ласпи (Чёрное море)

Бондаренко Л. В., Тимофеев В. А.

Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН  
Севастополь, Россия  
[bondarenko.luda@gmail.com](mailto:bondarenko.luda@gmail.com), [leonlefer@gmail.com](mailto:leonlefer@gmail.com)

Акватория бухты Ласпи расположена между природным заказником «Мыс Айя» и прибрежно-аквальным комплексом у мыса Сарыч, что представляет интерес в плане изучения долговременных изменений в структуре макрозообентоса в целом и Malacostraca в частности. С целью оценки таксономического разнообразия и современного состояния высших ракообразных, обитающих на рыхлых грунтах литорали и сублиторали бухты Ласпи, был проведён анализ материала, собранного в летний период 2016–2019 годов. Идентифицирован 41 вид Malacostraca, относящихся к 6 отрядам. Кроме высших ракообразных в акватории бухты обнаружены другие представители Arthropoda: Amphibalanus improvisus (Darwin, 1854) и Naupacticoidea. Средний показатель биомассы высших ракообразных составил  $0,454 \pm 0,228$  г/м<sup>2</sup>. Существенный вклад в его формирование вносят Decapoda, среди которых доминирует *Diogenes pugilator*. Средняя численность Malacostraca составила  $280 \pm 158$  экз./м<sup>2</sup>. Наибольший процент встречаемости и высокая плотность поселения отмечены для Amphipoda. Ранжированный ряд по индексу плотности возглавляют *D. pugilator*, *Echinogammarus foxi*, *Centraloecetes dellavallei* и *Echinogammarus karadagensis*. Наибольшие показатели численности отмечены на станциях, приуроченных к зоне заплеска (0–0,5 м). Высокие концентрации численности и биомассы Malacostraca отмечены на станциях, грунт которых представлен песком и галькой.

*Ключевые слова:* Malacostraca, таксономический состав, численность, биомасса, бухта Ласпи, Чёрное море.

### ВВЕДЕНИЕ

Бухта Ласпи, протяжённость береговой линии которой составляет 12 км, расположена в юго-западной части Крымского полуострова. Значительная часть подводного берегового склона глубокая, выражена глыбово-валунным бенчем. Наиболее обширная центральная часть бухты занята наклонной равниной, сложенной песчаными и алевроитовыми отложениями. Бухта относится к открытому типу. Гидродинамический режим её акватории обусловлен влиянием циркуляционных систем антициклонического типа, поступлением глубинных вод в поверхностные слои в результате сгонно-нагонных явлений и водообменом с открытым морем, что способствует динамической активности и аэрации вод (Панкеева, Миронова, 2019).

На побережье бухты расположено большое количество пансионатов и детских оздоровительных лагерей, что является определённой антропогенной нагрузкой на природный комплекс акватории. Известно, что за период с 1989 по 1998 год в районе от бухты Ласпи до мыса Сарыч исчезли 14 видов-индикаторов чистых биотопов, а общее число видов гидробионтов сократилось от 78 до 69. Также изменилось соотношение видов с разной устойчивостью к загрязнению (Петров, 2002). Кроме этого в сентябре 1999 года здесь потерпел аварию сухогруз «Кристина», что в определённой степени могло отразиться на структуре бентосного сообщества бухты (Нестерова, 2000).

Бухта находится между государственным природным заказником регионального значения «Мыс Айя» и гидрологическим памятником природы регионального значения «Прибрежный аквальный комплекс у мыса Сарыч». На протяжении длительного времени береговая зона бухты является объектом, представляющим интерес для развития рекреационной деятельности, которая, в той или иной степени, может оказывать влияние на экосистемы охраняемых акваторий. В связи с выше изложенным, в исследуемой акватории

необходим постоянный мониторинг состояния структуры как макрозообентоса в целом, так и Malacostraca в частности.

Целью работы является оценка таксономического разнообразия и современного состояния высших ракообразных, обитающих на рыхлых грунтах литорали и сублиторали бухты Ласпи.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В основу работы легли результаты бентосных съёмок рыхлых грунтов акватории бухты Ласпи, выполненных в летние периоды 2016–2019 годов, включая прибрежные сборы и материал, собранный в 96 и 108 рейсах НИС «Профессор Водяницкий». Пробы отбирали на 46 станциях в диапазоне глубин от 0 до 60 м (рис. 1).

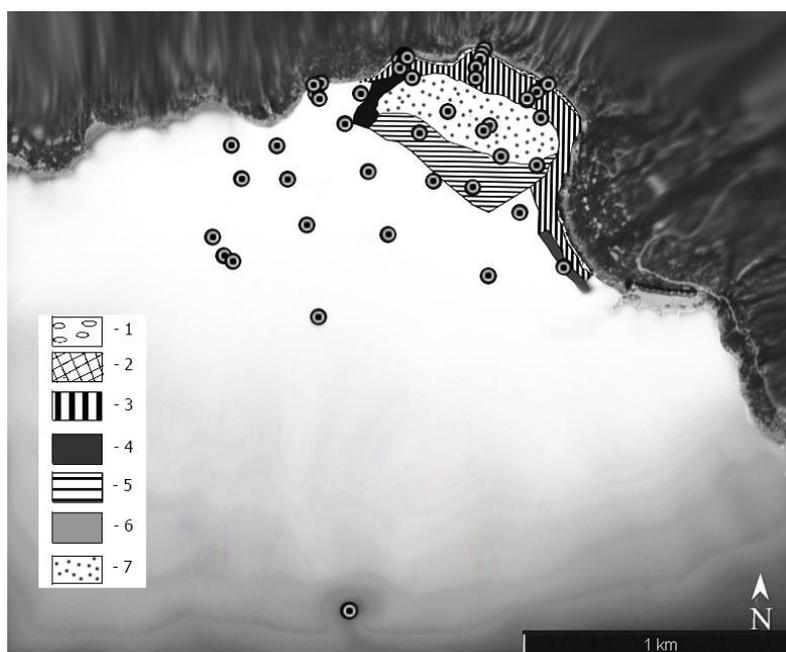


Рис. 1. Карта станций района исследований (характеристика распределения донных осадков по Т. В. Панкеевой и Н. В. Мироновой (2019)

1 – Глыбово-валунный бенч; 2 – Валунно-глыбовый бенч; 3 – Подводный береговой абразионный склон, сложенный псефитовыми отложениями; 4 – Подводный береговой абразионный склон, сложенный псефитовыми отложениями и алеврито-псаммитовым субстратом; 5 – Слабонаклонная аккумулятивная равнина, сложенная алеврито-псаммитовыми отложениями; 6 – Подводный береговой абразионный склон, сложенный псефитовыми отложениями с чередованием галечно-гравийных с битой ракушей; 7 – Слабонаклонная аккумулятивная равнина, сложенная псаммитовыми отложениями с выраженными крупными знаками ряби (рифели).

Сбор материала проводился водолазным методом с помощью ручного дночерпателя ( $S=0,04 \text{ м}^2$ ) и дночерпателем «Океан 50» ( $S=0,25 \text{ м}^2$ ) с НИС «Профессор Водяницкий» в 1–3 повторностях. При промывке проб использована система сит с минимальным диаметром ячеей фильтрации 0,5 мм.

Так как большинство видов десятиногих раков являются относительно крупными и подвижными, плохо поддающимися учёту при дночерпательных сборах, то основным методом их учёта было визуальное наблюдение с берега и под водой в диапазоне глубин от уреза воды до 26 м. Отлов фактического материала осуществлялся с помощью стандартных ручных орудий лова (сачки, краболовки, специализированный насос и др.). В исследованиях

был применён метод трансект (Блинова и др., 2005). После соответствующих измерений живые особи Decapoda без повреждений возвращались в естественную среду обитания.

При описании количественного развития фауны высших ракообразных использованы показатели их развития по численности ( $N$ , экз./м<sup>2</sup>), биомассе ( $B$ , г/м<sup>2</sup>) и индексу функционального обилия (ИФО) в выражении:

$$\text{ИФО} = N^{0,25} \times B^{0,75}, \text{ где } N - \text{численность вида, экз./м}^2, B - \text{биомасса вида, г/м}^2.$$

Ранжированная кривая доминирования-разнообразия видов строилась по значениям индексов плотности (ИП) видов:

$$\text{ИП} = \text{ИФО} \times P, \text{ где } P - \text{встречаемость вида (0–1)}.$$

Коэффициент общности Жаккара определяли по формуле:

$K_o = c * 100 / (a + b + c)$ , где  $a$  – число видов, обнаруженных в бентосных пробах в 1996 году,  $b$  – число видов, найденных в 2016–2019 годах,  $c$  – число видов в выше названные периоды.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате анализа полученного материала в акватории б. Ласпи идентифицирован 41 вид Malacostraca, относящихся к 6 отрядам, включая десятиногих раков, не поддающихся учёту при дночерпательных сборах. Определение до вида представителей Mysida было затруднено вследствие отсутствия особей, пригодных для идентификации. Кроме высших ракообразных в акватории бухты обнаружены другие представители Arthropoda: *Amphibalanus improvisus* (Darwin, 1854) и Harpacticoida.

Высокий процент встречаемости отмечен для Amphipoda (45 %), далее следуют Decapoda (32 %), Cumacea (9 %), Isopoda (7 %), Tanaidacea (5 %), Mysida (2 %). Преобладание числа видов амфипод над другими отрядами Malacostraca характерно как для побережья Крыма, так и для Чёрного моря в целом (табл. 1).

Таблица 1

Количество видов Malacostraca, обитающих в Чёрном море и у Крымского побережья

Отряд	Чёрное море (Ревков, 2003; Аносов, 2016)	Побережье Крыма (Ревков, 2003; Тимофеев и др., 2018; Статкевич, 2019)	Бухта Ласпи (собственные данные; Ревков, Николаенко, 2002)
Amphipoda	111	59	20
Tanaidacea	6	4	1
Isopoda	29	20	4
Cumacea	23	15	9
Decapoda	41	35	16
Mysida	19	7	1
Всего	225	138	51

Количество видов, обнаруженных на станциях, колеблется от 1 до 7. Наибольшая их часть отмечена в биотопах, представленных песком (мелкий, крупный, заиленный) и галькой. Доминирующим по встречаемости видом оказался *Diogenes pugilator* (48 %) (табл. 2). Как было показано ранее (Ревков, Николаенко, 2002) этот рак-отшельник был отнесён к видам-субдоминантам в акватории бухты в результате анализа данных по макрозообентосу, собранному в 1996 году. К относительно редким, обнаруженным только на одной станции, относятся 10 видов, которые предпочитают илистый грунт или являются типичными зарослевыми формами. Диапазон глубин ( $h$ , м), на которых были обнаружены ракообразные, составил от 0 до 45 м.

Средний показатель биомассы ракообразных по всему полигону составил  $0,454 \pm 0,228$  г/м<sup>2</sup> (среднее  $\pm$  доверительный интервал). Основную роль в его формирование

Таблица 2

Видовой состав и количественные показатели Malacostraca в акватории бухты Ласпи

Таксон	экз./м <sup>2</sup>	г/м <sup>2</sup>	P, %	h, м
Amphipoda				
<i>Ampelisca diadema</i> (Costa, 1853)	5	0,0061	22	8–45
<i>Ampelisca sevastopoliensis</i> (Grintsov, 2010)	1	0,0006	4	10–22
<i>Ampithoe ramondi</i> Audouin, 1826	3	0,0004	7	0,5–15
<i>Apherusa bispinosa</i> (Spence Bate, 1857)	1	0,0003	2	1
<i>Bathyporeia guilliamsoniana</i> (Spence Bate, 1857)	5	0,0047	17	4–18
<i>Caprella acanthifera</i> Leach, 1814	1	0,0001	4	0–40
<i>Centraloecetes dellavallei</i> (Stebbing, 1899)	24	0,0061	28	0–21
<i>Dexamine spinosa</i> (Montagu, 1813)	1	0,0001	4	1,5–11
<i>Echinogammarus foxi</i> (Schellenberg, 1928)	68	0,0328	11	0–13
<i>Echinogammarus karadagensis</i> (Grintsov, 2009)	87	0,0468	4	0
<i>Echinogammarus</i> sp.	1	0,0001	2	1,5
<i>Megaluropus agilis</i> Hoek, 1889	1	0,0003	7	5–9
<i>Melita palmata</i> (Montagu, 1804)	2	0,0002	2	0
<i>Microdeutopus</i> sp.	2	0,0006	11	1,5–14
<i>Microdeutopus versiculatus</i> (Spence Bate, 1857)	1	0,0007	2	17
<i>Nototropis guttatus</i> Costa, 1853	10	0,0037	28	1–17
<i>Perioculodes longimanus</i> (Spence Bate & Westwood, 1868)	1	0,0001	4	9
Decapoda				
<i>Athanas nitescens</i> (Leach, 1813 [in Leach, 1813-1814])	2	0,0057	2	13
Decapoda juv.	1	0,0002	2	1
<i>Diogenes pugilator</i> (Roux, 1829)	46	0,2359	48	1–45
<i>Pisidia longimana</i> (Risso, 1816)	0,3	0,0003	2	1,5
<i>Liocarcinus navigator</i> (Herbst, 1794)	1	0,0106	11	3–45
<i>Xantho poressa</i> (Olivi, 1792)	1	0,0933	4	13–45
Cumacea				
<i>Bodotria arenosa</i> Goodsir, 1843	1	0,0001	4	1,5–11
<i>Cumella (Cumella) limicola</i> Sars, 1879	5	0,0003	22	3–28
<i>Iphinoe elisae</i> Băcescu, 1950	1	0,0001	7	9
Isopoda				
<i>Eurydice dollfusi</i> Monod, 1930	1	0,0017	2	13
<i>Idotea balthica</i> (Pallas, 1772)	1	0,0001	2	0
<i>Stenosoma capito</i> (Rathke, 1837)	1	0,0002	4	3–17
Tanaidacea				
<i>Chondrochelia savignyi</i> (Kroyer, 1842)	3	0,0003	7	0–45
Mysida				
<i>Mysida</i> sp.	2	0,0016	7	3–10

Примечание к таблице. Виды Decapoda, не встреченные в дночерпательных пробах: *Hippolyte leptocerus* (Heller, 1863), *Palaemon elegans* Rathke, 1837, *Upogebia pusilla* (Petagna, 1792), *Clibanarius erythropus* Latreille, 1818, *Eriphia verrucosa* Forskal, 1775, *Pachygrapsus marmoratus* (Fabricius, 1793), *Pilumnus aestuarii* Nardo, 1869 (*Pilumnus hirtellus* (Linnaeus, 1761)), *Liocarcinus vernalis* (Risso, 1816), *Carcinus aestuarii* Nardo, 1847. h – диапазон глубин, где данный вид обнаружен.

вносят десятиногие раки (76 % общей биомассы), среди которых доминирует *D. pugilator*. Далее следуют бокоплавы (21 % общей биомассы) (рис. 2а).

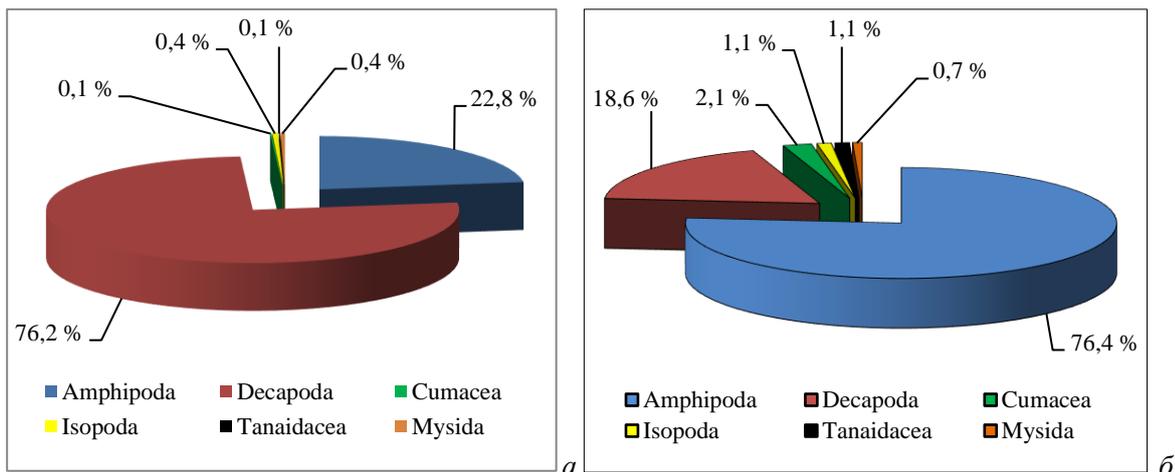


Рис. 2. Соотношение биомассы (а) и численности (б) представителей отрядов Malacostraca бухты Ласпи

Средняя численность Malacostraca составила  $280 \pm 158$  экз./м<sup>2</sup>. Наибольшая плотность поселения отмечена у амфипод (76 % общей численности) (рис. 2б), сформирована она представителями рода *Echinogammarus* (73 % общей численности амфипод). Средний показатель численности десятиногих раков, доминирующих по биомассе, в 4 раза ниже, чем у амфипод.

Следует отметить неравномерное распределение ракообразных в акватории бухты. Наибольшие показатели численности отмечены на станциях, приуроченных к зоне заплеска. На данном участке как численность, так и биомассу формируют бокоплавы рода *Echinogammarus* (рис. 3).

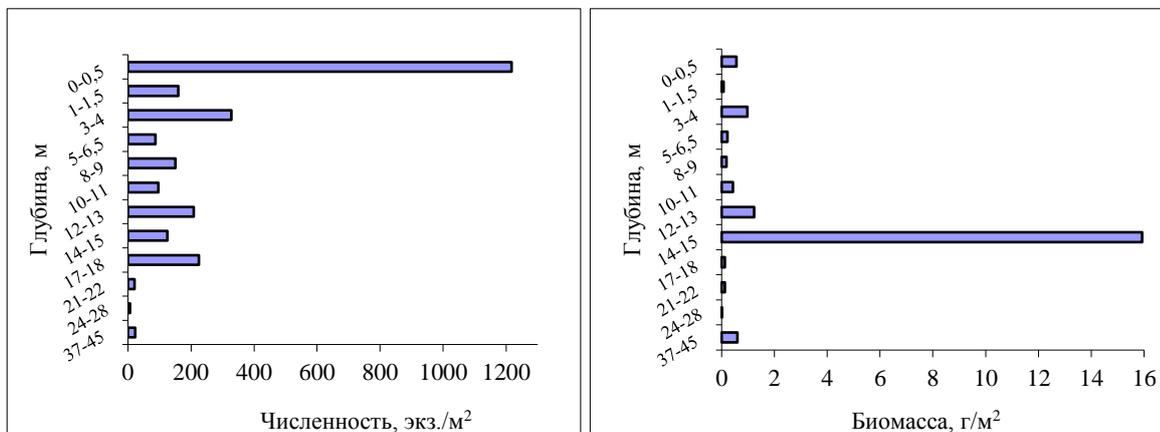


Рис. 3. Численность и биомасса Malacostraca бухты Ласпи на разных глубинах

Основной вклад в формирование биомассы вносят относительно крупные представители отряда Decapoda, такие как *D. pugilator*, *L. navigator* и *X. poressa*. Причём *D. pugilator* присутствует в акватории бухты во все периоды исследования, начиная с 1983 года (Петухов и др., 1991; Ревков, Николаенко, 2002).

Зоны концентрации численности и биомассы высших ракообразных в акватории бухты приурочены к станциям, грунт которых представлен песком и галькой. Пик численности наблюдаем на глубине 0–0,5 м, где доминирует *E. foxi*, предпочитающий крупный песок и гальку. Пик биомассы отмечен на глубине 14–15 м, где грунт представлен мелким, крупным

песком и галькой. Сформирована биомасса на данной глубине десятиногими ракообразными *D. pugilator* и *X. poressa*.

Ранжированный ряд по индексу плотности возглавляют *D. pugilator*, *E. foxi*, *C. dellavallei* и *E. karadagiensis* (рис. 4).

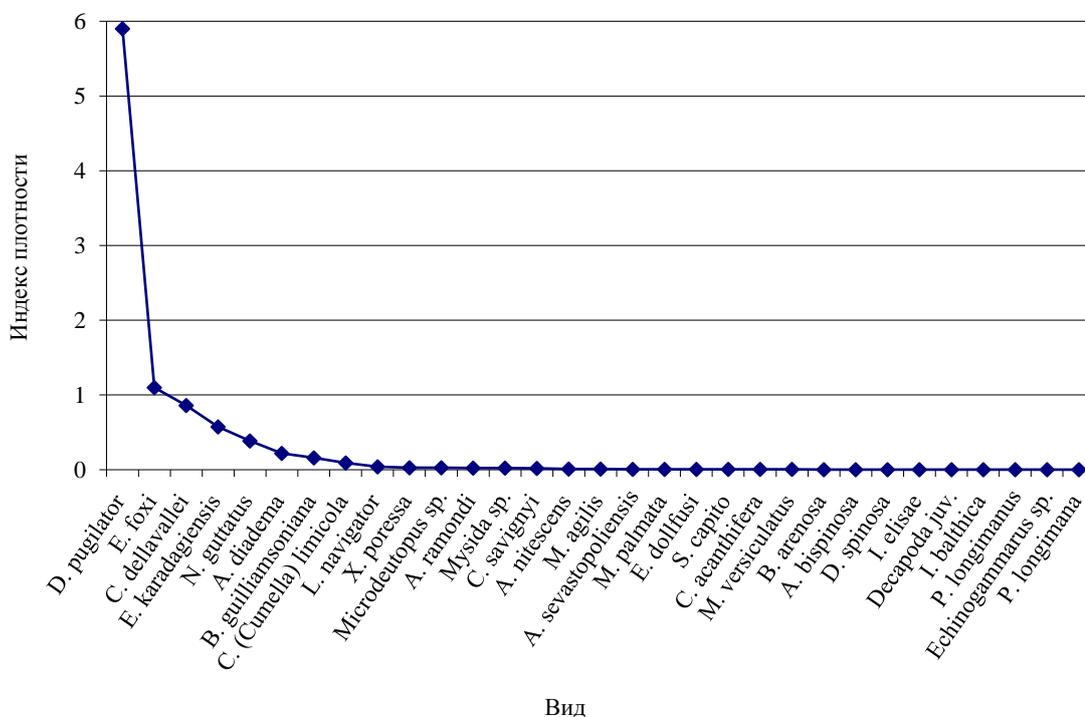


Рис. 4. Ряд Malacostraca, ранжированный по индексу плотности

Поскольку грунт акватории бухты Ласпи представлен песком, галькой и битой ракушей, то и доминируют виды, предпочитающие этот биотоп. *D. pugilator* обычен в прибрежной зоне Чёрного моря до 40–42 м, предпочитает песчаный грунт с ракушей (Кобякова, Долгопольская, 1969). *C. dellavallei*, по данным И. И. Грезе (Грезе, 1985), в Чёрном море встречается редко, обитает на глубинах от 5 до 50 м среди зарослей макрофитов и на песчано-илисто-ракушечных грунтах. В наших пробах вид обнаружен на глубинах от 0 до 18 м, где грунт представлен песком. Численность и биомасса *C. dellavallei* варьирует в пределах от 13 до 313 экз./м<sup>2</sup> и от 0,002 до 0,079 г/м<sup>2</sup>. Ранее этот вид нами обнаружен также в значительных количествах в акватории бухты Круглой на глубинах от 2 до 16 м на песчаном грунте. Показатель встречаемости вида в данной акватории, по материалам бентосных съёмок 2004–2013 годов, составил более 50 %, а численность и биомасса варьировали от 10 до 1025 экз./м<sup>2</sup> и от 0,002 до 0,36 г/м<sup>2</sup> соответственно. *E. foxi* и *E. karadagiensis* предпочитают галечно-песчаный грунт, в котором отсутствует фракция меньше 0,1 см, хотя особи *E. foxi* обитают и под камнями (Гринцов, 2016). В Средиземном море виды этого рода зарегистрированы также под камнями (Karaman, 1982) от супралиторали до инфралиторали (0–1 м) (Bellan-Santini, 1998).

Сравнительный анализ видового состава таксоцены Malacostraca по данным бентосной съёмки 1996 года (Ревков, Николаенко, 2002) и 2016–2019 годов указывает на увеличение количества видов высших ракообразных в современный период. Если в пробах 20-летней давности было выявлено 29 видов высших ракообразных, то в настоящее время – 41. Интересно отметить, что в результате исследований, проведённых в бухте Ласпи в 1983 году, в макрозообентосе данной акватории зарегистрировано 49 видов донных животных, из них лишь 4 вида представлены высшими ракообразными: десятиногие раки *D. pugilator*, *L. navigator* (*Macropipus arcuatus*), Isopoda *S. capito* и Amphipoda *G. carinatus* (Петухов и др.,

1991). Суммарный анализ литературных (Ревков, Николаенко, 2002) и собственных данных указывает на относительное богатство фауны высших ракообразных бухты Ласпи, представленной 51 видом из шести отрядов. Показатель общности видов Жаккара (42 %) указывает на сходство фаун Malacostraca акватории бухты Ласпи в разные периоды исследований. К относительно редким в 1996 году (их присутствие на полигоне регистрируется на одной из 33 станций) относятся 10 видов ракообразных: *Leptochelia savignyi* (8 экз./м<sup>2</sup> станционная плотность), *Pseudocumate nuicauda* (8), *Microdeutopus anomalus* (13), *Apherusa bispinosa* (13), *Corophium* sp. (13), *Orchomene humilis* (13), *Cumella pygmae aeuxinica* (13), *Eurydice spinigera* (13), *Schizorhynchus scabrous culus* (13), *Gammarellus* sp. (25) (Ревков, Николаенко, 2002). По результатам 2016–2019 годов также 10 видов ракообразных: *Apherusa bispinosa* (50), *Caprella acanthifera* (50), *Echinogammarus* sp. (25), *Melita palmata* (100), *Microdeutopus versiculatus* (50), *Periculodes longimanus* (13), *Eurydice dollfusi* (50), *Idotea balthica* (50), *Athanas nitescens* (100), *Pisidia longimana* (13). Показатель плотности редких видов в 2016–2019 годах оказался выше, чем в 1996 году и варьировал в разные годы от 13 до 100, тогда как в 1996 году – от 8 до 13 экз./м<sup>2</sup>. Их редкая встречаемость объясняется тем, что местообитанием 57 % видов являются макрофиты и обрастания скал, а 30 % редких видов обитают на илистых и песчано-илистых грунтах. В то время как на полигонах, анализируемых нами, как было сказано выше, доминируют песчаные, галечные и ракушечные грунты. Представители рода *Gammarellus* попали в список редких в связи с тем, что это холодолюбивые особи и с наступлением лета мигрируют на глубины до 50 м и лишь в зимне-весенний период их можно встретить в прибойной зоне в зарослях макрофитов (Грезе, 1985). Именно в этот период, в январе – мае 2015 года, *Gammarelus carinatus* обнаружен нами в бентосных пробах акватории Артбухты (Севастополь) с максимальной плотностью 278 экз./м<sup>2</sup> (Макаров и др., 2019).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в летние периоды 2016–2019 годов в акватории бухты Ласпи идентифицирован 41 вид Malacostraca из 6 отрядов. Кроме высших ракообразных в акватории бухты обнаружены другие представители Arthropoda: *Amphibalanus improvisus* (Darwin, 1854) и Naupacticoidea. Высокий процент встречаемости отмечен для Amphipoda.

Средний показатель биомассы ракообразных по всему полигону составил  $0,454 \pm 0,228$  г/м<sup>2</sup>. Основную роль в его формирование вносят десятиногие раки, среди которых доминирует *D. pugilator*.

Средняя численность Malacostraca составила  $280 \pm 158$  экз./м<sup>2</sup>. Наибольшая плотность поселения отмечена у амфипод. Сформирована она представителями рода *Echinogammarus*.

Наибольшие показатели численности отмечены на станциях, приуроченных к зоне заплеска (0–0,5 м), биомассы – на глубине 14–15 м. Зоны высокой концентрации численности и биомассы Malacostraca в акватории бухты приурочены к станциям, грунт которых представлен песком и галькой.

Ранжированный ряд по индексу плотности возглавляют *D. pugilator*, *E. foxi*, *C. dellavallei* и *E. karadagiensis*.

**Благодарности.** Авторы выражают благодарность зав. отделом экологии бентоса ФИЦ ИнБЮМ А. Н. Петрову за организацию экспедиционных работ, ведущему научному сотруднику Н. К. Ревкову за ценные замечания и консультацию, а также остальным сотрудникам отдела за совместную работу и помощь в сборе материала.

*Работа выполнена в рамках госзадания по теме «Закономерности формирования и антропогенная трансформация биоразнообразия и биоресурсов Азово-Черноморского бассейна и других районов Мирового океана», № АААА-А18-118020890074-2.*

## Список литературы

- Аносов С. Е. Характеристика фауны Азово-Черноморского бассейна. Качественные и количественные изменения за последнее столетие: дис. ... канд. биол. наук. – М.: ФГБНУ «ВНИРО», 2016. – 169 с.
- Блинова Е. И., Вилкова О. Ю., Милютин Д. М., Пронина О. А., Штрик В. А. Методы ландшафтных исследований и оценки запасов донных беспозвоночных и водорослей морской прибрежной зоны // Изучение экосистем рыбохозяйственных водоёмов, сбор и обработка данных о водных биологических ресурсах, техника и технология их добычи и переработки. – 2005. – Вып. 3. – 134 с.
- Грезе И. И. Фауна Украины. Высшие ракообразные. Бокоплавы. – Киев: Наукова думка 1985. – Т. 26, вып. 5. – 172 с.
- Гринцов В. А. Динамика структуры популяций двух видов бокоплавов рода *Echinogammarus* (Gammaridae, Amphipoda) из бухты Ласпи (Крым, Чёрное море) // Морской биологический журнал. – 2016. – Том 1, № 3. – С. 22–26.
- Кобякова З. И., Долгопольская М. А. Отряд десятиногие – Decapoda. Определитель фауны Чёрного и Азовского морей. – 1969. – Т. 2. – С. 270–299.
- Макаров М. В., Бондаренко Л. В., Витер Т. В., Подзорова Д. В. Обрастания твёрдых искусственных субстратов в сезонном аспекте у побережья Севастополя (юго-западный Крым, Чёрное море) // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского Биология. Химия. – 2019. – Том 5 (71), № 2. – С. 116–131.
- Нестерова Р. А. Оценка качества воды и грунта бухты Ласпи (Чёрное море) после аварии сухогруза «Кристина» // Экология моря. – 2000. – Т. 50. – С. 88–90.
- Панкеева Т. В., Миронова Н. В. Пространственно-временные изменения макрофитобентоса акватории бухты Ласпи (Крым, Чёрное море) // Океанология. – 2019. – Т. 59, № 1. – С. 93–107.
- Петров А. Н. Прибрежные акватории // Перспективы создания единой природоохранной сети Крыма. Симферополь: Крымучпедгиз, 2002. – С. 170–182.
- Петухов Ю. М., Шаловенков Н. Н., Ревков Н. К., Петров А. Н. Анализ пространственного распределения макрозообентоса в черноморской бухте Ласпи с использованием методов многомерной статистики // Океанология. – 1991. – Т. 3, вып. 5. – С. 780–786.
- Ревков Н. К. Таксономический состав донной фауны Крымского побережья Чёрного моря // Современное состояние биоразнообразия прибрежных вод Крыма (Черноморский сектор). – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2003. – С. 209–218, 326–338.
- Ревков Н. К., Николаенко Т. В. Биоразнообразие зообентоса прибрежной зоны южного берега Крыма (район бухты Ласпи) // Биология моря. – 2002. – Т. 28, № 3. – С. 170–180.
- Статкевич С. В. *Palaemon longirostris* (Decapoda: Caridea) – чужеродный вид в Российском секторе Чёрного моря // Российский журнал биологических инвазий. – 2019. – № 2. – С. 87–91.
- Тимофеев В. А., Симакова У. В., Спиридонов В. А. Первая находка восточной креветки *Palaemon macrodactylus* Rathbun, 1902 (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae) в территориальных водах России в Черноморско-Азовском бассейне // Российский журнал биологических инвазий. – 2019. – № 1. – С. 110–119.
- Bellan-Santini D. Ecology. The Amphipoda of the Mediterranean // Memoires de l'Institute oceanographique. – 1998. – Vol. 13, pt. 4. – P. 869–894.
- Karaman G. S. Genus *Echinogammarus* Stebbing. The Amphipoda of the Mediterranean // Memoires de l'Institute oceanographique. – 1982. – Vol. 13, pt. 1. – P. 271–282.

**Bondarenko L. V., Timofeev V. A. Taxocene Malacostraca of Laspi Bay water area (Black Sea) // Ekosistemy. 2021. Iss. 25. P. 41–48.**

The water area of Laspi Bay is located between the Cape Aya Nature Reserve and the coastal-actual complex near Cape Sarich. The benthic samples were collected during the summer period 2016–2019. The taxonomic diversity and current condition of the higher crustaceans, which live on the loose littoral and sublittoral bottoms of the bay, was assessed. 41 species of Malacostraca have been identified. They belong to 6 groups. In bay other Arthropoda representatives were found: *Amphibalanus improvisus* (Darwin, 1854) and Harpacticoida. The average biomass of higher crustaceans was  $0.454 \pm 0.228$  g/m<sup>2</sup>. The main role in its formation is played by Decapoda and is dominated by *Diogenes pugilator*. The average number of Malacostraca was  $280 \pm 158$  ind./m<sup>2</sup>. The highest percentage of occurrence and high density of settlement were recorded for Amphipoda. The ranked series by density index was headed by *D. pugilator*, *Echinogammarus foxi*, *Centraloecetes dellavallei* and *Echinogammarus karadagiensis*. The highest numbers were recorded at stations in the flood zone (0–0.5 m). High abundance and biomass concentrations of Malacostraca were recorded at the stations with sand and pebbles.

*Key words:* Malacostraca, taxonomic composition, abundance, biomass, Laspi Bay, Black Sea.

Поступила в редакцию 23.10.20

Принята к печати 25.11.21

## Сезонные состояния фитообрастания берегозащитного гидротехнического сооружения (бухта Круглая, Черное море)

*Евстигнеева И. К., Танковская И. Н.*

*Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН  
Севастополь, Россия  
ikevstigneeva@gmail.com*

Исследованы видовой состав, экологическая и таксономическая структура, количественные характеристики и изменчивость фитообрастания берегового гидротехнического сооружения (бухта Круглая, г. Севастополь) весной, летом и осенью. Таксономический состав обрастания представлен 45 видами 29 родов, 19 семейств, 12 порядков, 4 классов отделов Chlorophyta, Ochrophyta и Rhodophyta. Таксономическими лидерами сообщества являются Rhodophyta, Cladophorales, Ceramiales, Ulvaceae, Cladophoraceae, Ceramiaceae, *Ulva*, *Cladophora*, *Ceramium*, экологическими – морские, ведущие, однолетние и олигосапробные виды. В обрастании преобладают виды с высоким и средним показателем встречаемости. Наибольшую устойчивость проявляют большинство пропорций таксонов и экологических групп. Сезонным колебаниям подвержены таксономическое разнообразие всего фитообрастания, его Rhodophyta, константного ядра флоры, малозначимых видов и некоторых экогрупп, встречаемость видов, фитомасса, степень дискретности сообщества и качественный состав его продукционных доминантов и субдоминантов. Каждый сезон изменчивость видового состава соответствует норме для биологических объектов, степень варибельности фитомассы выше.

*Ключевые слова:* фитообрастание, видовой состав, экологическая структура, фитомасса, доминанты, изменчивость, сезон, гидротехническое сооружение (буна), Крым, Черное море.

### ВВЕДЕНИЕ

Действующая Федеральная целевая программа по социально-экономическому развитию Республики Крым и города Севастополя включает субсидирование берегозащитных мероприятий, осуществление которых должно основываться не только на генеральной схеме берегозащиты конкретного региона, но и учитывать научно-обоснованные рекомендации, выработанные на базе данных натуральных наблюдений за состоянием прибрежной экосистемы (Удовик и др., 2017). Важной составляющей такой экосистемы является фитоперифитон искусственных субстратов и гидротехнических конструкций. Одним из признаков фитоценозов является способность их изменяться в течение года, находясь в различных состояниях в границах некоторой амплитуды сезонных и годичных вариаций абиотических и биотических факторов среды. Ранее было установлено, что сезонная смена макрофитов в Черном море выражена резко и обусловлена в основном температурным и световым режимом, наличием биогенов и особенностями онтогенеза самих водорослей (Калугина-Гутник, 1975). К сожалению, сезонная динамика фитообрастания в Черном море исследована мало, что, в частности, снижает объективность его типизации. Помимо этого, результаты фенологических наблюдений важны для практики многоцелевой марикультуры, индикации условий обитания гидробионтов и управления состоянием прибрежных экосистем, для создания базы данных, необходимых для разработки теоретических основ гидробиологии. В литературе имеются сведения о пространственной изменчивости фитообрастания ГТС, описание же сезонной динамики видового и экологического состава известно только для фитоперифитона в бухтах Ласпи и Карадагская (Евстигнеева, Танковская, 2010, 2014).

Актуальность проведения таких изысканий обоснована еще и тем, что изучению экосистемы бухты, функционирующей в условиях непосредственного прилегания к городским массивам и интенсивной рекреационной эксплуатации, уделялось мало внимания.

Поэтому целью работы стала оценка структурно-функциональной организации и изменчивости фитообрастания (ФО) берегового гидротехнического сооружения (ГТС) в разные периоды вегетации макроводорослей.

В задачи исследования входили определение видового состава и пропорций соподчиненных таксонов, описание экологической структуры, встречаемости и обилия макроводорослей обрастания ГТС, размещенного в бухте Круглая (г. Севастополь, «Парк Победы»), весной, летом и осенью.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследования стали макроводоросли, колонизирующие одно из пляжеудерживающих сооружений (буна) в бухте Круглая, в районе пляжа «Парк Победы» (рис. 1). Бухта расположена на северном побережье Гераклейского полуострова между бухтами Двойная и Стрелецкая в черте города Севастополь. Бухта мелководная и только на ее входе глубина достигает 15 м. На западном берегу бухты расположен городской пляж с сопутствующей инфраструктурой, функционирует лечебный госпиталь и аквапарк «Зурбаган». На восточном берегу находятся вертолетный завод, яхт-клуб и дикий пляж. В бухту выведен аварийный сток канализационных вод, который часто бывает причиной для закрытия пляжа. Тем не менее, химический анализ морской воды не обнаружил признаков антропогенной нагрузки на всей изучаемой акватории (Ломакин, Чепыженко, 2019). Городской пляж «Парк Победы» расположен в центральной части открытого участка береговой зоны. Здесь отсутствуют собственные источники поступления пляжеобразующего материала, а для блокирования вдольберегового перемещения наносов в 70-х годах прошлого века была построена бетонная набережная с пятью пляжеудерживающими бунами длиной 60 м (Удовик и др., 2017).

Отбор проб фитообрастания (ФО) проводили с боковой стенки одного из пяти гидротехнических сооружений (ГТС) весной (апрель), летом (июль) и осенью (ноябрь) 2018 года специальным скребком с площадью захвата 0,1 м<sup>2</sup> (Ильин, 1976). Станции отбора проб находились на одинаковом расстоянии от поверхности воды (приповерхностный горизонт высотой от 0 до 0,5 м). В каждый вегетационный период водорослей пробы собирали на 21 станции, равномерно расположенных вдоль буны. Общее количество проб равно 62.

В работе применена классификация Chlorophyta (Ch), Ochrophyta (Och) и Rhodophyta (Rh), принятая отечественными альгологами (Зинова, 1967; Калугина-Гутник, 1975), с учетом последних номенклатурных изменений (Guiry, Guiry, 2020). При анализе флористической структуры ФО ГТС применяли коэффициенты общности видов Жаккара  $K_j$  (%), дисперсности (рассеяния) фитоценоза (результат деления общего числа видов на среднее) и встречаемости видов  $R$  (%) видов (отношение числа станций, где зарегистрирован вид, к их общему числу), индекс Шеннона в модификации Вильма (Миркин и др., 1989; Розенберг, 2010; Шенников, 1964). При описании таксономической структуры учитывали сведения о пропорциях флоры и, в частности, родовой коэффициент (отношение вид / род). По индивидуальной фитомассе и с применением шкалы доминирования Г. Н. Любарского, базирующейся на данных об относительной фитомассе видов, определяли группы малозначимых и второстепенных видов, доминантов и содоминантов сообщества (Баканов, 2005). Виды по показателю их встречаемости на ГТС распределяли на группы постоянства (постоянные, добавочные, случайные) (Дажо, 1975), рассчитывали индекс гомотонности фитоценоза (J) (Миркин и др., 1989).

Экологический состав идентифицировали с учетом классификации макроводорослей, предложенной А. А. Калугиной-Гутник (Калугина-Гутник, 1975). Для описания изменчивости характеристик сообщества определяли лимиты, размах их вариации и среднее значение с доверительным интервалом (Лакин, 1973), а по коэффициенту вариации ( $C_v$ , %) определяли тип изменчивости биологических признаков («нормальный», «значительный», «большой», «очень большой», «аномально высокий») (Зайцев, 1990). Полученные данные



Рис. 1. Бухта Круглая

*a* – буны пляжа «Парк Победы» (западный берег бухты Круглая); *б* – общий вид бухты Круглая; *в* – буна.

были сопоставлены с результатами флористических исследований обрастания ГТС в бухте Ласпи (Евстигнеева, Танковская, 2010).

#### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

**Общая характеристика ФО ГТС.** За весь период исследований в обрастании ГТС были обнаружены макроводоросли 45 видов 29 родов, 19 семейств, 12 порядков, 4 классов отделов Chlorophyta (Ch), Ochrophyta (Och) и Rhodophyta (Rh). Видовое соотношение отделов свидетельствовало о примерно равном вкладе Ch и Och в таксономический состав ФО, гораздо меньшем, чем у Rh. Сопоставление полученных данных с результатами флористических исследований обрастания ГТС в бухте Ласпи (Евстигнеева, Танковская, 2010) показало отсутствие существенного различия и даже совпадение уровней ряда показателей у всего ФО и входящего в него Rh. Тем не менее, величины коэффициента Жаккара указывали на то, что качественные различия ФО в двух водоемах выражены сильнее. Попарное сравнение видового состава отделов в бухтах в один и тот же сезон позволило выявить лишь 42–44 %

одинаковых видов. Отмечено несовпадение видовой пропорции отделов. Тем не менее, Rh в обрастании ГТС неизменно занимал позицию таксономического лидера, особенно по числу видов и родов. Och, уступая Rh, одновременно превосходил Ch по числу надвидовых таксонов. Основу таксономического разнообразия составляли Florideophyceae, Ceramiales, Corallinales, Ectocarpales *Ulva*, *Cladophora* и *Ceramium*. Пропорции порядков, семейств, родов и видов в отделах и во всем ФО в разной степени не совпадали. Наибольшим своеобразием отличалась таксономическая пропорция Ch, которому принадлежал и самый высокий родовой коэффициент (2,5). У Och он был наименьшим среди отделов (1,0).

Экологический анализ показал, что идентифицированные виды по встречаемости и продолжительности жизни в Черном море, по отношению к солености и сапробности воды относились к 12 экологическим группам. Наибольшим числом видов были представлены ведущая, однолетняя, олигосапробная и морская группы (47–58 % общего видового состава). Гидрохимические исследования показали, что значения солености в поверхностном слое бухты Круглая колеблются в узком диапазоне (17,72–18,11 ‰), означающем наличие хорошего водообмена с прилегающей частью моря и отсутствие постоянных источников распреснения вод (Павлова и др., 2001). Очевидно, с этим и связано высокое развитие водорослей морской группы. Доминирование видов олигосапробной принадлежности может быть связано как с особенностями водообмена, так и с тем обстоятельством, что наносы антропогенного происхождения аккумулируются только в мелководной кутовой части бухты, где в период интенсивного поверхностного стока увеличивается мутность воды, повышается содержание токсичных веществ и биогенов. На остальной акватории признаки антропогенной нагрузки отсутствуют (Ломакин, Чепыженко, 2019). Ранее было показано, что повышение концентраций биогенов в бухте в отдельные периоды возможно, но без достижения экологически опасных уровней (Куфтаркова и др., 2008). В таких условиях успешно развивается олигосапробная флора.

Исследования выявили различие в группировании по отделам видов разной экологической принадлежности и в степени редукции экоспектров (табл. 1).

**Сравнительная характеристика сезонных состояний ФО ГТС.** Для описания особенностей распределения видов обрастания в разные сезоны воспользуемся данными о

Таблица 1

Экологический состав фитообрастания гидротехнических сооружений в бухте Круглая

Экогруппа	Chlorophyta		Ochrophyta		Rhodophyta	
	n*	%**	n	%	n	%
Редкая	6	43	1	11	3	14
Ведущая	5	36	7	78	15	68
Сопутствующая	3	21	1	11	4	18
Однолетняя	10	72	–	–	13	59
Многолетняя	1	7	5	56	6	27
Сезонная	3	21	4	44	3	14
Полисапробная	4	29	–	–	2	9
Мезосапробная	6	42	2	22	10	45
Олигосапробная	4	29	7	78	10	45
Солоноватоводно-морская	8	57	2	22	9	41
Морская	4	29	7	78	13	59
Солоноватоводная	2	14	–	–	–	–
Всего видов	14		9		22	

Примечание к таблице. \* – абсолютное число видов в группе, \*\* – доля видов от их общего числа в отделе (%).

встречаемости. На их основе было выделено константное ядро флоры, включающее 12 видов. То есть, в сообществе обрастания в любой сезон присутствовало по 27 % одинаковых видов. Больше всего видов со 100 %-ной встречаемостью было обнаружено среди Ch (36 % общего числа видов, которыми был представлен отдел), меньше всего – среди Och (11 %). Виды, входящие в константное ядро ФО, в основном относились к ведущим, морским, одно- и многолетним, олиго- и мезосапробным водорослям, занимающим первые позиции как в составе обрастания конкретного ГТС, так и во всем черноморском фитобентосе. Группирование видов на основе данных о межсезонной встречаемости в соответствии со шкалой Р. Даже показало отсутствие случайной группы с показателем R менее 25 % и примерно равное распределение видов между постоянной (R>50 %) и добавочной (R=25–50 %). Постоянные виды господствовали среди Ch, добавочные – среди Och, обе группы примерно поровну были представлены среди Rh.

Данные о встречаемости видов были привлечены для расчета индекса гомотонности (J) сообщества. Для этого они были сгруппированы в 5 классов постоянства с последующим определением их соотношения (Миркин и др., 1989). Немного превышая 1 (J=1,1), оно свидетельствовало о межсезонной однородности ФО.

Степень сходства (различия) видового состава во времени была определена с помощью коэффициента общности, рассчитанного для каждой пары сезонов. Относительно высокое сходство Ch было установлено при сравнении видовых списков весной и летом, летом и осенью (54 и 50 %). Видовой состав Och особенно сильно отличался весной и летом (K<sub>j</sub>=11 %), немногим меньше – в иные сравниваемые периоды (K<sub>j</sub>=43 %). Весной и осенью среди Rh была обнаружена половина одинаковых видов, в остальные пары сезонов их число было ниже. Коэффициент общности для всего ФО в разные пары сезонов достигал 41–49 % с максимумом между весной и осенью.

Анализ данных о составе и структуре ФО в разные периоды вегетации водорослей позволил выделить признаки, устойчивые или подверженные изменчивости во времени. Было установлено, что в любой из исследованных периодов вегетации ФО характеризовалось одной и той же пропорцией соподчиненных таксонов (3 вида : 2 рода : 1 семейство : 1 порядок) и соотношением семейство : порядок (1 : 1) в отделах (табл. 2).

Таблица 2

Сезонные изменения числа видов и таксономических пропорций во флоре обрастания

Отделы	Весна	Лето	Осень
Ch	12 / 1:1:1:4*	8 / 1:1:2:4	7 / 1:2:3:4
Och	7 / 1:1:2:2	3 / 1:1:1:1	3 / 1:1:1:1
Rh	17 / 1:1:2:3	10 / 1:2:3:3	15 / 1:2:3:4
Весь ценоз	1:1:2:3	1:1:2:3	1:1:2:3
Видовое соотношение Ch : Och : Rh	2:1:2,5	3:1:3	2:1:5

Примечание к таблице. Перед чертой правый слэш (/) – абсолютное число видов, за чертой – пропорция «порядок : семейство : род : вид».

В любой период вегетации Rh занимал позицию таксономического лидера, а Och отличался малым разнообразием видов и упрощенной таксономической структурой. Неизменным оставался перечень базовых таксонов. Ежегодно в ФО господствовали ведущие, однолетние, олигосапробные и морские виды, одинаковым числом видов были представлены постоянная и добавочная группы водорослей. Распределение видов по станциям всегда характеризовалось превосходством Rh по среднему числу видов и сохранением одного и того же типа вариаций этого показателя у Ch, Rh и фитообрастания в целом (рис. 2). Межсезонная изменчивость числа видов и, за небольшим исключением, внутрисезонная находилась в пределах «нормы» для признаков биологических объектов (табл. 3).

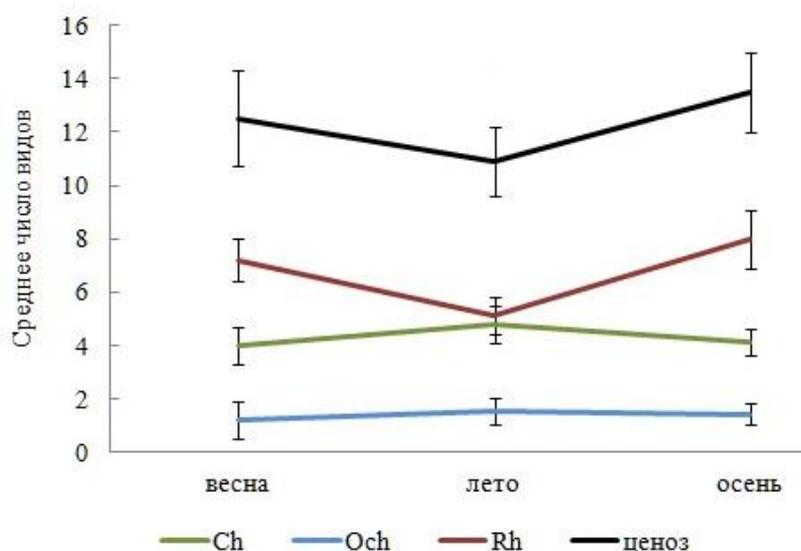


Рис. 2. Сезонные изменения среднего числа видов в отделах и ценозе

Имея самую высокую среднюю фитомассу, Rh в каждый сезон выполнял роль базового продуцента (рис. 3). Изменчивость его фитомассы и всего ценоза в исследованные периоды вегетации имела умеренный характер, тогда как у других отделов она была интенсивнее (табл. 3). В системе продукционного доминирования отсутствовали абсолютные доминанты и преобладали малозначимые виды с низкой относительной фитомассой. Вариабельность индекса Шеннона на станциях, независимо от сезона, была в пределах «нормы».

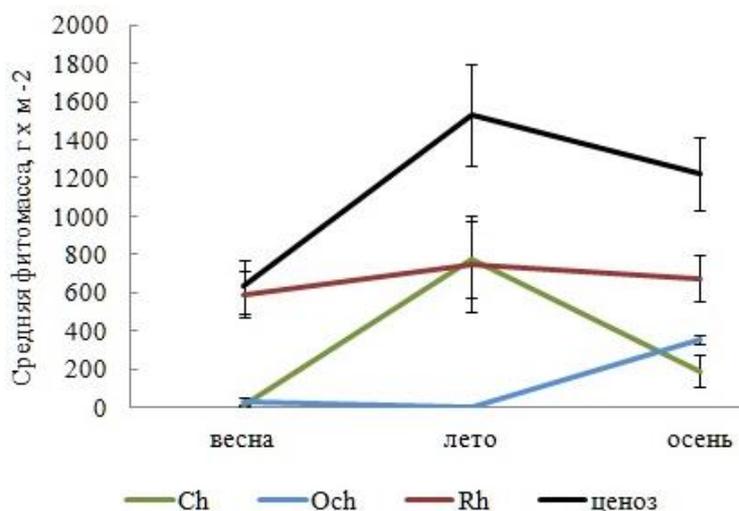


Рис. 3. Сезонные изменения средней фитомассы в отделах и ценозе

Сезонным колебаниям прежде всего было подвержено общее таксономическое разнообразие ФО с максимумом весной и минимумом летом. Осенью наблюдался второй пик разнообразия сообщества, не достигающий весеннего уровня. Такой ход изменений состава ФО не отличается от подобного в бентосных фитоценозах и соответствует сезонным особенностям окружающей среды. Весной с прогревом воды до +15 °С начинается массовое развитие однолетних и сезонно-летних видов, продолжается вегетация сезонно-зимних

Таблица 3

Типы изменчивости видового состава и фитомассы обрастания (по Г. Н. Зайцеву, 1990)

Отдел	Внутрисезонная изменчивость			Межсезонная изменчивость
	Весна	Лето	Осень	
Число видов				
Ch	Верхняя норма	Верхняя норма	Нижняя норма	Нижняя норма
Och	Аномально высокая	Очень большая	Значительная	Нижняя норма
Rh	Верхняя норма	Верхняя норма	Верхняя норма	Нижняя норма
Весь ценоз	Верхняя норма	Нижняя норма	Нижняя норма	Нижняя норма
Фитомасса				
Ch	Аномально высокая	Значительная	Большая	Аномально высокая
Och	Аномально высокая	Аномально высокая	Очень большая	Аномально высокая
Rh	Значительная	Значительная	Верхняя норма	Нижняя норма
Весь ценоз	Значительная	Верхняя норма	Верхняя норма	Верхняя норма

водорослей. Летом повышается не только температура воды, но и степень инсоляции. В теплый период года для бухты характерна двухслойная структура вод и слабое вентилирование придонного слоя, способствующего интенсивному расходованию кислорода в различных биолого-химических процессах (Orekhova, Kopovalov, 2018). В это время на самых мелководных участках бухты и приповерхностных частях гидротехнических сооружений заросли водорослей подвергаются обнажению, снижается их фотосинтетическая активность, слоевища обесцвечиваются, происходит разрушение старых растений или опад генеративных ветвей, наблюдается массовое появление проростков малых размеров и массы, завершается вегетационный период у многих сезонных форм.

Осенью активизируется ветровое волнение, оказывающее элиминирующее воздействие на структуру фитоценоза, итогом которого может быть снижение видового разнообразия. Вместе с тем, поздней осенью, как и весной, процессы фотосинтеза протекают активно, у большинства многолетних форм развиваются репродуктивные органы, вновь появляются виды сезонно-зимней группы. Сезонная динамика сопровождается увеличением от весны к осени степени видового доминирования Rh и разнообразия константного ядра флоры, возрастает средняя встречаемость видов в каждом отделе (рис. 4, 5). Межсезонная изменчивость среднего числа видов в группах постоянства и показателя встречаемости представителей разных отделов является нормальной.

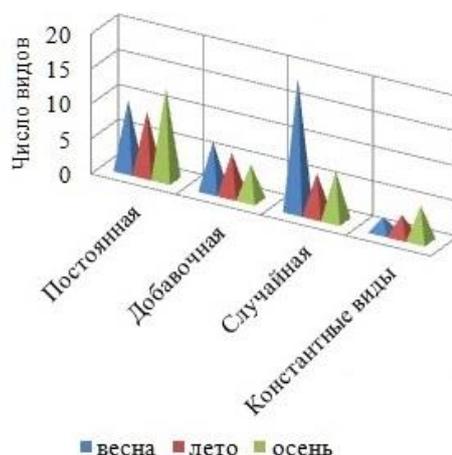


Рис. 4. Распределение видов между группами постоянства в разные сезоны

Другим проявлением динамики в указанном временном направлении является уменьшение величины родового коэффициента, снижение видового разнообразия малозначимых видов, а также таких экологических групп, как ведущая, редкая, солоноватоводно-морская и солоноватоводная (рис. 6). Межсезонная изменчивость среднего числа видов большинства экогрупп относится по типу к «нормальной» ( $C_v$  не выше 44 %). Со временем уменьшается среднее число видов Rh и всего ФО, отмечено резкое снижение видового разнообразия коротковегетирующих компонентов ФО и мезосапробионтов летом. Изменениям подвергается и соотношение групп видов с разной степенью постоянства. Так, весной с активизацией ростовых процессов у многих видов, пополнением состава ФО сезонно-летними видами и исчезновением представителей сезонно-зимней группы в обрастании господствуют случайные виды, летом, по мере формирования более зрелого сообщества, доминирование переходит к постоянным видам, доля случайных и добавочных видов становится равно меньшей. Осенью с усилением ветро-волновой активности в обрастании преобладают постоянные виды с показателем встречаемости более 50 %. Динамика фитомассы фитоценоза и составляющих его отделов характеризуется летним максимумом и отсутствием сезонной приуроченности минимума.

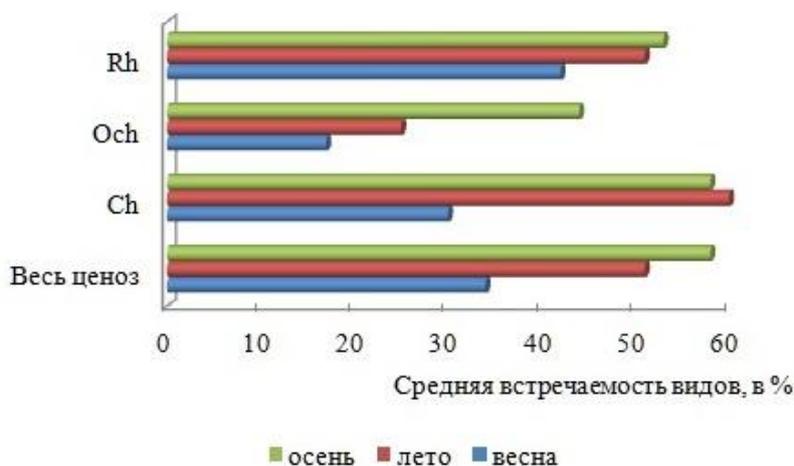


Рис. 5. Средняя встречаемость видов в разные сезоны

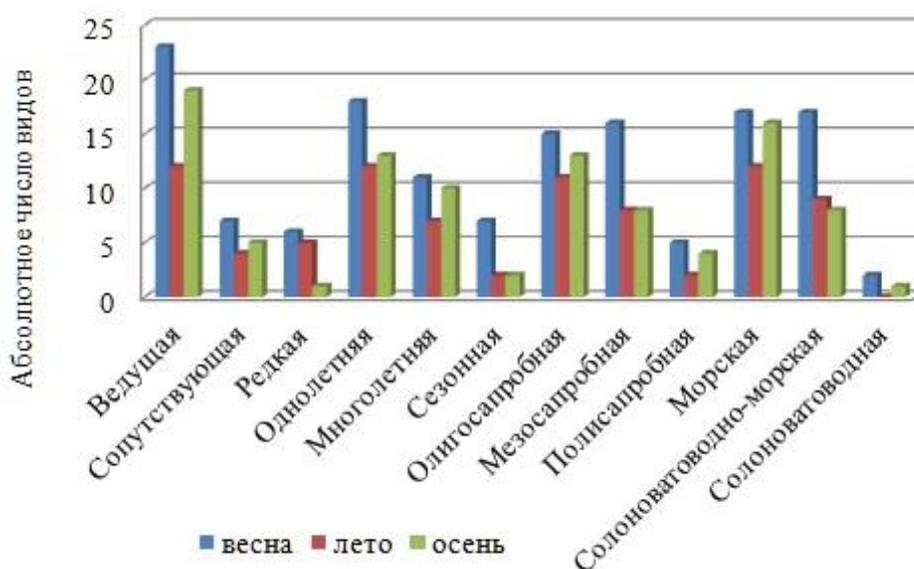


Рис. 6. Экологический спектр групп в разные сезоны

Прослеживается сезонная динамика и качественных показателей. Так, константное ядро флоры обрастания весной было сформировано исключительно представителями Rh, летом – Ch, осенью максимально высокой встречаемостью отличались виды обоих отделов. Величина коэффициента дискретности (рассеяния) показывала, что со сменой сезонов трансформируется равномерность сложения ценоза обрастания. Это качество ценоза было наиболее выражено весной, в остальное время степень его выравниваемости была меньше. В большинстве случаев от весны к осени наблюдалось снижение интенсивности вариаций фитомассы по станциям.

Сезонные преобразования претерпевает качественный состав доминантов и субдоминантов. Весенний период был отмечен продукционным господством *Gelidium crinale* (Hare ex Turner) (Rh), летний – *Cladophoropsis membranacea* (H. Bang ex C. Agardh) (Ch), осенний – *Carpodesmia crinita* (Duby) Orellana & Sansón in Orellana, Hernández & Sansón (Och) и вновь *G. crinale*. Субдоминантная группа характеризовалась наибольшим разнообразием летом, чему соответствовал и максимум индекса Шеннона ( $2,2 \pm 0,1$ ) (рис. 7).

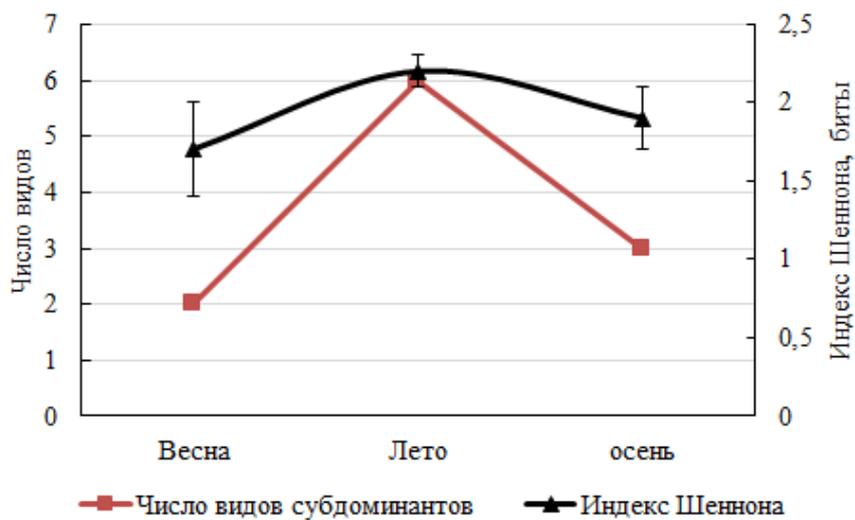


Рис. 7. Сезонное распределение видов субдоминантов и индекса Шеннона

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Гидробиотические исследования фитообрастания ГТС в бухте Круглая позволили впервые описать особенности его видовой структуры, таксономические пропорции, экологический состав, количественное соотношение видов разной экологической принадлежности, а также продукционный потенциал весной, летом и осенью. Фитообрастание в районе исследования представлено 45 видами 29 родов, 19 семейств, 12 порядков, 4 классов отделов Chlorophyta, Ochrophyta и Rhodophyta. Таксономическими лидерами сообщества являются Rhodophyta, Cladophorales, Ceramiales, Ulvaceae, Cladophoraceae, Ceramiaceae, *Ulva*, *Cladophora*, *Ceramium*, экологическими – морские, ведущие, однолетние и олигосапробные виды. В обрастании преобладают виды с высоким и средним показателем встречаемости.

Установлено, что большинство пропорций соподчиненных таксонов и характер распределения видов между отделами, экогруппами, группами постоянства и продукционного доминирования проявляют относительно высокую устойчивость.

Сезонным колебаниям подвержены таксономическое разнообразие ФО, Rhodophyta, константного ядра флоры, малозначимых видов, части экогрупп, встречаемость видов, соотношение групп постоянства, фитомасса, степень дискретности сообщества и качественный состав его продукционных доминантов и субдоминантов. Изменчивость числа

видов в каждый сезон и между ними находится в пределах «нормы», установленной для биологических объектов, у фитомассы она интенсивнее.

Сочетание пространственно-временной устойчивости большинства пропорций таксонов и групп видов и изменчивости ряда качественных и количественных признаков ФО наглядно демонстрирует действие принципа «конгенерического гомотаксиса» в прибрежной экосистеме, элементами которой являются водоросли перифитона.

*Работа выполнена в рамках госзадания ФГБУН ИМБИ. № АААА-А18-118021350003-6 «Исследование механизмов управления продукционными процессами в биотехнологических комплексах с целью разработки научных основ получения биологически активных веществ и технических продуктов морского генезиса».*

### Список литературы

- Баканов А. И. Количественная оценка доминирования в экологических сообществах / [Ред. чл.-корр. РАН Г. С. Розенберг]. – Сборник научных трудов. Количественные методы экологии и гидробиологии. – Тольятти: СамНЦ РАН 2005. – С. 37–68.
- Дажо Р. Основы экологии. – Москва: Изд-во Прогресс, 1975. – 245 с.
- Зайцев Г. Н. Математика в экспериментальной ботанике. – Москва: Наука, 1990. – 96 с.
- Зинова А. Д. Определитель зеленых, бурых и красных водорослей южных морей СССР. – Москва – Ленинград: Наука, 1967. – 397 с.
- Евстигнеева И. К., Танковская И. Н. Макроводоросли перифитона и бентоса побережья бухты Ласпи (Крым, Чёрное море) // Экология моря. – 2010. – Спец. вып. 81: Биотехнология водорослей. – С. 40–49.
- Евстигнеева И. К., Танковская И. Н. Макроводоросли биологического литоконтур акватории Карадагского природного заповедника (Крым) // Альгология. – 2014. – Т. 24, № 3. – С. 388–393.
- Ильин И. Н. К методике изучения обрастания в океане // Океанология. – 1976. – Т. 16, вып. 6. – С. 1122–1125.
- Калугина-Гутник А. А. Фитобентос Черного моря. – Киев: Наукова думка, 1975. – 248 с.
- Куфтаркова Е. П., Родионова Н. Ю., Губанов В. И., Бобко Н. И. Гидрохимическая характеристика отдельных бухт Севастопольского взморья // Труды ЮгНИРО. – 2008. – Т. 46. – С. 110–117.
- Лакин Г. Ф. Биометрия. – Москва: Высшая школа, 1980. – 293 с.
- Ломакин П. Д., Чепыженко А. И. Течения и поля содержания общего взвешенного и растворенного органического веществ в водах Севастопольского взморья в августе 2019 года // Системы контроля окружающей среды. – 2019. – Вып. 4. – С. 60–65.
- Миркин Б. М., Розенберг Г. С., Наумова Л. Г. Словарь понятий и терминов современной фитоценологии. – М.: Наука, 1989. – 223 с.
- Павлова Е. В., Мурина В. В., Куфтаркова Е. А. Гидрохимические и биологические исследования в бухте Омега (Черное море, Севастопольский шельф) // Экологическая безопасность. – 2001. – № 2. – С. 159–176.
- Розенберг Г. С. Информационный индекс и разнообразие: Больцман, Котельников, Шеннон, Уивер ... // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. – 2010. – Т. 19 (2). – С. 4–25.
- Удовик В. Ф., Харитонов Л. В., Горячкин Ю. Н. Мониторинг состояния городских пляжей Севастополя // Экологическая безопасность. – 2017. – № 4. – С. 86–94.
- Шенников А. П. Введение в геоботанику [Ред. М. Х. Блюменталь]. – Ленинград: Изд-во Ленинградского университета, 1964. – 445 с.
- Guiry M. D., Guiry G. M. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway – <http://www.algaebase.org>. – Searched on 2020.
- Orekhova N. A., Kononov S. K. Oxygen and sulfides in bottom sediments of the coastal Sevastopol region of Crimea // Oceanology. – 2018. – Т. 58, N 5. – С. 679–688.

**Evstigneeva I. K., Tankovskaya I. N. Seasonal conditions of phyto-fouling of a coastal protection hydrotechnical structure (Kruglaya Bay, Black Sea) // Ekosistemy. 2021. Iss. 25. P. 49–59.**

The species composition, ecological and taxonomic structure, quantitative characteristics and variability of phyto-fouling of the coastal hydrotechnical structure (Kruglaya Bay, Sevastopol) in spring, summer and autumn were studied. The taxonomic composition of fouling is represented by 45 species of 29 genera, 19 families, 12 orders, 4 classes of the divisions Chlorophyta, Ochrophyta and Rhodophyta. The taxonomic leaders of the community are Rhodophyta, Cladophorales, Ceramiales, Ulvaceae, Cladophoraceae, Ceramiaceae, Ulva, Cladophora, Ceramium, ecological - marine, leading, annual and oligosaprobic species. The fouling is dominated by species with a high and medium frequency of occurrence. Most of the proportions of taxa and ecological groups are most resistant. The taxonomic diversity of the entire phyto-growth, its Rhodophyta, constant flora nucleus, minor species and some ecogroups, the occurrence of species, phytomass, the degree of community discreteness and the qualitative composition of its production dominants and subdominants are subject to seasonal fluctuations. Each season, the variability of the species composition corresponds to the norm for biological objects, the degree of variability of the phytomass is higher.

*Key words:* phytoperiphyton, species composition, ecological structure, phytomass, dominants, variability, season, hydraulic structures (the jetty), Crimea, the Black Sea.

*Поступила в редакцию 10.12.20*

*Принята к печати 11.01.21*

## Современное состояние рек бассейна озера Сегозеро (Сегозерское водохранилище, Республика Карелия)

Комулайнен С. Ф.<sup>1</sup>, Барышев И. А.<sup>1</sup>, Круглова А. Н.<sup>1</sup>,  
Галахина Н. Е.<sup>2</sup>, Никерова К. М.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Институт биологии Карельского научного центра РАН

<sup>2</sup> Институт водных проблем севера Карельского научного центра РАН

<sup>3</sup> Институт леса Карельского научного центра РАН

*komsf@mail.ru; i\_baryshev@mail.ru; biology@krc.karelia.ru; kulakovanata@mail.ru; knikerova@yandex.ru*

Рассмотрены химический состав воды, гидрографические и гидрологические характеристики речных участков и структура биологических сообществ в трех реках бассейна озера Сегозеро. Выполнен анализ видового состава, численности и биомассы фитоперифитона, зоопланктона и зообентоса. Проанализировано влияние природных и антропогенных факторов на химический состав воды и формирование структуры гидробиоценозов. В статье обсуждаются основные принципы изменения структуры и функционирования гидробиоценозов. Различия в структуре сообществ водных организмов обусловлены в первую очередь специфическими гидрографическими и гидрологическими характеристиками речных участков. Доминантный комплекс представлен небольшим набором видов, устойчивых к динамической нагрузке воды. Оценен трофический статус рек, их сапробиологическое состояние и значение отдельных сообществ и биотических индексов для биоиндикации экологического состояния рек. Мы пришли к выводу о том, что рассмотрение трех групп организмов позволяет осуществлять более полный и надежный мониторинг, чем оценка на основе одной группы. Численность и биомасса фитоперифитона, зоопланктона и зообентоса позволяют судить о достаточно высокой степени их развития, о жизненной активности и устойчивости. Структура гидробиоценозов сформирована видами, заметно различающимися по размеру – от нескольких микрон до нескольких сантиметров. Поэтому списки видов, доминирующих по численности и биомассе, заметно различаются.

*Ключевые слова:* гидробиоценоз, фитоперифитон, зоопланктон, зообентос, видовой состав, химический состав воды, озеро Сегозеро, Карелия.

### ВВЕДЕНИЕ

Территория республики Карелия обладает густой, хорошо развитой гидрографической сетью, включающей более 61 тысяч озер (Озера Карелии, 2013). Современное использование водоемов сопровождается их преобразованием, при этом часто происходило увеличение площади озер в результате образования водохранилищ. В настоящее время на территории республики насчитывается более 20 крупных водохранилищ площадью от 14 до 1250 км<sup>2</sup> (Разуваева, Потахин, 2010), без учета Верхнесвицкого (Онежского).

Функционирование водохранилищ, как и других водоемов определяется ландшафтом водосборной территории и уровнем антропогенной нагрузки на нее. Поэтому оценить состояние водохранилищ можно, исследуя химический состав и структуру гидробиоценозов водотоков, дренирующих территорию водосбора.

Озеро Сегозеро находится в Сегежском и Медвежьегорском районах Республики Карелия. В 1957 году в результате строительства плотины на реке Сегежа озеро превратилось в водохранилище, став одним из крупнейших водоемов (815 км<sup>2</sup>) не только Карелии, но восточной Фенноскандии в целом.

Плотность населения в регионе невысока. Сегодня здесь в бассейне озера Сегозеро (7480 км<sup>2</sup>) проживает менее 1300 человек, то есть <0,1 чел./км<sup>2</sup>. Ранее на озере было развито судоходство, пассажирские пароходы ходили вплоть до конца 50-х годов. До 80-х годов работали буксиры, которые занимались сплавом леса и рыболовецкие корабли. Сегодня экономическая деятельность практически прекращена, однако есть промысловый вылов рыбы, работает форелеводческое хозяйство, производящие более 6500 тонн форели в год.

В Сегозеро впадает много ручьев и река. Приток с водосбора составляет 2,094 км<sup>3</sup>. Вытекает река Сегежа. Водоем достаточно холодный, летом температура воды на поверхности редко превышает 16–17 °С.

Цель данной работы – оценить современное состояние водотоков бассейна озера Сегозеро по химическим показателям и структуре гидробиоценозов, выявить закономерности их формирования и таким образом получить фоновые данные для последующего их использования при организации мониторинга.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Отбор проб проводили с 30 июля по 3 августа 2020 года, фитоперифитона и зообентоса в реках Лужма, Гормозерка и Сегежа, а зоопланктона в Гормозерке и Сегеже.

Лужма (Селецкая) – берёт начало из восточной части Селецкого озера. Впадает в Сегозеро (63°16'59" с. ш. 33°22'55" в. д.). Длина реки 20 км, площадь бассейна 3700 км<sup>2</sup>. Длина реки составляет 20 км, площадь водосборного бассейна 3700 км<sup>2</sup>. Среднеголетний расход воды 38,55 м<sup>3</sup>/с. Верховьем реки Лужма можно считать реку Поруста, впадающую в озеро Селецкое (63°07'56" с. ш. 33°11'10" в. д.). До 1990-х годов по Лужме проводился молевой сплав леса, русло реки загрязнено последствиями лесосплава, санитарная очистка русла реки не производилась.

Гормозерка, в среднем течении Пюльва – берёт своё начало из озера Пюльвясьярви, протекает через Гормозеро. Ниже которого меняет своё название на Гормозерку, на этом небольшом участке значительный перепад (25 м) высот, много порогов. Впадает в Сегозеро в районе Кюльмесгубы: 63°10'56" с. ш. 33°25'57" в. д. Длина реки – 17 км, площадь водосборного бассейна – 138 км<sup>2</sup>.

Сегежа – вытекает из озера Сегозеро (63°24'32" с. ш. 33°59'36" в. д.), впадает в Выгозеро у города Сегежи (63°43'48" с. ш. 34°18'57" в. д.). Судосходна в нижнем течении. Длина реки – 59 км, площадь водосборного бассейна – 9140 км<sup>2</sup>. Среднегодовой расход воды в районе посёлка Попов Порог составляет 73,7 м<sup>3</sup>/с.

Бассейны исследованных рек расположены в зоне лесов умеренного климатического пояса. Подстилающие породы представлены гранитами, гнейсами и кварцитами. Основные гидрологические характеристики рек и морфометрия их водосборов приведены в таблице 1.

Таблица 1

Характеристика рек бассейна озера Сегозеро (Ресурсы..., 1972)

Река	L, км	Падение, м/км	S, км <sup>2</sup>	SL, %	SWL, %	Расход воды, м <sup>3</sup> /сек
Гормозерка	17,1	2,20	138	23,0	15	1,2
Лужма	20,0	0,76	3780	9,9	19	36,8
Сегежа	59,0	0,52	9140	19	9	73,7

Примечание к таблице. L – длина реки, S – площадь водосбора, SL – озерность, SWL – заболоченность.

Камеральная обработка и анализ качественного состава и количественного развития, отдельных видов проводились по отработанным авторами методам (Комулайнен и др., 1989; Комулайнен, 2003). Выделялись виды, доминирующие по численности (N) и биомассе (B). Для оценки качества воды рек по составу индикаторных видов рассчитывался индекс Пантле и Бук в модификации Сладечека.

Одновременно отбирались пробы для химического анализа воды. Химические анализы были выполнены в лаборатории гидрохимии и гидрогеологии ИВПС КарНЦ РАН по соответствующим методикам (Аналитические..., 2017). Химический анализ проб воды включал определение ее ионного состава (содержания главных ионов), величины рН и электропроводности, концентрации биогенных элементов (БЭ) (P<sub>мин</sub>, P<sub>общ</sub>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, N<sub>общ</sub>), Fe<sub>общ</sub> и Mn, а также косвенных показателей органического вещества (ОВ), цветность

(ЦВ), перманганатная окисляемость (ПО), химическое потребление кислорода (ХПК). Гумусность (Hum) была рассчитана по формуле (Лозовик, 2006):  $Hum = \sqrt{ЦВ \cdot ПО}$ . Этот показатель позволяет оценить количество аллохтонного ОВ, поступающего с водосборной территории.

Содержание тяжелых металлов в нитчатых водорослях определяли в реках Гарбозерка и Сегежа. Для выполнения химического анализа образцы были измельчены и минерализованы в микроволновой системе разложения (Berghof Speedwave MWS four digestion system, Германия) смесью азотной и соляной кислот осч (Вектон, Россия). Содержание металлов определяли атомно-абсорбционным методом с пламенной (Zn) и электротермической атомизацией (Cu, Pb) (AA-7000 и AA-6800 Shimadzu, Япония). В качестве калибровочных стандартов использовали сертифицированные многоэлементные растворы (Inorganic Ventures). Содержание металлов представлено в мг на кг абсолютно сухого материала. Исследования выполнены на научном оборудовании Центра коллективного пользования Федерального исследовательского центра «Карельский научный центр Российской академии наук».

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Начиная исследования мы предполагали, что химический состав вод и структура сообществ водных организмов в реках впадающих в Сегозеро (Гарбозерка, Лужма) находятся в естественном состоянии, а в истоке из Сегозера (река Сегежа) мы будем наблюдать изменения, связанные с увеличением антропогенной нагрузки.

Все рассмотренные водотоки являются слабоминерализованными ( $\Sigma_{\text{ион}}=11,6-22,0$  мг/л), гидрокарбонатного типа группы кальция (классификация Алекина) (табл. 2). Величина pH воды варьирует от 6,4 до 6,8, в соответствии с которой ее можно охарактеризовать как слабокислая.

Таблица 2

Ионный состав воды рек бассейна озера Сегозеро

Река	$\Sigma_{\text{ион}}$ , мг/л	$\Sigma_{\text{кат}}$ , ммоль·экв/л	pH	%-экв.	Классификация по Алекину
Гарбозерка	22,0	0,32	6,6	$Ca^{2+}(52)Mg^{2+}(34)Na^{+}(11)K^{+}(2)$ $HCO_3^{-}(74)A_{\text{орг}}(13)SO_4^{2-}(8)Cl^{-}(5)$	HCO <sub>3</sub> , Ca
Лужма	17,1	0,27	6,6	$Ca^{2+}(50)Mg^{2+}(28)Na^{+}(18)K^{+}(4)$ $HCO_3^{-}(60)A_{\text{орг}}(22)SO_4^{2-}(10)Cl^{-}(7)$	HCO <sub>3</sub> , Ca
Сегежа	18,2	0,26	6,8	$Ca^{2+}(46)Mg^{2+}(29)Na^{+}(18)K^{+}(5)$ $HCO_3^{-}(66)SO_4^{2-}(16)Cl^{-}(9)A_{\text{орг}}(8)$	HCO <sub>3</sub> , Ca

В распределении азотной группы во всех объектах доминирует  $N_{\text{орг}}$  (табл. 3), что является характерным для поверхностных вод Карелии (Лозовик, 2006). Концентрация  $P_{\text{общ}}$  изменяется в пределах от 12 до 31 мкг/л.

Таблица 3

Распределение биогенных элементов в воде рек бассейна озера Сегозеро

Река	Азотная группа, мгN/л	$P_{\text{мин}}$	$P_{\text{общ}}$
		мкгP/л	
Гарбозерка	$N_{\text{орг}}0,25NH_40,04NO_30,01NO_20,001$	<1	13
Лужма	$N_{\text{орг}}0,22NO_30,02NH_40,02NO_2<0,001$	6	21
Сегежа	$N_{\text{орг}}0,33NH_40,04NO_30,03NO_20,001$	<1	12

По косвенным показателям содержания органического вещества выделяется река Сегежа, в воде которой наблюдаются минимальные величины цветности, перманганатной окисляемости и химического потребления кислорода (табл. 4). В остальных реках содержание

ОВ по косвенным показателям близкое. Расчетное значение гумусности воды в реках Гарбозерка и Лужма составляет 31–33 ед., что соответствует мезогумусному классу вод, тогда как в реке Сегежа всего лишь 13 ед., то есть ее вода является низкогумусной.

Таблица 4

Косвенные показатели содержания органического вещества в воде рек озера Сегозеро

Река	ЦВ, град. Pt-Co шкалы	ПО	ХПК	Hum
		мгО/л		
Гарбозерка	80	12,1	34,6	31
Лужма	82	13,5	32,6	33
Сегежа	31	5,8	13,1	13

Примечание к таблице. ЦВ – цветность, ПО – перманганатная окисляемость, ХПК химическое потребление кислорода, Hum – гумусность.

Содержание Fe<sub>общ</sub> в исследованных водотоках изменяется в пределах 0,14–0,82 мг/л, Mn обнаружен в реках Гарбозерка (0,10 мг/л) и Лужма (0,01 мг/л). Наблюдается превышение предельно допустимой концентрации (ПДК) для рыбохозяйственных водоемов по железу (0,1 мг/л) (Нормативы..., 2016) во всех объектах, а по марганцу (0,01 мг/л) только в реке Гарбозерка, что является геохимической особенностью вод региона, а не показателем их загрязнения (Лозовик, 2006).

Показателем уровня антропогенной нагрузки является также концентрация тяжелых металлов в различных средах. Концентрации тяжелых металлов в перифитоне (*Zygnema* sp.) реки Гарбозерка оказалась выше отмеченной в реке Сегеже (табл. 5).

Таблица 5

Средние значения концентрации тяжелых металлов в перифитоне рек бассейна озера Сегозеро

Фитоперифитон ( <i>Zygnema</i> sp.)	Zn	Cu	Pb
	СР±ОС мг/кг		
Гарбозерка	414,8±52,3	8,6±2,1	10,0±1,4
Сегежа	53,2±12,7	7,6±1,6	14,8±1,6

Следует однако отметить, что значение концентраций тяжелых металлов на исследованных участках значительно ниже отмеченных для антропогенноизмененных водных экосистем Карелии и Мурманской области (Komulaunen, Morozov, 2007, 2010).

Видовой состав гидробиоценозов исследованных рек типичен для холодноводных, олиготрофных рек бореальной и субарктической зон с низкой минерализацией, не испытывающих значительной антропогенной нагрузки (Разнообразие биоты Карелии. 2003). Их особенность – высокая стабильность структуры доминирующего комплекса, таксономическая однородность группировок организмов, отсутствие массового развития видов-индикаторов загрязнения и евтрофирования.

В фитоперифитоне исследованных рек определено 50 таксонов водорослей рангом ниже рода, относящихся к 31 родам и 5 порядкам: Cyanophyta – 6 (12,0 %), Chrysophyta – 1 (2,0), Bacillariophyta – 29 (58,0), Chlorophyta – 13 (26,0), Rhodophyta – 1 (2,0 %) (табл. 6).

Однако реально структуру фитоперифитона определяют 8 видов (табл. 7), доминирующих в отдельных водотоках. Группировки фитоперифитона сформированы видами, широко распространенными в альгофлоре олиготрофных рек Карелии (Комулайнен, 2004а) и доминирующими в ранее исследованных притоках Белого моря (Komulainen, 2019; Комулайнен, 2020).

Таблица 6

Список таксонов, выявленных в фитоперифитоне в реках бассейна озера Сегозеро

Таксоны	Гарбозерка	Лужма	Сегежа
1	2	3	4
Cyanophyta			
<i>Anabaena</i> sp.	-	+	-
<i>Aphanizomenon flos-aquae</i> Ralfs 1886	-	+	+
<i>Calothrix kossinskaja</i> Poljanskij 1927	-	+	-
<i>Oscillatoria limosa</i> Agardh ex Gomont 1892	-	-	N
<i>Planktothrix agardhii</i> (Gomont) Anagnostidis 1988	N	+	-
<i>Tolypothrix tenuis</i> Kützing 1887	-	+	+
Chrysophyta			
<i>Dinobryon divergens</i> O.E. Imhof 1887	-	+	-
Bacillariophyta			
<i>Achnanthes minutissima</i> Kützing 1833	+	+	-
<i>Asterionella formosa</i> Hassall 1850	+	+	-
<i>Aulacoseira islandica</i> (O. Müller) Simonsen 1979	+	+	-
<i>Cyclotella radiosa</i> (Grunow) Lemmermann 1900	-	+	-
<i>Cymbella cessatii</i> (Rabenhorst) Grunow 1881	-	+	-
<i>Cymbella cymbiformis</i> Agardh 1830	+	-	-
<i>Cymbella gracilis</i> (Ehrenberg 1843) Kützing 1844	+	-	-
<i>Cymbella silesiaca</i> Blesch in Rabenhorst 1864	+	-	-
<i>Epithemia adnata</i> (Kützing) Brébisson 1838	-	+	-
<i>Eunotia pectinalis</i> (Kützing) Ehrenberg 1864	N	N	-
<i>Eunotia praerupta</i> Ehrenberg 1843	-	+	-
<i>Eunotia sudetica</i> O. Müller 1898	-	+	-
<i>Fragilaria arcus</i> (Ehrenberg) Cleve 1898	-	-	+
<i>Fragilaria capucina</i> Desmazieres 1925	-	-	N
<i>Fragilaria ulna</i> (Nitzsch) Lange-Bertalot 1980	+	+	+
<i>Frustulia rhomboides</i> (Ehrenberg) De Toni 1891	+	+	-
<i>Gomphonema acuminatum</i> Ehrenberg 1832	+	-	-
<i>Gomphonema clavatum</i> Ehrenberg 1832	+	-	+
<i>Gomphonema parvulum</i> (Kützing) Kützing 1849	+	-	-
<i>Gyrosigma acuminatum</i> (Kütz.) Rabenh.	-	+	-
<i>Navicula cryptocephala</i> Kützing 1844	-	+	-
<i>Navicula gottlandica</i> Grunow 1880	-	+	-
<i>Navicula trivialis</i> Lange-Bertalot 1980	-	+	-
<i>Navicula tuscula</i> Ehrenberg 1841	+	-	-
<i>Stauroneis anceps</i> Ehrenberg 1843	-	+	-
<i>Surirella biseriata</i> Brébisson 1835	-	+	-
<i>Surirella robusta</i> Ehrenberg 1841	-	-	-
<i>Tabellaria fenestrata</i> (Lyngbye) Kützing 1844	-	-	+
<i>Tabellaria flocculosa</i> (Roth) Kützing 1844	NB	NB	NB
Chlorophyta			
<i>Chaetophora elegans</i> (Roth) C. Agardh 1812	-	+	-
<i>Cosmarium impressulum</i> Elfving 1881	-	+	-
<i>Cosmarium meneghinii</i> Brébisson ex Ralfs 1848	-	+	-

Таблица 6 (продолжение)

1	2	3	4
<i>Cosmarium orbiculatum</i> Ralfs ex Ralfs 1848	-	-	-
<i>Cosmarium ornatum</i> Ralfs ex Ralfs 1848	-	+	-
<i>Cosmarium punctulatum</i> Brébisson 1856	-	-	-
<i>Cosmarium turpinii</i> Brébisson 1856	-	+	-
<i>Microspora amoena</i> (Kützing) Rabenhorst 1868	NB	-	-
<i>Spirogyra</i> sp.	+	-	-
<i>Sphaerocystis planctonica</i> (Korshikov) Bourrelly 1974	+	+	+
<i>Staurastrum paradoxum</i> Meyen ex Ralfs 1848	-	+	-
<i>Stigeoclonium tenue</i> (C. Agardh) Kützing 1843	-	+	-
<i>Ulothrix zonata</i> (F. Weber & Mohr) Kützing 1843	-	-	NB
Rhodophyta			
<i>Batrachospermum gelatinosum</i> (Linnaeus) De Candolle 1841	B	NB	-

Примечание к таблице. N – виды, доминирующие по численности; B – виды, доминирующие по биомассе.

Таблица 7

Основные показатели фитоперифитона в реках бассейна озера Сегозеро

Река	n	Численность		Биомасса	
		тыс., кл. /см <sup>2</sup>	Виды, доминирующие по численности	мкг/см <sup>2</sup>	Виды, доминирующие по биомассе
Гарбозерка	19	0,1–421,1	<i>Planktothrix agardhii</i> <i>Eunotia pectinalis</i> <i>Tabellaria flocculosa</i> <i>Microspora amoena</i>	0,01–15,2	<i>Tabellaria flocculosa</i> <i>Microspora amoena</i> <i>Batrachospermum gelatinosum</i>
Лужма	33	0,2–234,2	<i>Eunotia pectinalis</i> <i>Tabellaria flocculosa</i> <i>Batrachospermum gelatinosum</i>	0,01–5,7	<i>Tabellaria flocculosa</i>
Сегежа	11	0,2–348,0	<i>Oscillatoria limosa</i> <i>Fragilaria capucina</i> <i>Tabellaria flocculosa</i> <i>Ulothrix zonata</i>	0,01–6,8	<i>Tabellaria flocculosa</i> <i>Ulothrix zonata</i>

Примечание к таблице. n – число видов.

Большое влияние на формирование таксономического состава фитоперифитона в реках Гарбозерка и Лужма оказывает высокая заболоченность водосборов рек. Этим объясняется обилие ацидофильных форм (N%=52,3 и 55,4), характерных для альгофлоры болот (Штина и др., 1981). В альгоценозах обрастаний они представлены диатомовыми водорослями родов *Eunotia* и зелеными порядка *Desmidiaceae*. В то время как в реке Сегежа отмечено высокая численность алкалифилов (N%=47,2) и галофилов (N%=26,3), что в водотоках восточной Фенноскандии как правило связано с увеличением антропогенной нагрузки (Комулайнен, 2004б).

Среди 25 выявленных видов-индикаторов сапробности в обрастания наиболее разнообразны β-мезосапробы, а так как они и α-сапробы наиболее разнообразны среди доминирующих видов не удивительно что индекс сапробности изменяется от 1,2 до 1,4, что соответствует олигосапробной зоне.

В зоопланктоне реки Гарбозерка определено пять, а Сегежи 11 видов (табл. 8). Большинство из определенных видов являются эврибионтами, и в разных пропорциях были встречены в планктоне ранее исследованных притоков Белого моря (Комулайнен, Круглова,

2019). Некоторые виды (*Chydorus sphaericus*, *Acroperus harpae*, *Mesocyclops leuckarti*) обычны для болотных вод.

Таблица 8

Видовой состав зоопланктона в реках Гормозерка и Сегежа

Таксоны	Гарбозерка	Сегежа
Rotifera		
<i>Asplanchna priodonta</i> Gosse, 1850	-	+
<i>Kellicottia longispina</i> (Kellicott, 1979)	-	+
<i>Euchlanis</i> sp.	+	-
Cladocera		
<i>Holopedium gibberum</i> Zaddach, 1855	-	+
<i>Ceriodaphnia</i> cf. <i>dubia</i> Richard, 1894	-	+
<i>Daphnia</i> ( <i>Daphnia</i> ) <i>crustata</i> Sars, 1862	-	N
<i>Bosmina</i> ( <i>Eubosmina</i> ) cf. <i>coregoni</i> Baird, 1857	-	B
<i>Bosmina</i> ( <i>Eubosmina</i> ) cf. <i>gibbera</i> Schoedler, 1863	-	-
<i>Chydorus sphaericus</i> (O.F. Müller, 1785)	N	+
<i>Disparalona rostrata</i> (Koch, 1841)	NB	-
<i>Alona affinis</i> (Leydig, 1860)	+	-
<i>Acroperus harpae</i> (Baird, 1834)	NB	-
Copepoda		
<i>Eurytemora lacustris</i> Poppe, 1887)	-	N
<i>Eudiaptomus gracilis</i> (Sars, 1863)	-	NB
<i>Thermocyclops oithonoides</i> (Sars, 1863)	-	+
<i>Mesocyclops leuckarti</i> (Claus, 1857)	-	+

Примечание к таблице. N – виды, доминирующие по численности; B – виды, доминирующие по биомассе.

Количественные показатели планктонной фауны в реке Гарбозерка довольно низки (табл. 8). Основу численности (81,8 %) и биомассы (98,4 %) зоопланктона составляют клadoцеры. Олиго-бетта – мезосапробы составляют 75 % от всего количества видов. В зоопланктоне реки Сегежа среди 11 определенных видов две коловратки, 5 клadoцера и 4 копеподы (табл. 8). Численность и биомасса здесь значительно выше за счет планктостока из Сегозера. По численности (82,7 %) и по биомассе (62,3 %) в зоопланктоне преобладают ракообразные (табл. 9). Около 90 % от общего количества видов зоопланктона составляют о- и о-β-мезосапробы.

Таблица 9

Основные показатели зоопланктона в реках Гормозерка и Сегежа

Река	n	Численность		Биомасса	
		экз./м <sup>3</sup>	Доминирующие по численности виды	мг/м <sup>3</sup>	Доминирующие по биомассе виды
Гарбозерка	5	110	<i>Acroperus harpae</i> , <i>Chydorus sphaericus</i> , <i>Disparalona rostrata</i>	3,84	<i>Acroperus harpae</i> , <i>Disparalona rostrata</i>
Сегежа	11	750	<i>Daphnia crustata</i> , <i>Eudiaptomus gracilis</i> , <i>Eurytemora lacustris</i>	53,16	<i>Asplanchna priodonta</i> , <i>Eudiaptomus gracilis</i> , <i>Bosmina coregoni</i>

Примечание к таблице. n – число видов.

В составе макрозообентоса выявлено 79 видов и надвидовых таксонов, от 20 до 42 на станции. Большая часть таксономического состава (63 вида и таксона, 80 %) сформирована насекомыми (табл. 10).

Таблица 10

Таксономический состав макрозообентоса в реках бассейна озера Сегозеро

Таксон	Гарбозерка	Лужма	Сегежа
1	2	3	4
Nematoda spp.	+	-	+
Platyhelminthes, Rhabditophora			
<i>Planaria torva</i> (O. F. Müller, 1773)	+	+	-
Clitellata			
<i>Eiseniella tetraedra</i> Savigny, 1826	+	+	-
Enchytraeidae spp.	N	+	+
<i>Erpobdella octoculata</i> (Linnaeus, 1758)	B	+	+
<i>Glossiphonia complanata</i> (Linnaeus, 1758)	+	-	B
<i>Lamprodrilus isoporus</i> subsp. <i>variabilis</i> Svetlov, 1936	-	-	+
<i>Lumbriculus variegatus</i> (Müller, 1774)	+	+	-
<i>Piscicola</i> sp.	-	-	-
<i>Spirosperma ferox</i> Eisen, 1879	+	+	-
<i>Stylaria lacustris</i> (Linnaeus, 1767)	+	-	-
<i>Uncinaxis uncinata</i> (Ørsted, 1842)	+	-	-
Mollusca			
<i>Euglesa</i> sp.	B	NB	-
<i>Radix ovata</i> (Draparnaud, 1805)	-	-	B
<i>Sphaerium westerlundii</i> Clessin, 1873	B	-	-
Hydracarina spp.	-	-	+
Ephemeroptera			
<i>Baetis fuscatus</i> (Linnaeus, 1761)	+	+	+
<i>Baetis rhodani</i> (Pictet, 1843)	N	N	-
<i>Caenis</i> sp.	-	-	+
<i>Ecdyonurus joermensis</i> Bengtsson, 1909	-	-	+
<i>Habrophlebia</i> sp.	-	-	+
<i>Heptagenia dalecarlica</i> Bengtsson, 1912	+	+	-
<i>Heptagenia sulphurea</i> (Müller, 1776)	+	+	-
<i>Nigrobaetis digitatus</i> (Bengtsson, 1912)	+	-	-
<i>Paraleptophlebia submarginata</i> (Stephens, 1835)	+	-	-
<i>Procloeon bifidum</i> (Bengtsson, 1912)	-	-	+
<i>Serratella ignita</i> (Poda, 1761)	+	+	+
Plecoptera			
<i>Diura bicaudata</i> (Linnaeus, 1758)	+	+	-
<i>Isoperla difformis</i> (Klapálek, 1909)	+	-	-
<i>Leuctra fusca</i> (Linnaeus, 1758)	+	+	-
<i>Nemoura</i> sp.	-	+	-
<i>Taeniopteryx nebulosa</i> (Linnaeus, 1758)	+	+	-
Trichoptera			
<i>Agapetus ochripes</i> Curtis, 1834	-	+	-
<i>Arctopsyche ladogensis</i> (Kolenati, 1859)	-	B	-
<i>Brachycentrus subnubilus</i> Curtis, 1834	-	+	-
<i>Ceraclea</i> sp.	-	+	-
<i>Ceratopsyche newae</i> (Kolenati, 1858)	-	NB	-
<i>Ceratopsyche silfvenii</i> (Ulmer, 1906)	+	+	-
<i>Cheumatopsyche lepida</i> (Pictet, 1834)	+	+	-
<i>Hydropsyche pellucidula</i> (Curtis, 1834)	B	B	-
<i>Hydropsyche siltalai</i> Doehler, 1963	NB	+	-
<i>Ithytrichia lamellaris</i> Eaton, 1873	+	-	-
<i>Lepidostoma hirtum</i> (Fabricius, 1775)	+	+	-
<i>Neureclipsis bimaculata</i> (Linnaeus, 1758)	B	+	-

Таблица 10 (продолжение)

1	2	3	4
<i>Oxyethira</i> sp.	+	-	-
<i>Plectrocnemia conspersa</i> (Curtis, 1834)	-	-	-
<i>Polycentropus flavomaculatus</i> (Pictet, 1834)	+	-	-
<i>Rhyacophila nubila</i> Zetterstedt, 1840	B	B	-
<i>Sericostoma personatum</i> (Kirby & Spence, 1826)	+	-	-
<i>Stenophylax lateralis</i> (Stephens, 1837)	B	-	-
<i>Wormaldia subnigra</i> McLachlan, 1865	+	-	-
Odonata			
<i>Cordulegaster boltonii</i> Donovan, 1807	+	-	-
Coleoptera			
<i>Elmis aenea</i> (Müller, 1806)	+	+	-
<i>Hygrotus quinquelineatus</i> (Zetterstedt, 1828)	-	-	NB
<i>Limnius volckmari</i> (Panzer, 1793)	+	+	-
<i>Oulimnius tuberculatus</i> (Müller, 1806)	-	-	-
Diptera			
Ceratopogonidae spp.	+	-	-
<i>Dicranota bimaculata</i> (Schummel, 1829)	+	-	-
<i>Hemerodromia</i> sp.	+	-	-
Diptera, Simuliidae			
<i>Eusimulium angustipes</i> (Edwards, 1915)	+	-	-
<i>Odagmia argyreata</i> (Meigen, 1838)	+	+	-
<i>Simulium</i> sp.	+	+	-
Diptera, Chironomidae			
<i>Cricotopus</i> sp.	+	-	+
<i>Eukiefferiella</i> sp.	-	+	-
<i>Heterotrissocladius marcidus</i> (Walker, 1856)	-	+	+
<i>Microtendipes rydalensis</i> (Edwards, 1929)	-	+	-
<i>Nanocladius balticus</i> (Palmen, 1959)	+	+	-
<i>Orthocladius</i> sp.	+	N	+
<i>Parakiefferiella</i> sp.	+	-	-
<i>Polypedilum scalaenum</i> (Schrank, 1803)	+	-	-
<i>Procladius</i> sp.	N	+	N
<i>Rheocricotopus</i> sp.	N	+	-
<i>Rheotanytarsus</i> sp.	+	-	-
<i>Synorthocladius</i> sp.	-	-	+
<i>Tanypus</i> sp.	-	-	+
<i>Tanytarsus</i> sp.	+	-	-
<i>Thienemanniella</i> sp.	-	+	-
<i>Tvetenia</i> sp.	+	N	-
<i>Xenochironomus xenolabis</i> (Kieffer, 1916)	+	-	-

Примечание к таблице. N – виды, доминирующие по численности; B – виды, доминирующие по биомассе.

Обилие макрозообентоса в целом соответствует значениям, выявленным ранее для рек региона. Сообщества отличаются довольно высоким видовым богатством и разнообразием (табл. 11). Уровень развития количественных характеристик донных сообществ в целом соответствует выявленному ранее в реках северной части Республики Карелия (Барышев, 2015).

Значения индекса сапробности по Пантле-Букк рассчитанные по организмам зообентоса варьировали от 1,65 (река Лужма) до 2,06 (река Сегежа), что вполне соответствует фоновым значениям в регионе. Все полученные значения укладываются в β-мезосапробную зону, что

Таблица 11

Основные показатели зообентоса в реках бассейна озера Сегозеро

Река	n	Численность		Биомасса	
		тыс. экз./м <sup>2</sup>	Доминирующие по численности виды	г/м <sup>2</sup>	Доминирующие по биомассе виды
Гарбозерка	28	2,5–3,4	<i>Enchytraeidae</i> <i>Baetis rhodani</i> <i>Hydropsyche siltalai</i> <i>Procladius</i> sp., <i>Rheocricotopus</i> sp.	2,9–9,4	<i>Erpobdella octoculata</i> , <i>Euglesa</i> sp. <i>Sphaerium westerlundii</i> , <i>Hydropsyche pellucidula</i> , <i>Neureclipsis bimaculata</i> , <i>Rhyacophila nubile</i> , <i>Stenophylax lateralis</i>
Лужма	30	2,7–3,1	<i>Euglesa</i> sp., <i>Baetis rhodani</i> , <i>Ceratopsyche newae</i> , <i>Orthocladius</i> sp. <i>Tvetenia</i> sp.	6,4–11,7	<i>Euglesa</i> sp., <i>Arctopsyche ladogensis</i> , <i>Ceratopsyche newae</i> , <i>Hydropsyche pellucidula</i> , <i>Rhyacophila nubile</i>
Сегежа	20	2,1	<i>Hygrotus quinquelineatus</i> , <i>Procladius</i> sp.	4,3	<i>Glossiphonia complanata</i> , <i>Radix ovata</i> , <i>Hygrotus quinquelineatus</i>

Примечание к таблице. n – число видов.

указывает на отсутствие значительного органического загрязнения. Более высокие значения индекса в реке Сегежа, вероятно, вызваны спецификой биотопа – низкой (0,05 м/с) скоростью течения и накоплением органического вещества, выносимого из озера.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотренные водотоки являются типичными для водных объектов Карелии и характеризуются высоким содержанием аллохтонного органического вещества (за исключением реки Сегежи) и низкой минерализацией воды. Полученные данные о химическом составе воды рек Гарбозерка, Лужма и Сегежа позволяют отнести их к водотокам с низкой освоенностью водосбора. Точечные источники загрязнения на прилегающих территориях отсутствуют.

Хозяйственная деятельность на территории водосбора пока не вызывает коренных изменений в сообществах водных организмов. Некоторые различия видового состава и количественных показателей сообществ водных организмов объясняются, в первую очередь озерностью и заболоченностью водосборов. Следует при этом учитывать, что структура планктона в реках зависит от наличия проточных озер, а для бентоса и перифитона большое значение имеет характер подстилающих грунтов и субстрата.

Численность и биомасса фитоперифитона, зоопланктона и зообентоса позволяют судить о достаточно высокой степени их развития в речных водах, о высокой жизненной активности и устойчивости. Своеобразие структуры гидробиоценозов заключается в том, что они сформированы видами, заметно различающимися по размеру: от нескольких микрон до нескольких сантиметров. Поэтому списки видов, доминирующих по численности и биомассе, заметно различаются.

Индикационные возможности сообществ водных организмов достаточно высоки. Структура гидробиоценозов и рассчитанные индексы достаточно четко отражает трофический статус рек. Имеющиеся данные по отдельным экологическим группировкам гидробионтов дополняют друг друга, повышая объективность выводов. Судя по набору индикаторных видов, вода исследованных рек условно чистая. Воды исследованных водотоков пригодны для всех видов водопользования, в том числе для рекреации.

Наше предположение о том, что река Сегежа в большей мере подвергается влиянию хозяйственной деятельности, чем реки, впадающие в озеро, не подтвердилось. Во-первых, это можно объяснить тем, что в последние годы активность хозяйственной деятельности на акватории озера невелика. Во-вторых, небольшие по размеру русла рек Лужма и Гарбозерка расположены вблизи автомобильных дорог, неоднократно их пересекающих. Кроме того, положение о водоохранных зонах далеко не всегда выполняется. Это приводит к заилению русла и увеличению концентрации тяжелых металлов присутствующих в топливе автомашин.

*Финансовое обеспечение исследований осуществлялось из средств федерального бюджета на выполнение государственных заданий №№ 0221-2014-0005 и 0221-2014-0038.*

### Список литературы

- Аналитические, кинетические и расчетные методы в гидрохимической практике / [Под ред. П. А. Лозовика, Н. А. Ефременко]. – СПб: История, 2017. – 272 с.
- Барышев И. А. Особенности формирования структуры макрозообентоса пороговых участков рек Карельского берега Белого моря // Труды Карельского научного центра РАН. – 2015. – № 1. – 29–36.
- Комулайнен С. Ф. Фитоперифитон рек Республики Карелия // Ботанический журнал. – 2004а. – Т. 89, № 3. – С. –18–35.
- Комулайнен С. Ф. Экология фитоперифитона малых рек Восточной Фенноскандии. – Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, – 2004б. – 182 с.
- Комулайнен С. Ф. Фитоперифитон водотоков бассейна Белого моря (Мурманская область, Республика Карелия, Россия) // Альгология – 2020. – Т. 30, № 4 (в печати).
- Комулайнен С. Ф. Методические рекомендации по изучению фитоперифитона в малых реках. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН. – 2003. – 43 с.
- Круглова А. Н., Комулайнен С. Ф. Планктонная фауна рек Кемь, Ковда и их притоков (бассейн Белого моря, республика Карелия, Россия). Труды Кольского научного центра РАН. Прикладная экология Севера. – 2019. – № 7. – С 179–186. DOI: 10.25702/KSC.2307-5252.2019.4.74-82
- Комулайнен С. Ф., Круглова А. Н., Хренников В. В., Широков В. А. Методические рекомендации по изучению гидробиологического режима малых рек. Петрозаводск Карельский филиал АН СССР. – 1989. – 41 с.
- Комулайнен С. Ф., Чекрыжева Т. А., Вилянская И. Г. Альгофлора озер и рек Карелии. Таксономический состав и экология. – Петрозаводск. Карельский НЦ РАН – 2006 – 78 с.
- Лозовик П. А. Гидрогеохимические критерии состояния поверхностных вод гумидной зоны и их устойчивости к антропогенному воздействию: автореф. дис... докт. хим. наук. – М.: ГЕОХИ РАН, 2006. – 56 с.
- Нормативы качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения (Утв. Приказом Минсельхоза России от 13.12.2016 г. № 552).
- Озера Карелии / [Под ред. Н. Н. Филатова, В. И. Кухарева]. – Петрозаводск, Карельский НЦ РАН, 2014. – 464 с.
- Разнообразие биоты Карелии: условия формирования, сообщества, виды / [Под ред. Громцева А. Н., Китаева С. П., Крутова В. И., Кузнецова О. Л., Линдхольм Т., Яковлева Е. Б.]. – Петрозаводск: Карельский НЦ РАН. – 2003. – 262 с.
- Разуваева Ю. С., Потахин М. С. Изменение гидрографической сети Карелии в результате создания водохранилищ // Водная среда: обучение для устойчивого развития: Сборник научных статей. Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН / [Ред. Филатов Н. Н., Регеранд Т. И.]. – Петрозаводск: Карельский НЦ РАН. – 2010. – С. 112 – 116.
- Ресурсы поверхностных вод СССР: Основные гидрологические характеристики. Т. 2: Карелия и Северо-запад. Ч. 1. / [Под ред. Водогрецкого В. Е.]. – Л.: Гидрометеиздат, 1972. – 527 с.
- Штина Э. А., Антипина Г. С., Козловская Л. С. Альгофлора болот Карелии и ее динамика под воздействием естественных и антропогенных факторов. – Л.: Наука, 1981. – 269 с.
- Komulainen S. Phytoplankton of the Kem River and Its Tributaries (Republic of Karelia, Russia) // International Journal on Algae. – 2019. – Vol. 21, № 2. – P. 123–136. DOI: 10.1615
- Komulainen S. Morozov A. Spatial and temporal variation of heavy metal levels in phytoplankton in small streams of Northwest Russia // Archiv Hydrobiology. – 2007. – Vol. 161, N 3–4. – P. 435–442.
- Komulainen S., Morozov A. Heavy metal dynamics in the periphyton in small rivers of Kola Peninsula // Water Resources. – 2010. – Vol. 37, N 6. – P. 874–878.

**Komulaynen S. F., Barihshev I. A., Kruglova A. Galakhina N. E., Nikerova K. M. The current state of the watercourses of the Lake Segozero Basin (Segozero Reservoir, Republic of Karelia, Russia) // Ekosistemy. 2021. Iss. 25. P. 60–71.**

The chemical features and the structure of biological communities in the in the three watercourses of Segozero Lake basin. Analysis for the species composition, abundance and biomass of phytoperiphyton, zooplankton, and zoobenthos was carried out. The effect of natural and anthropogenic factors on the formation of the chemical features and structure of lake hydrobiocenoses was analyzed. Variations in the structure of aquatic organism communities are due primarily to specific hydrographic and hydrological characteristics of river stretches. The paper is discussed the main principles of the changes in a structure and functioning of hydrobiont communities in rivers. The trophic status of the rivers, their saprobiological slate, and the significance of individual communities and biotic indices for bioindication of the ecological state of the rivers, are estimated. We concluded that consideration of three groups of organisms enables more comprehensive and reliable monitoring than assessment based on a single group. The abundance and biomass of phytoplankton, phytoperiphyton, zooplankton, and zoobenthos suggest the relatively high degree of their development in lake water, as well as their activity and stability. A peculiarity of the structure of hydrobiocenoses is that they consist of species with appreciably different sizes: from several microns to several centimeters. Therefore, the lists of species dominating in terms of abundance and biomass differ appreciably.

*Key words:* rivers, Segozero Lake basin, chemical composition, hydrobiocenoses, taxonomy, ecology.

*Поступила в редакцию 15.11.20  
Принята к печати 08.12.20*

УДК 574.5:561.26/.27(571.54)

## О современном состоянии и многолетней динамике флоры и растительности озера Гусиное (Республика Бурятия)

Базарова Б. Б., Куклин А. П.

Институт природных ресурсов экологии и криологии Сибирского отделения РАН

Чита, Россия

[balgit@mail.ru](mailto:balgit@mail.ru)

В результате гидробиотических исследований, проведенных летом 2013–2014 годы на озере Гусиное (Республика Бурятия) было зарегистрировано 27 видов из 21 семейств. Установлено, что макрофиты произрастают до глубины 13,0 м. Показано, что современное состояние растительного покрова озера обусловлено комплексом факторов (строение литорали, динамика уровня воды, изменение температурного режима, состава вод и т. д.) как природного, так и антропогенного характера. В тоже время, в многолетнем аспекте, несмотря на значительную антропогенную нагрузку, доминантами растительности остаются Charophyta и Bryophyta. Появившийся в начале XX века чужеродный вид *Elodea canadensis* не оказывает явного влияния на аборигенные виды озера Гусиное.

*Ключевые слова:* водная растительность, экосистема озера, озеро Гусиное, харовые водоросли, мхи.

### ВВЕДЕНИЕ

Озеро Гусиное – крупнейшее озеро на Байкальской природной территории после озера Байкал, интенсивно подвергающееся химическому и тепловому загрязнению. В озеро более 50 лет сбрасываются карьерные (шахтные) воды Хольбольдзинского угольного разреза, возросло поступление недостаточно очищенных коммунально-бытовых вод из города Гусиноозерск. Озеро является водоёмом-охладителем Гусиноозерской тепловой электростанции, первый блок которой введен в строй в 1976 году, а шестой – в 1996 году. С 2014 года станция вышла на уровень мощности в 1100 МВт (Цыдыпов и др., 2017).

Озеро является ценным рыбохозяйственным водоемом, давно вызывает интерес краеведов, геологов и других исследователей (Кожов, 1950; Экология..., 1994; Гусиноозерская..., 2016). В начале XXI века внимание к озеру возросло в связи с ростом техногенной нагрузки и с появлением новой угрозы в виде биологических инвазий. Из компонентов экосистемы озера лучше всего изучены зоопланктон (Шевелева, 2015), зообентос (Семерной и др., 2014; Матафонов, Базова, 2018), популяции рыб (Бобков, Иметхенов 2011; Матвеев, 2017), паразитофауна рыб (Дугаров и др., 2017; Дугаров и др., 2018), а также бактериопланктон (Tsudenova et al., 2018). Практически неизученным оставался автотрофный блок. Информация о водных макрофитах имелась только по состоянию на 1927 (Гусиноозерская..., 2016), 1939 (Рыбопромысловая..., 1939) и 1947 годы (Кожов, 1950), причем, в этих работах были приведены данные лишь о массовых видах, создающих помехи рыбному промыслу. По состоянию на 1990–1991 годы имеются сведения о химическом составе *Potamogeton praelongus* Wulf (Экология..., 1994).

Цель данной работы – изучить современное состояние видового разнообразия и пространственной структуры водной и прибрежно-водной растительности озера Гусиное, а также проанализировать динамику растительности озера в многолетнем аспекте.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Озеро Гусиное имеет овальную форму, вытянутую с юго-запада на северо-восток (рис. 1). Площадь водосборного бассейна озера равна 924 км<sup>2</sup>, площадь водного зеркала составляет 164 км<sup>2</sup>, средний многолетний объем воды – 2,4 км<sup>3</sup> при средней глубине 15 м. Длина –

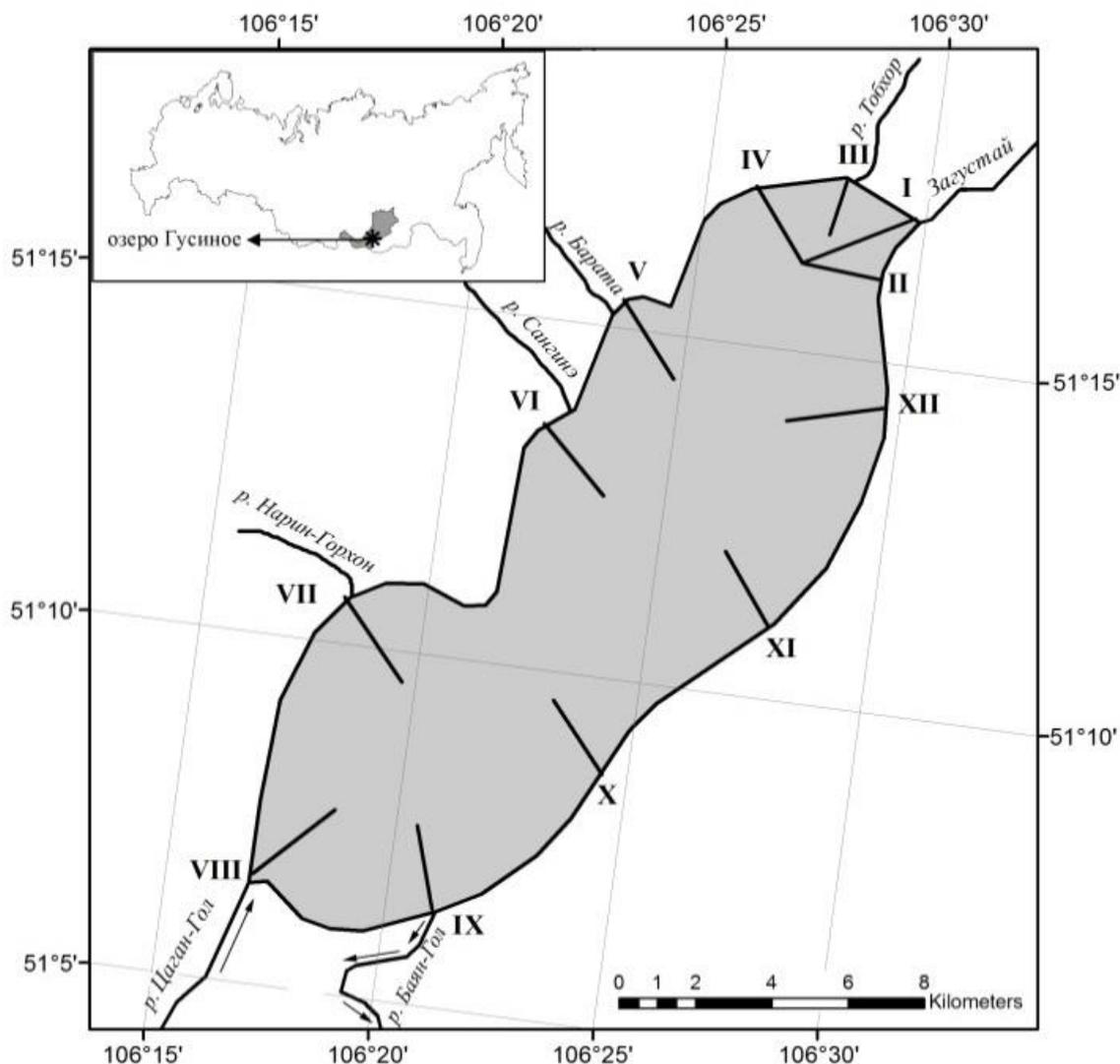


Рис. 1. Карта-схема озера Гусиное

Условные обозначения: I–XII – гидроботанические профили (пояснения в тексте).

24,8 км, средняя ширина – 8 км, наименьшая – 5,1 м, преобладающие глубины – 15–20 м, а наибольшая – 26 м. Чаша озера имеет корытообразную форму с двумя неравновеликими котловинами. Основные площади мелководий озера приурочены к северной и юго-западной прибрежным частям озера (Кожов, 1954; Богданов, 1977).

Озеро Гусиное относится к слабопроточным водоемам. Коэффициент условного водообмена равен 0,0125. В озеро впадает 9 рек, при высоком уровне воды вытекает река Байн-Гол в юго-восточной части озера. Береговая линия имеет плавные очертания, изредка усложняясь песчаными косами и конусами выноса устьев рек и несколькими неглубокими заливами в северо-восточной и юго-западной частях. С северо-запада в озеро вдается широкий мыс Чана, который сужает озеро и разделяет его на 2 котловины: южную (меньшую по площади, но более глубокую) и северную, занимающую основную часть озера (Экология..., 1994). Согласно В. Т. Богданову (1974) вскрытие озера ото льда происходило в мае, в июле – августе вода прогревалась до 15,0–21,5 °С. Увеличение объема теплых вод, сбрасываемых электростанцией непосредственно в озеро, привело к изменению его температурного режима. В настоящее время разрушение ледового покрова наблюдается в апреле – мае. Вследствие сброса подогретых вод в северной части водоема ледовый покров отсутствует весь зимний период. При этом площадь полыньи в течение зимы изменяется от

0,336 до 1,76 км<sup>2</sup> (Чебунина и др., 2016). В зимнее время температуры воды в сбросном канале и акватории озера различаются на 14–16 °С, а в летнее – на 11–14 °С (Цыдыпов и др., 2017). Распределение температур в толще воды озера достаточно равномерное: в зоне максимальных глубин различия между значениями поверхностного и придонного слоёв были в пределах 1,9–3,8 °С. До строительства ГРЭС (1974 г.) озеро характеризовалось значительной прозрачностью воды (зимой – 15 м, летом – 11 м) (Богданов, 1974). В мае 2013 года прозрачность воды по диску Секки составила 7,5 м. Концентрации кислорода в воде (как в поверхностном, так и в придонном слоях) были высокими вплоть до полного насыщения (Матафонов, Базова, 2018).

Грунты в озере не отличаются большим разнообразием. Прибрежная часть до изобаты 6 м занята песчаными и песчано-галечными грунтами. Вся глубинная, а также прибрежная полоса вдоль западного берега покрыты вязкими илами черного, изредка серого цвета (Экология..., 1994; Матафонов, Базова, 2018).

За период с 1970 по 1987 год интенсивной эксплуатации озера в нем повысилась минерализация, сменился гидрохимический тип вод (табл. 1) Концентрация сульфатов увеличилась в 2 раза, а с 1950 по 1990 год – почти в 5 раз (Экология..., 1994).

Таблица 1

## Динамика гидрохимического состава вод озера Гусиное

Показатели	Года		
	1974*	1990-1992**	2016***
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , мг/л	114,1–183	зима: 146–199, лето: 115–165	198–214
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> мг/л	8,2–22,1	35–67	66–73
Ca <sup>2+</sup> , мг/л	21,5–35,7	24–32	30–33
Na + K	до 30,4	36–43	–
Na, мг/л	–	–	49–54
pH	7,5–8,5	7,0–8,5	6,6–8,3
Минерализация, мг/л	весна: 282–342, лето: 75–252	100–300	380–400
Состав воды	гидрокарбонатно-кальциевые	гидрокарбонатно-кальциевые (или натриево-кальциевые)	сульфатно-гидрокарбонатно-кальциево-натриевый
O <sub>2</sub> мг/л	9,46–16,80	6–8	8,7–9,9
Cl <sup>-</sup> , мг/л	1,6–8,1	от десятых долей до 8–11	–

Примечание: «\*» – по Богданов, 1977; «\*\*» – по Экология..., 1994; «\*\*\*» – по Цыдыпов и др., 2017; «–» нет данных.

Для озера Гусиное характерны внутривековые и вековые циклы уровня режима. С 1700 по 1885 год в озере были выделены 5 максимумов и 5 минимумов, с 20–40-летней внутривековой периодичностью (Гусиноозерская..., 2016), на фоне которых В. А. Обязовым (2014) выделены вековые (120–125 лет) катастрофические циклы в истории озера Гусиное. Максимальная амплитуда колебания за период 1950–1990 год составляла 95 см (Экология..., 1994). Согласно данным В. А. Обязова (2014) с 1998 года на территории Забайкалья наступила маловодная климатическая фаза, характеризующаяся уменьшением количества атмосферных осадков, что обусловило снижение уровня вод в озерах, в том числе и в озере Гусиное.

Гидрботанические работы на озере Гусиное проведены в июле 2013–2014 годов с использованием общепринятых методов (Катанская, 1981), а также методик, апробированных авторами на водоемах Забайкалья (Базарова, 2012). При изучении растительного покрова в озере заложено 12 профилей (рис. 1), от уреза воды до максимальной глубины произрастания растений. Отбор фитомассы растений проведен прибором количественного учета гаммарид (КУГ, площадь захвата 0,25 м<sup>2</sup>), в сообществах харовых водорослей – дночерпателем Петерсена (площадь захвата 0,025 м<sup>2</sup>) которые использовались авторами при изучении сообществ водных растений и на других водоемах (Базарова, 2013). Всего было описано 89

укосов. Фитомасса растений приведена в абсолютно-сухом весе. В озере преобладают монодоминантные сообщества, графическое описание сообществ представляет собой последовательный перечень видов-доминантов сменяющихся по профилю нарастания глубины.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

**Флора озера.** Сравнительный анализ многолетней динамики водной и прибрежно-водной флоры озера Гусиное осложнен отсутствием детальных исследований макрофитов. В ранних работах (Гусинозерская..., 2016; Рыбопромысловая..., 1939) указаны только массовые виды, создающие помехи рыбному промыслу. Больше сведений о растениях озера приведено в работе М. М. Кожова (1950). Во флоре озера по состоянию на 1927 году было указано 4 вида (табл. 1), для 1936 года – сусак, тростник, лучица (хара), рдесты, мох и лютик (Рыбопромысловая..., 1939). В 1947 году было зафиксировано 9 видов, в настоящее время зарегистрировано 27 видов из 21 семейства (табл. 2). В целом, наши исследования являются первой специальной гидрботанической работой, поскольку предыдущие исследования были ориентированы на нужды рыбной отрасли, в задачи которых не входило исследование видового и ценотического состава растительности озера.

В 2013–2014 годах, по сравнению с 1947 годом, не отмечена *Nuphar* sp., в то же время зарегистрированы *P. amphibia*, *N. peltata* и *C. demersum*. Скорее всего, последние три вида и ранее произрастали в озере, однако не указывались, так как не представляли помех для рыбного промысла. В начале XX века в озеро Гусиное проник чужеродный вид водных растений – *E. canadensis*. В период наших исследований он встречался в устьевых участках и на мелководье озера вдоль северного, западного и южного побережий. В озере Гусиное *E. canadensis* не оказывает явного влияния на аборигенные виды. Согласно литературным данным, между харовыми водорослями и *E. canadensis* существуют конкурентные взаимоотношения (Синкявичене, 2010; Scheffer et al., 2007). Основным лимитирующим фактором для развития *E. canadensis* в экосистеме харовых озёр является не абсолютное валовое содержание Са в толще воды, а соотношение макрокомпонентов в водоёме (Van den Berg et al., 1999). Анализ химического состава водоемов Забайкалья (оз. Большая Еравна, Чивыркуйский залив и Посольский сор оз. Байкал), в которых *E. canadensis* распространена на больших площадях и формирует довольно плотные сообщества, показал, что в них концентрации ионов Са выше содержания таковых Mg, Cl и суммы ионов K и Na. В озерах Щучье, Гунда, Кенон и Гусиное, где доминирующим видом растительности являются харовые водоросли, *E. canadensis* укореняется локально небольшими зарослями на участках притока вод (заболоченные прибрежья или ручейки). При этом концентрации ионов Са в данных озерах ниже значений таковых Mg, Cl и суммы ионов K и Na (Базарова, 2015).

**Растительность озера.** Современная пространственная структура растительности озера Гусиное во многом обусловлена как особенностями строения литорали, так и антропогенной нагрузкой. В настоящее время на большей части бентали озера макрофиты произрастают до глубин 8,5–11,0 м, максимально до глубины 13,0 м на юго-западном мелководье озера.

Литораль до глубины 11 м занимает 50,7 % от общей площади озера. Литораль северной части озера находится под сильным воздействием сброса подогретых вод Гусиноозерской ГРЭС, в отводящем канале в которой располагаются садки осетрового рыбного хозяйства. В устьевой зоне реки Загустай происходит сброс очищенных сточных вод города Гусиноозерск, которые поставляют в озеро биогенные вещества. Здесь наблюдается позднее отмирание и раннее начало вегетации водных растений, массовое развитие нитчатых водорослей (глубины 2,0 м), являющихся индикаторами повышенной биогенной нагрузки.

На северном побережье озера было заложено 2 профиля: напротив реки Загустай (профиль I) и реки Тобхор (профиль III) (рис. 1). Профиль I имеет равномерный спад глубин, протяженность от уреза до 12 м составляет 2,5 км, преобладающие грунты – ил. Совокупность благоприятных факторов создают условия для развития зарослей *Ph. australis*, небольших

## Динамика водной флоры макрофитов озера Гусиное

Таксон	Года		
	1927*	1947***	2013–2014
<i>Chara fragilis</i> Desv.	–	++	+++
<i>Ch. vulgaris</i> L. (= <i>C. foetida</i> )	–	++	+
<i>Nitella opaca</i> L.	–	–	++
<i>Aegagropila linnaei</i> Kütz.	–	–	++
<i>Fontinalis antipyretica</i> Hedw.	–	+++	+++
<i>Sparganium natans</i> L.	–	–	+
<i>Potamogeton perfoliatus</i> L.	–	–	++
<i>P. compressus</i> L.	–	–	+
<i>P. crispus</i> L.	–	++	+
<i>P. praelongus</i> Wulf.	+	+++	+
<i>P. obtusifolius</i> Mert. et Koch	+	–	–
<i>Stuckenia pectinata</i> (L.) Börner	+	++	+
<i>S. vaginata</i> (Turcz.) Holub	+	–	++
<i>Sagittaria natans</i> Pall.	–	–	+
<i>Butomus umbellatus</i> L.	–	–	+
<i>Elodea canadensis</i> Michx.	–	–	++
<i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin. ex Steud.	–	+++	+++
<i>Scirpus radicans</i> Sch.	–	+	++
<i>Lemna minor</i> L.	–	–	++
<i>L. trisulca</i> L.	–	–	+
<i>Persicaria amphibia</i> (L.) S. F. Gray	–	–	+++
<i>Nuphar</i> sp.	–	++	–
<i>Ceratophyllum demersum</i> L.	–	–	+
<i>Batrachium</i> sp.	–	–	+
<i>Myriophyllum verticillatum</i> L.	–	+	–
<i>M. sibiricum</i> Kom	–	–	+
<i>Eleocharis acicularis</i> (L.) Roem et Sch.	–	–	+
<i>Hippuris vulgaris</i> L.	–	–	+
<i>Nymphoides peltata</i> (S.G. Gmel.) O. Kuntze	–	–	++
<i>Utricularia macrorhiza</i> Le Conte	–	–	+
ВСЕГО	4	9	27

Примечание: – – не указан; + – отмечен; ++ – субдоминант; +++ – доминант. \* – (Гусиноозерская..., 2016); \*\* – (Кожов, 1950).

группировок *P. amphibia* и сложной мозаичной структуры сообществ погруженных растений (до глубины 3,0 м). На 4-х метровой глубине растительность представлена пятнами харовых водорослей, плотность зарослей которых увеличивается на глубинах 6,0 м. На этих же глубинах выявлены отмирающие экземпляры *S. vaginata*. Скорее всего, *S. vaginata* имеет осенне-зимний период вегетации. Изменения в вегетационных сроках *S. vaginata* в озере Гусиное обусловлены влиянием теплых вод ГРЭС, что зафиксировано авторами на других водоемах-охладителях Забайкалья (Базарова, 2012). Последовательность распределения растительных сообществ на обследованном участке по градиенту глубины следующая (перечислены доминанты сообществ): *Ph. australis* (до глубин 0,5 м) → *P. crispus* + *P. perfoliatus* + *P. amphibia* (глубины 0,5–1,0 м) → *P. crispus* + *M. sibiricum* + *S. pectinata* (до 3,5 м) → Charophyta + *S. vaginata* (с 4,0 до 8,5 м) → Charophyta (до 10,0 м). Значения средней фитомассы приведены в таблице 3.

Таблица 3

Средняя фитомасса водной растительности озера Гусиное

N	Вид	Н, м	АСВ, г/м <sup>2</sup>	N	Вид	Н, м	АСВ, г/м <sup>2</sup>		
I	<i>P. amphibia</i>	1,5	5,6±2,8	V	<i>P. amphibia</i>	1,5	1,0±0		
	<i>P. crispus</i>		37,2±4,9		<i>P. perfoliatus</i>		1,0±0		
	<i>S. pectinata</i>		72,0±25,5		<i>E. canadensis</i>		32,0±16,97		
	<i>P. crispus</i>	2,0	124,0±53,7		<i>L. trisulca</i>	8,0±0,1			
	<i>M. sibiricum</i>	3,0	48,0±15,6		<i>E. canadensis</i>	2,0	226,4±117,1		
	<i>S. pectinata</i>		148,8±21,8		<i>Chara sp.</i>	661,52±27,2			
	<i>Chara sp.</i>	4,0	160,6±8,5		<i>Nitella sp.</i>	4,0	3226,0±789,13		
	<i>F. antipyretica</i>		1,1±0,1		<i>F. antipyretica</i>	6,0	4168,0±667,51		
	<i>Chara sp.</i>	6,0	290,4±63,9		<i>F. antipyretica</i>	8,0	652,0±113,14		
	<i>L. trisulca</i>		0,1±0		<i>L. trisulca</i>		2,0±0		
	<i>S. vaginata</i>		10,4±0,4		<i>Chara sp.</i>	10,0	261,5±27,6		
	II	<i>Chara sp.</i>	8,0		56,4±11,6	VI	<i>Chara sp.</i>	10,1	226,4±15,8
			2,0		48,8±22,1	VII	<i>Chara sp.</i>	4,0	405,4±151,7
III	<i>Chara sp.</i>	4,0	390,8±64,2	<i>F. antipyretica</i>	6,0		3224,0±1743,7		
		1,5	30,0±18,3	VIII	<i>P. amphibia</i>	1,5	15,0±3,5		
		2,0	10,0±0,1		<i>N. peltata</i>	1,5	14,6±4,7		
		4,0	157,2± 30,3		<i>E. canadensis</i>	2,0	221,3±55,6		
		6,0	661,5±184,9		<i>E. canadensis</i>	3,0	84,0±31,1		
8,0	321,3±48,6	<i>Chara sp.</i>	3,0		60,8±020,5				
I V	<i>P. amphibia</i>	1,5	3,6±1,0	<i>F. antipyretica</i>	4,0	875,28±0			
	<i>P. perfoliatus</i>		5,0±2,3	<i>Chara sp.</i>	6,0	129,4±88,1			
	<i>S. pectinata</i>		9,6±0,1	<i>F. antipyretica</i>	6,0	2287±193,75			
	<i>L. trisulca</i>		0,1	<i>A. linnaei</i>	8,0	494,5±0			
	<i>P. perfoliatus</i>	2,0	13,2±0,9	<i>A. linnaei</i>	10,0	15,4±0			
	<i>Chara sp.</i>	5,0	404,0±209,3	IX	<i>Chara sp.</i>	6,0	1922,5±0		
	<i>L. trisulca</i>		1,0±0		<i>F. antipyretica</i>		1,0±0		
	<i>Potamogeton sp.</i>		1,0±0		<i>S. pectinata</i>	1,0±0			
	<i>Chara sp.</i>		8,2		4084,0±1473,6	XII	<i>Chara sp.</i>	4,9	117,3±13,2
	<i>Chara sp.</i>	9,3	1892,0±65,1	<i>Chara sp.</i>	5,4		29,0±7,8		
<i>Chara sp.</i>				7,1	82,8±31,93				
X	<i>Chara sp.</i>	4,9	117,3±6,6	XI	<i>Chara sp.</i>	7,1	82,84±26,3		

Примечание: N – номер профиля; Н – глубина; АСВ – абсолютно-сухой вес растений; ± – стандартное отклонение.

Литораль в районе реки Тобхор (профиль III) (рис. 1) протяженностью 2,3 км характеризуется равномерным спадом глубин, грунт – ил. Расположение ГРЭС на берегу озера уменьшает доступ населения к данному участку. Это создает условия для сохранения мощных зарослей *Ph. australis*, в нижнем ярусе которых выявлены харофиты. Сообщества харовых водорослей и мха *F. antipyretica* чередуются вплоть до глубины 8,5 м. На данном участке озера отмечены сообщества *P. praelongus*, ранее (в 1947 году) указывающихся в роли доминантов растительного покрова озера. По мере нарастания глубины растительность образует следующий ряд (указаны доминанты сообществ): *Ph. australis* (до 0,3 м) → *P. praelongus* (1,0–2,0 м) ↔ *F. antipyretica* ↔ *Chara sp.* (1,0–8,5 м) (табл. 2).

Южное побережье озера обследовано в районе устья реки Цаган-Гол (профиль VIII) (рис. 1). На южном побережье большее влияние на структуру растительности оказывает мозаичный характер грунтов, неравномерный спад глубин. Здесь же создаются наиболее благоприятные условия для развития чужеродного вида *E. canadensis*. Данный район характеризуется сложным морфометрическим строением дна, наиболее протяженной литоралью (до глубины 13 м протяженность составляет около 5,0 км). Постепенное увеличение глубин до 4,0 м

(расстояние от уреза 1,2 км), на расстоянии  $\approx 2,0$  км сменяется на участок с глубиной 2,0 м, известным как «осередыш». На расстоянии 4,2 км идет резкий рост глубин до 10,0 м. Грунт до глубин 1,0 м песчано-галечный, на больших глубинах – ил, на «осередыше» – уплотненный галечник. Растительность представлена следующими группировками: *Ph. australis* (прибрежье изреженная полоса до глубин 0,3 м)  $\rightarrow$  *P. amphibia* (в устье, песок, галька, глубины 1,0–1,5 м)  $\leftrightarrow$  *N. peltata* (песок + ил, глубины 1,5–2,0 м)  $\leftrightarrow$  *E. canadensis* (ил, глубины 1,0–2,0 м)  $\rightarrow$  Charophyta (ил, глубины 3,0–4,0)  $\rightarrow$  *P. perfoliatus* (песок, ил, глубины 2,5 м) + *P. amphibia* (галька, ил, 2,0 м)  $\rightarrow$  Charophyta + *F. antipyretica* (ил, более 3,0 м) (табл. 3).

Различия в пространственной структуре растительности западного и восточного побережий обусловлены их положением относительно ветров, господствующих в период открытой воды.

Западный подветренный берег отличается большей изрезанностью береговой линии, наличием защищенных от волновой активности затишных участков бухт и заливов, в которых создаются благоприятные условия для развития растений. Литораль западного побережья озера изучена на 4 профилях (IV, V, VI, VII) (рис. 1), которые соответственно расположены напротив водозабора ГРЭС, рек Бараты, Сангинэ и Нарин-Горхон. Профиль IV характеризуется довольно резкими перепадами глубины от уреза до 4,0 м с последовательной сменой грунтов: с каменисто-галечных на песчаные, глубже – на песчано-илистые и илистые. Особенности строения литорали и характер грунта определили последовательность роста растений по градиенту глубины. На глубинах 1,5 м зафиксирован пояс зарослей *P. perfoliatus* и скопления *E. canadensis*, глубины с 2,0 до 8,0 м заняты Charophyta. Структура растительности следующая: *P. perfoliatus*  $\leftrightarrow$  *E. canadensis*  $\rightarrow$  Charophyta. Профиль V заложен в заливе Бараты, куда впадает одноименный ручей. При этом наличие некоторых закрытых условий залива определяет разнообразие растительного покрова. Здесь прибрежная часть немного заболочена, в урезовой зоне до изобаты 1,5 м встречаются группировки *P. perfoliatus*, *S. pectinata*, *E. canadensis*, *P. amphibia*, также отмечена *L. trisulca*. С глубины 2,0 м роль доминанта переходит к *F. antipyretica* с участием *N. opaca*. Смена растительности по градиенту глубины следующая: *P. perfoliatus*  $\leftrightarrow$  *S. pectinata*  $\leftrightarrow$  *E. canadensis*  $\rightarrow$  *F. antipyretica*  $\leftrightarrow$  *N. opaca*  $\leftrightarrow$  Charophyta (с глубины 1,5–2,0 до 8,5 м). Профили VI и VII имеют довольно крутой подводный склон, схожие характер грунта и структуру растительности. Здесь растительность выявлена с 2-х метровых глубин и представлена 2 видами из Charophyta и Bryophyta, образующих плотные заросли. Фитомасса *F. antipyretica* колеблется в пределах 652–4168 г/м<sup>2</sup>, *Chara* sp. – 226,4–4084 г/м<sup>2</sup>. В период исследований в придонном слое до глубины 3,0 м отмечены скопления нитчатых водорослей. Между профилями VII и VIII на глубинах около 5 м встречается *S. vaginata*. В целом, последовательность распределения сообществ на западном побережье можно объединить в виде обобщенного ряда: *P. perfoliatus*  $\leftrightarrow$  *S. pectinata*  $\leftrightarrow$  *E. canadensis*  $\leftrightarrow$  *P. amphibia* (от уреза до 1,5 м)  $\rightarrow$  *F. antipyretica*  $\leftrightarrow$  *Nitella* sp.  $\leftrightarrow$  *Chara* sp. (с глубины 1,5–2,0 до 8,5 м) (табл. 3).

Восточное побережье озера (профили II, IX, X, XI, XII) (рис. 1) подвержено волновой активности, что обуславливает характер распределения грунтов и бедность сообществ. Так, с уреза до глубины 4,0 м дно песчаное, на глубинах более 4,0 м – илистое. Харовые водоросли произрастают на глубинах от 4,0 до 11,0 м. При этом водоросли характеризуются небольшими значениями фитомассы, в пределах 29,0–129,44 г/м<sup>2</sup>. Профиль II расположен на северо-западном побережье, где находится город Гусиноозерск. Растительный покров в виде изреженных полос *N. peltata* выявлен на глубине 1,5 м, который сменяются на харовый. В период исследований на глубине 2,0 м зафиксированы скопления нитчатых водорослей, что может свидетельствовать о биогенной нагрузке с территории города. Профиль IX заложен в истоке реки Баин-Цаган, характеризуется широким песчаным мелководьем протяженностью до 1,1 км и затем резким спадом глубин. В данных условиях растительность не формирует четко выраженных полос, а представлена пятнами различной плотности. На глубинах 2,0 м зарегистрированы группировки *M. sibiricum*, *P. perfoliatus*, *C. demersum* (табл. 3), на больших глубинах растут Charophyta, Bryophyta, *A. linnaei*.

Что касается многолетних изменений, мы располагаем краткими данными по растительности озера, представленными в работе М. М. Кожова (1950). Автор отмечает, что в 1947 году заросли *Ph. australis* занимали побережье вдоль северного, западного берегов и в юго-западной оконечности в устье реки Цаган-Гол. Сообщества *P. crispus*, *S. pectinata* (*P. pectinatus*) формировали хорошо выраженный пояс вдоль западного побережья. Вперемежку с рдестовыми с прибрежной полосы появляются виды рода *Chara* (*Ch. fragilis*, *Ch. foetida*). С глубины 6,0 м произрастали виды рода *Nitella* sp. и мхи. По описаниям в 1947 году в озере наблюдался сток реки Баин-Гол (Кожов, 1950), предположительно данный период характеризовался высоким уровнем воды в озере.

В настоящее время, мы наблюдаем некоторое сокращение зарослей *Ph. australis*, сообществ *P. crispus*, *S. pectinata* и *P. praelongus* на западном побережье озера. В то же время в озере, как и в предыдущие годы, доминируют сообщества харовых и мхов; отмечается некоторое снижение глубины и площади их произрастания. Если ранее харовые регистрировались до глубин 15–20 м, то в настоящее время единичные экземпляры представителей Charophyta встречаются на глубинах до 13,0 м. Сообщества мха *Fontinalis* сохранились лишь по западному побережью, образуя плотные сообщества с высокими значениями фитомассы (табл. 3). К сожалению, в ранних публикациях, нет данных о значениях фитомассы харовых водорослей, но в связи с тем, что там имеются упоминания о разреженных зарослях, можно предположить, что, скорее всего, в многолетнем аспекте фитомасса харовых существенно возросла.

Предположительно, современное состояние растительного покрова озера Гусиное – это результат воздействия комплекса факторов, связанных со снижением уровня, изменениями в температурном режиме и гидрохимическом составе вод в озере. Как было ранее показано, период наших исследований приходится на маловодную климатическую фазу (Обязов, 2014), что сопровождается снижением уровня воды и приводит к осушению прибрежной зоны, сдвигу уреза воды. Это вызвало временное ухудшение условий для роста прибрежно-водной растительности и рдестовых на западном побережье озера. Рост увлажненности на территории Забайкалья в будущем приведет к восстановлению зарослей *Ph. australis* и рдестовых. Подобные изменения в распределении растительности вследствие снижения уровня воды нами зарегистрированы в литорали озера Арахлей, расположенного в Восточном Забайкалье (Kuklin, Bazarova, 2019; Bazarova, 2020). Рост фитомассы харовых водорослей на фоне роста содержания сульфатов и изменений температурного режима также зафиксирован в озере Кенон, используемом в качестве водоема-охладителя Читинской ТЭЦ-1 (Базарова, 2012). Согласно литературным данным (Madsen et al., 2006; Ginberge, Springe, 2008), интенсивный рост харофитов начинается, когда температура воды достигает 8–10 °С. Увеличение плотности зарослей мхов, возможно, также обусловлено изменением температурного режима водоема. Оптимальными условиями для развития *Fontinalis* является диапазон температуры 5–15 °С. При достижении 10 °С наблюдается максимальный рост их ризоидов (Debén et al., 2018). Данные группы растений довольно устойчивы к высоким концентрациям тяжелых металлов (Lambert, Davy, 2011), при этом увеличение содержания биогенных элементов негативно влияет на них (Kufel, Kufel, 2002; Pukacz et al., 2013; Debén et al., 2019).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе гидробиотических исследований озера Гусиное проведенных в 2013–2014 годах, получены современные данные о видовом разнообразии и пространственной структуре растительности. В период исследований в озере выявлено 27 видов из 21 семейства. Макрофиты произрастают до глубины 13,0 м в юго-западной части озера. В остальной части озера растения встречаются до глубин 8,5–11,0 м. Современная водная флора и пространственная структура растительности озера Гусиное во многом обусловлены комплексом факторов (строение литорали, динамика уровня воды, повышение температуры и состав вод и др.), как природного, так и антропогенного характера. Литораль северной части

озера находится под воздействием сброса подогретых вод Гусиноозерской ГРЭС, в отводящем канале которой располагаются садки осетрового рыбоводного хозяйства. В южной части озера наибольшее влияние на структуру растительности оказывают особенности строения литорали и мозаичный характер грунтов. Различия в пространственной структуре растительности западной и восточной части озера обусловлены их положением относительно господствующих ветров. В многолетнем плане, несмотря на значительную антропогенную нагрузку, доминантами растительности остаются Charophyta и Bryophyta

Появившийся, в начале XX века чужеродный вид *E. canadensis* не оказывает явного влияния на аборигенные виды озера Гусиное. С рыбохозяйственной точки зрения зарастание водоема представляет собой негативный процесс. Представляется крайне важным, чтобы при проведении работ по рыбохозяйственной мелиорации мелководий естественная система самоочищения водоема, важным компонентом которой является растительный покров водоема, не пострадала. Возможное увеличение поступления биогенных элементов, особенно фосфора, скорее всего, окажет негативное влияние на заросли харовых водорослей и мхов, что, в свою очередь, может неблагоприятно отразиться на других компонентах экосистемы озера.

**Благодарности.** Авторы выражают благодарность Д. В. Матафонову за помощь в отборе проб, К. В. Гориной за помощь в оформлении карты.

*Работа выполнена в рамках госзадания ФГБУН ИПрЭК СО РАН по теме Тема «Геоэкология водных экосистем Забайкалья в условиях современного климата и техногенеза, основные подходы к рациональному использованию вод и их биологических ресурсов», № FUFР-2021-0006.*

### Список литературы

- Базарова Б. Б. Многолетние изменения растительности оз. Кенон (Забайкальский край) // Известия Иркутского государственного университета. Серия «Биология. Экология». – 2012. – Т.5, № 4. – С.18–23.
- Базарова Б. Б. *Eloдея canadensis* Michaux и харовые водоросли оз. Кенон (Забайкальский край) // Российский журнал биологических инвазий. – 2013. – № 3.– С. 7–15.
- Базарова Б. Б. Содержание химических элементов в *Eloдея canadensis* Michx. в водоемах Забайкалья // Вода: Химия и экология. – 2015. – С. 39–42.
- Бобкова Е. А., Иметхенов А. Б. Влияние сточных вод г. Гусиноозерск на ихтиофауну оз. Гусиное // Вестник Восточно-Сибирского государственного университета технологии и управления. – 2011. – Т. 3, № 34. – С. 176–181.
- Богданов В. Т. Гидрохимическое состояние вод озера Гусиное // Гидрохимия рек и озер в условиях резко континентального климата. – Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1977. – С. 113–123.
- Гусиноозерская экспедиция П. С. Михно 1927 г. (Динамика природных комплексов Гусиноозерской котловины и аспекты культурного наследия Селенгинского среднегорья) / [Ред. Э.А. Батоцыренова]. – Улан-Удэ: ЭКОС, 2016. – 168 с.
- Дугаров Ж. Н., Бурдуковская Т. Г., Батуева М. Д., Балданова Д. Р., Сондуева Л. Д., Жепхолова О. Б., Мазур О. Е. Изменения видового состава паразитов окуня *Perca fluviatilis* оз. Гусиное (бассейн оз. Байкал) вследствие депрессии и последующего восстановления численности хозяина // Экология. – 2018. – № 3. – С. 220–224.
- Дугаров Ж. Н., Пронин Н. М. Разнообразие фауны и динамика видового богатства и доминирования в сообществах паразитов в возрастном ряду речного окуня *Perca fluviatilis* // Экология. – 2017. – № 1. – С. 20–27.
- Катанская В. М. Высшая водная растительность континентальных водоемов СССР. Методы изучения. – Л.: Наука, 1981. – 187 с.
- Кожов М. М. Пресные воды Восточной Сибири. – Иркутск: ОГИЗ, 1950. – 367 с.
- Матафонов Д. В., Базова Н. В. Новый подход к организации сети станций для мониторинга озёрных водоёмов Бурятии по организмам макрозообентоса: первые результаты применения и анализ пространственного распределения амфипод в озёрах Еравнинской системы как пример его реализации // Известия Иркутского государственного университета. Серия «Биология. Экология». – 2018. – Т. 24. – С. 86–109.
- Матвеев А. Н., Юрьев А. Л., Самусенок В. П., Вокин А. И., Самусенок И. В. Изменение состава ихтиофауны оз. Гусиное (водоема-охладителя Гусиноозерской ГРЭС) и роли в ней чужеродных видов // Экология водоемов-охладителей энергетических станций: сб. материалов (Чита, 13-16 сентября, 2017 г.). – Чита: ЗаБГУ. 2017. – С. 340–345.
- Обязов В. А. Изменения современного климата и оценка их последствий для природных и природно-антропогенных систем Забайкалья: авторефер. дис. ... докт. геогр. наук. – Казань: КФУ, 2014. – 38 с.

Рыбопромысловая карта озера Гусиное Селенгинского района Б.М.А.С.С.Р. [Гл. инж. Синельников; ГИП Соловьев; нач. сект. Ульяхин]. – М.: ВНИОРХ, 1939. – 10 с.

Синкявичене З. *Elodea canadensis* L. в естественных водоёмах Литвы // Гидробиотаника 2010: Мат. межд. конф. по водным макрофитам. Ярославль: Принт Хаус, 2010. – С. 275–277.

Семерной В. П., Матафонов Д. В., Базова Н. В. Фауна и пространственное распределение малоцетинковых червей (Annelida: Oligochaeta) в озере Гусиное (бассейн озера Байкал) // Известия Иркутского государственного университета. Серия «Биология. Экология». – 2014. – Т. 10. – С. 92–107.

Цыдыпов Б. З., Андреев С. Г., Аюджанаев А. А., Содномов Б. В., Гуржапов Б. О., Батоцыренов Э. А., Павлов И. А., Ширеторова В. Г., Ульзетуева И. Д., Габеева Д. А., Раднаева Л. Д., Гармаев Е. Ж. Влияние сбросов Гусиноозерской ГРЭС на термический и гидрохимический режим озера Гусиное // Известия Иркутского государственного университета. Серия «Биология. Экология». – 2017. – Т. 22. – С. 135–150.

Чебунина Н. С., Пахахинова З. З., Бешенцев А. Н., Батоев В. Б. Оценка влияния сброса теплых вод Гусиноозерской ГрЭС на динамику ледового режима озера Гусиного (Западное Забайкалье) // Научный журнал КубГАУ, – 2016. – № 116 (02). – С. 1–8.

Шевелева Н. Г., Зайцева Е. П. Зоопланктон озера Гусиное в зоне влияния Гусиноозерской ГРЭС // Вода: химия и экология. – 2015. – № 5. – С. 41–46.

Экология озера Гусиное / [Ред. Борисенко И. М., Пронин Н. М.]. – Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 1994. – 199 с.

Bazarova B. B. Vegetation state of lake Arakhley during water change // Proceeding of International scientific on aquatic macrophytes “Hydrobotany 2020” (Borok, 17-21 October, 2020). – Yaroslavl: Filigran, 2020. – P. 13–14.

Debén S., Aboal J. R., Giraldez P., Varela Z., Fernández J. A. Developing a Biotechnological Tool for Monitoring Water Quality: In Vitro Clone Culture of the Aquatic Moss *Fontinalis antipyretica* // Water. – 2019. – Vol. 11 (1). – P. 145.

Grinberga L., Springe G. Potential impact of climate change on aquatic vegetation of river Salaca, Latvia // Proceedings of the Latvian Academy of Sciences. – 2008. – Vol. 62. – P. 34–39.

Kufel L., Kufel I. Chara beds acting as nutrient sinks in shallow lakes – a review // Aquatic Botany. – 2002. – Vol. 72, N 3–4. – P. 249–260.

Kuklin A. P., Bazarov B. B. Macrophytes in the littoral of lake Arakhley in different states of water regime // Ekológia (Bratislava). – 2019. – Vol. 38, N 3. – P. 225–239.

Lambert S. J., Davy A. J. Water quality as a threat to aquatic plants: discriminating between the effects of nitrate, phosphate, boron and heavy metals on charophytes // New Phytologist. – 2011. – N 189. – С. 1051–1059.

Madsen D. J., Wersal M. R., Tyler M., Gerard P. The distribution and abundance of aquatic macrophytes in Swan lake and Middle lake, Minnesota // Journal of Freshwater Ecology – 2006. – Vol. 21. – P. 421–429.

Pukacz A., Pelechaty M., Pelechata A. The relation between charophytes and habitat differentiation in temperate lowland lakes // Polish journal of ecology. – 2013. – Vol. 61 (1). – P. 105–118.

Scheffer M., Van Nes E. H. Shallow lakes theory revisited: various alternative regimes driven by climate, nutrients, depth and lake size // Hydrobiologia. – 2007. – Vol. 584, N 1. – P. 455–466.

Tsydenova B. V., Dagurova O. P., Garankina V. P., Dambaev V. B., Matafonov D. V., Baturina O. A. Abundance and taxonomic composition of bacterioplankton in freshwater Lake Gusinoye (Buryatia) in the warm water zone of the Gusinozerskaya thermal power plant // Journal of Siberian Federal University. Biology. – 2018. – N 11 (4). – P. 356–366.

Van den Berg M. S., Scheffer M., Van Nes E. H., Coops H. Dynamics and stability of *Chara* sp. and *Potamogeton pectinatus* in a shallow lake changing in eutrophication level // Hydrobiologia. – 1999. – Vol. 409. – P. 335–342.

**Bazarova B.B., Kuklin A.P. On the current state and long-term dynamics of the flora and vegetation of Lake Gusinoye (Republic of Buryatia) // Ekosistemy. 2021. Iss. 25. P. 72–81.**

As a result of hydrobotanical research carried out in the summer of 2013–2014. 27 species from 21 families are registered in the lake. Macrophytes grow up to the depth of 13.0 m on the southwestern shore of the lake. The current state of the vegetation cover of the lake is due to a complex of factors (the structure of the littoral, the dynamics of the water level, changes in temperature, water composition, etc.), both natural and anthropogenic. At the same time, in the long-term plan, despite the significant anthropogenic load, the dominant vegetation remains Charophyta and Bryophyta. The alien species *E. canadensis*, which appeared at the beginning of the XX century, does not have a clear effect on the native species of Lake Gusinoye.

*Key words:* aquatic vegetation, ecosystems lake, Lake Gusinoye, charophyta, bryophyta.

Поступила в редакцию 20.11.20  
Принята к печати 11.02.21

## Морфометрическая изменчивость видов рода *Cypripedium* в коллекции Центрального сибирского ботанического сада СО РАН

Герасимович Л. В.

Центральный сибирский ботанический сад Сибирского отделения РАН  
Новосибирск, Россия  
[gerasimovitch77@mail.ru](mailto:gerasimovitch77@mail.ru)

Статья посвящена исследованию видов рода *Cypripedium* L., три из которых занесены в Красную книгу Российской Федерации. Биологический материал взят из природных фитоценозов Новосибирской области и Республики Алтай и интродуцирован на коллекционном участке ЦСБС. Изучалась адаптационная реакция особей на морфологическом уровне в зависимости от изменения окружающей среды в условиях *ex situ*. Наличие в фенологическом цикле у адаптирующихся представителей трёх видов всех основных этапов (кроме плодоношения у *Cypripedium* × *ventricosum*) является показателем оптимальных экологических условий для *ex situ*. Проведён сравнительный анализ морфометрических признаков у генеративных особей и выявлены значительные отличия между *in situ* и *ex situ*. Так же были выявлены адаптационные изменения, связанные с ответом на естественные абиотические экологические условия. Выявленные отличия морфометрических данных для трёх видов позволяют нам отметить наличие значительной адаптационной реакции у *C. calceolus* и *C. macranthon* и относительную адаптационную инертность у *C. × ventricosum*. Экологическим оптимум в абиотических факторах для трёх изученных видов из рода *Cypripedium* являются показатели за 2018 год. Факторы за 2018 год стали оптимальными для развития генеративных почек, что привело к 100 % цветению особей у *C. macranthon* в 2019 году. Также был проведен стоматографический анализ нижней поверхности прицветника у трёх видов и изучена морфология устьичного аппарата. Нами отмечены значительные отличия между видами, при одинаковых эко-условиях в *ex situ*, в размерах устьиц и их количестве на 1 см<sup>2</sup>.

**Ключевые слова:** Orchidaceae, *Cypripedium calceolus*, *Cypripedium macranthon*, *Cypripedium* × *ventricosum*, адаптационная изменчивость, морфометрия, морфология, стоматография прицветника, устьичный аппарат.

### ВВЕДЕНИЕ

Формирование коллекции (УНУ № USU 440534) рода *Cypripedium* L. при лаборатории интродукции декоративных растений началось с 2011 года. Биологический материал был собран в виде живых растений в Республике Алтай (РА) и Новосибирской области (НСО). На 2020 год коллекция насчитывает 15 особей: по одному экземпляру *Cypripedium calceolus* L. (НСО) и *Cypripedium* × *ventricosum* Sw. (НСО); *Cypripedium macranthon* Sw. девять особей (НСО, РА); *Cypripedium guttatum* Sw. четыре (НСО, РА). Три вида, кроме *C. guttatum*, занесены в Красную книгу Российской Федерации (Красная книга..., 2008). Два вида *C. calceolus* L. и *C. macranthon* Sw. занесены в Красную книгу НСО (Красная книга..., 2008), *C. × ventricosum* Sw. рекомендуется включить в перечень при составлении нового издания книги. Вследствие этого изучение биологии и экологии представителей данных видов носит актуальный характер в решении вопроса их охраны и позволяет выполнять основную задачу ботанических садов.

Немало современных учёных занимается экологией (Юшкова, Бурова, 2014; Сулейманова, Егорова, 2020) и особенностями морфологии и географической изменчивости (Фадеева, Лукоянова, 2011; Блинова, 2012; Кириллова, 2016; Железная и др., 2017; Райская, 2017) рода *Cypripedium* в разных регионах России и не только.

Целью работы стало изучение влияния абиотических факторов трофического типа прямодействия (Заугольнова и др., 1988) на морфометрические показатели особей трёх видов орхидей рода *Cypripedium* L. в условиях *ex situ*.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектами наших исследований были произрастающие на территории Западной Сибири четыре вида рода *Cypripedium*. *Cypripedium macranthon* Sw., *Cypripedium calceolus* L., *Cypripedium* × *ventricosum* Sw. относятся к короткочерешчатой жизненной форме, *Cypripedium guttatum* Sw. к длиннокорешчатой летнезеленой (Татаренко, 1996). Коллекционные растения произрастают в одинаковых экологических условиях в берёзово-сосново-разнотравном лесу. Биологический материал взят из природных фитоценозов. По приуроченности к фитоценозам *C. macranthon* является лугово-лесным видом, остальные башмачки – лесные. В пределах НСО местообитания рода сконцентрировано в юго-восточной части области, где произрастают в лиственных и смешанных лесах.

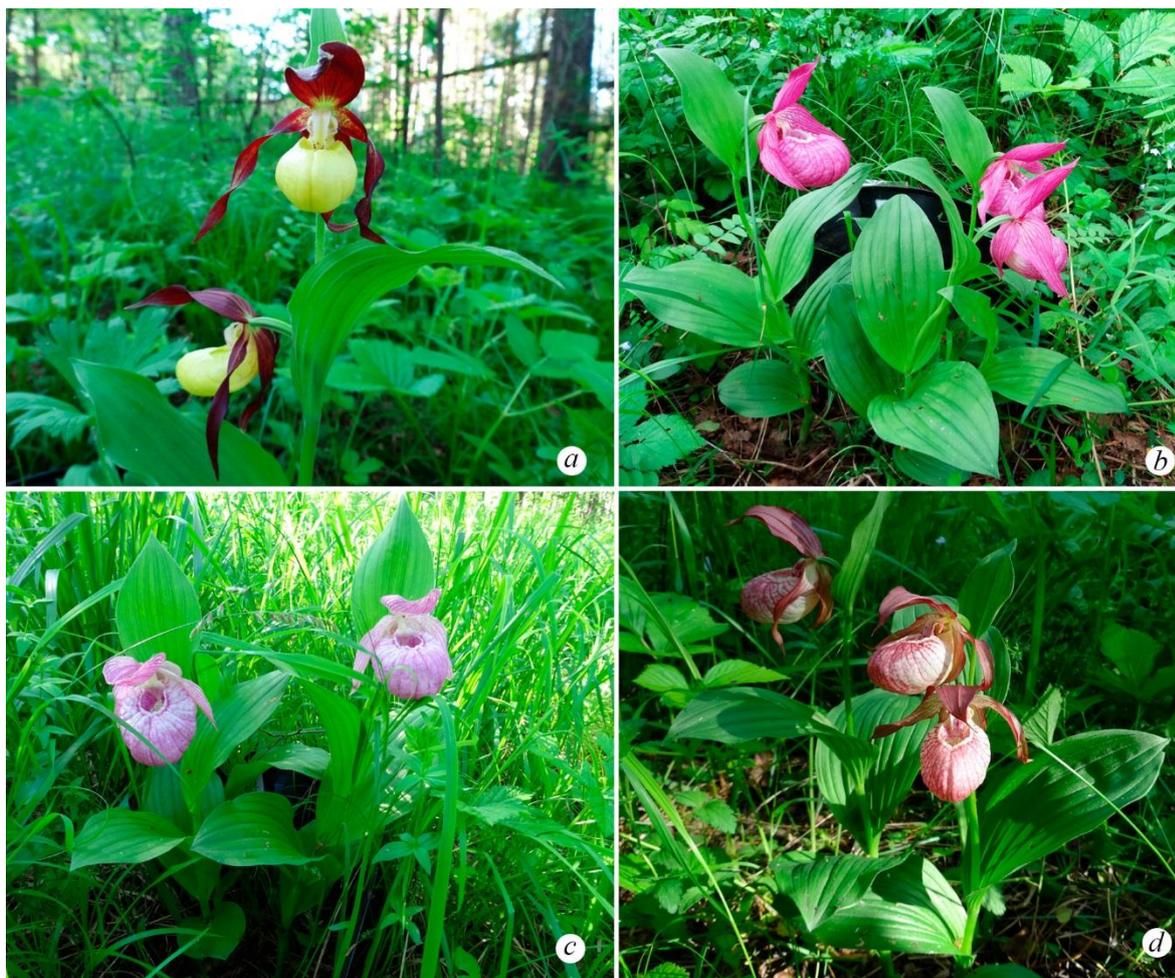


Рис. 1. Орхидеи коллекции Центрального сибирского ботанического сада  
Сибирского отделения РАН

*a* – башмачок настоящий (*Cypripedium calceolus* L.); *б, в* – башмачок крупноцветковый (*Cypripedium macranthon* Sw.); *г* – башмачок вздутый (*Cypripedium* × *ventricosum* Sw.). Фото Л. В. Герасимович.

Растения вида *C. guttatum* (интродуцируемые с 2014 года из окрестностей села Аскат (6 шт.) и села Черга, РА (2 шт.), окрестности села Красный факел, НСО (5 шт.)) за период адаптации не образовывали генеративные побеги. Единичное растение *C. calceolus* интродуцированное в 2015 году с берега реки Койниха, НСО, с 2016 по 2020 год регулярно образовывало генеративные побеги. Особи *C. macranthon* интродуцируются с 2011 года (из окрестностей озера Манжерок, РА (7 шт.) и берег реки Койниха, НСО (3 шт.)) и образуют

генеративные побеги с переменной регулярностью. Единственное растение вида *C. × ventricosum* имеет одно место происхождения с *C. calceolus*, привезено в 2017 году, цвело на следующий год и в 2020, в 2019 году вегетировало.

Описания местообитаний в *in situ* подробно изложены в монографии и статье, посвящённых исследованиям семейства Orchidaceae (Герасимович, 2012, 2019). Стоит отметить, что это в основном светлые разреженные лиственные, берёзово- или осиново-сосновые леса со злаково-разнотравным покровом.

Коллекционные виды произрастают в одних экологических условиях в смешанном, местами закустаренном, берёзово-сосново-разнотравном лесу из *Betula pendula* Rott и *Pinus sylvestria* L., где сомкнутость крон 0,5–0,6. Подлесок представлен *Sorbus sibirica* Hedl., *Populus tremula* L. *Padus avium* Mill. Травостой, покрытие которого достигает 50–60 %, состоит из *Rubus saxatilis* L., *Dactylis glomerata* L., *Veronica chamaedrys* L., *Thalictrum appendiculatum* C. A. Mey., *Aegopodium podagraria* L., *Lotus sergiewskiae* R. Kam. et Kovalevsk., *Lathyrus pratensis* L., *Carex macroura* Meinsh., *Galium palustre* L., *Astragalus glycyphyllos* L., *Melilotoides platycarpus* (L.) Sojak, *Polygonatum odoratum* (Mill.) Druce.

Ещё с начала прошлого столетия было известно, что «Культура грунтовых башмачков очень легка и заключается в подражании тем условиям, при которых они растут в природе...» (Кессельринг, 1911). Культивирование башмачков описаны и в современных работах (Клюйкова, 2007; Пименова, 2018; Широков и др., 2014). Сложности в пересадке и при интродукции возникают у растений вида *C. guttatum*, так из 13 привезённых растений выжило всего 4, при этом не одно из растений так и не цвело. Проблемы с *C. guttatum* отмечал и В. Кессельринг (1911). Растения остальных трёх видов *Cypripedium* хорошо перенесли пересадку. Учитывая, что почва на не тронутой агротехникой территории при ЦСБС является лёгким суглинком, мы использовали простой метод пересадки особей с большим объёмом земли для сохранения целостности подземной части. Далее никаких агротехнических мер не предпринималось.

С учётом большого влияния на формирования биомассы были выбраны следующие климатические факторы:

- 1)  $\sum T^{\circ} > 0$  – сумма температур выше 0 °С,
- 2)  $\sum$  солн. дней – число солнечных дней,
- 3)  $\sum$  осадков – сумма осадков.

Все морфометрические описания и замеры коллекционного материала проводили в период цветения растений в течение четырёх лет (с 2017 по 2020 годы) у всех генеративных побегов.

Общий процент завязывания плодов  $D$  (%) рассчитывался по формуле

$$D = A \div B \times 100 \%,$$

где:  $A$  – количество образованных плодов,  $B$  – количество цветков со всех изучаемых растений одного вида.

Для решения вопроса о принадлежности размеров устричных аппаратов и их числа на  $\text{см}^2$  к видовым признакам была проведена сравнительная стоматография. Для чего брали пробу с прицветника (*ex situ*), четвёртый сантиметр от верхушки с правой стороны от центральной жилки (у *C. calceolus* был выбран нижний прицветник). Снимали по три зоны с одной пробы у каждого генеративного растения (у *C. macranthon* с трёх растений). Фотографии сделаны при помощи сканирующего электронного микроскопа Hitachi TM-1000, измерения на фотографиях сделаны в программе SIAMS Photolab на базе «Центра коллективного пользования ЦСБС СО РАН». При анализе использовали методики С. Ф. Захаревича (1954). Статистический анализ сделан с использованием программы Microsoft Excel 2010.

Названия видов приводятся по С. К. Черепанову (1995).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

За три года исследования *C. calceolus* цвёл каждый год, но только в 2017 году образовал плод – коробочку с полноценными семенами. *C. × ventricosum* цвёл в 2017 и 2018 годах, не плодоносил, в 2019 вегетировал. *C. macranthon* цвёл и образовывал плоды регулярно, его общий процент завязывания плодов достигал 33 % (табл. 1). Наличие в фенологическом цикле у трёх видов всех основных этапов (кроме плодоношения у *C. × ventricosum*) является показателем оптимальных экологических условий в ех situ.

Таблица 1

Плодоношение представителей видов рода *Cypripedium* (ex situ)

Вид	Годы исследований			
	2017	2018	2019	2020
<i>Cypripedium calceolus</i>	1 / 2 / 4 / 1 / 25	1 / 2 / 3 / 0 / 0	1 / 2 / 2 / 0 / 0	1 / 3 / 3 / 1 / 33
<i>Cypripedium macranthon</i>	7 / 12 / 12 / 4 / 33	7 / 13 / 13 / 2 / 15	9 / 19 / 19 / 7 / 37	8 / 15 / 15 / 4 / 27
<i>Cypripedium × ventricosum</i>	1 / 3 / 6 / 0 / 0	1 / 2 / 3 / 0 / 0	0 / 0 / 0 / 0 / 0	1 / 2 / 2 / 0 / 0

Примечание к таблице. Число генеративных растений / число г-побегов / количество цветков / количество плодов / общий процент завязывания плодов.

Исследуя зависимость метрических данных от климатических факторов, следует учитывать, что генеративный побег (г-побег) у видов *C. calceolus* и *C. macranthon* закладывается в течение двух лет. Первый год происходит заложение вегетативной части, во второй год цветка или соцветия (Амельченко и др., 1986; Полынцева и др., 1986). Изучение морфометрических показателей у г-побегов выявило наличие морфологических признаков, реагирующих на изменения климатических факторов (табл. 2 и 3). Уменьшение осадков в 2016 году привело к отсутствию в 2018 году у *C. calceolus* четырёхлистных г-побегов, а у *C. macranthon*, наоборот все особи были с четырьмя листьями. Низкие температурные показатели в 2018 году привели к появлению в 2020 году у *C. macranthon* и *C. calceolus* особей с четырёхметомерными побегам (три листа и одна чешуйка). Для *C. calceolus* самыми благоприятными показателями эко-факторов в формировании двухцветковых г-побегов оказались показатели за 2016 год, которые привели к образованию трёх г-побегов с одним и двумя цветками в 2017 году. Количество цветков у *C. × ventricosum* и *C. calceolus* зависит от суммы температур за период май-июнь предыдущего года (если сумма превышает 1000, то происходит заложение двухцветкового г-побега).

Увеличение метрических параметров цветков всех видов наблюдается при низких показателях суммы осадков текущего года, при высоких её показателях у *C. macranthon* и *C. calceolus* увеличиваются размеры листьев.

Таблица 2

Изменение климатических параметров

Параметры климата	Годы				
	2015	2016	2017	2018	2019
$\sum T^{\circ} > 0$ (°C)*	2683 / 1148	2700 / 1130	2570 / 1140	2470 / 920	2565 / 940
$\sum$ солнечных дней*	103 / 36	80 / 24	73 / 22	86 / 22	92 / 21
$\sum$ осадков (мм)*	380 / 105	260 / 67	350 / 110	333 / 140	300 / 70

Примечание к таблице. \* – общий вегетационный период (апрель – октябрь) / период от отрастания до цветения включительно (май – июнь).

В таблице 4 представлены сравнительные морфометрические данные представителей видов в in situ (РА, НСО) и ex situ (ЦСБС). Следует отметить, что *C. calceolus* на территории РА отличается низкими показателями морфометрических параметров. Введение материала в

Данные морфометрии g-побегов трёх видов орхидей рода *Cypripedium* (ex situ)

Морфологический признак g-побега	Количественная оценка признака			
<b><i>Cypripedium calceolus</i></b>				
Высота генеративного побега, см	29,0–34,0	34,0–48,0	39,5–40,0	28,0–34,0
Число листьев (чешуек)	3(2)–4(2)	3(2)	3(2)–4(2)	3(1)–4(1)
Длина листа средней формации, см	13,5–15,0	12,5–15,0	13,5–14,5	13,5–15
Ширина листа средней формации, см	5,7–7,0	6,0–7,0	5,0–5,5	4,5–4,8
Число цветков	1–2	2	1	1
Длина верхнего листочка наружного круга, см	4,0–4,8		5,0–6,0	4,8–5,0
Ширина верхнего листочка наружного круга, см	1,0–1,3		0,8–1,0	1,6–2,0
Длина бокового листочка внутреннего круга, см	4,5–5,4		5,0–6,0	4,0–5,0
Ширина бокового листочка внутреннего круга, см	0,5		0,5	0,4–0,5
Длина губы, см	2,4–2,7		3,0	3,0–3,3
Ширина губы, см	1,4–1,5		1,7–2,0	2,0–2,3
Длина прицветника, см	7,0–10,7	5,5–11,0	8,4–11,0	8,0–11,2
Ширина прицветника, см	1,2–5,2	2,0–5,5	3,0–3,5	1,9–3,4
Число генеративных побегов	3	2	2	3
Число вегетативных побегов	1	1	3	1
<b><i>Cypripedium macranthon</i></b>				
Высота генеративного побега, см	28,0–41,0	38,0–48,0	33,0–48,5	31,0–40,0
Число листьев (чешуек)	3(2)–4(2)	4(1–2)	3(2)–4(1–2)	3(1–2)–4(1–2)
Длина листа средней формации, см	12,5–16,0	13,0–19,5	13,5–19,0	12,5–19,5
Ширина листа средней формации, см	6,9–9,5	5,5–9,5	6,0–10,5	4,8–8,0
Число цветков	1	1	1	1
Длина верхнего листочка наружного круга, см	3,5–5,0	4,0–5,0	3,5–6,0	4,0–5,0
Ширина верхнего листочка наружного круга, см	2,0–4,0	2,5–3,5	2,0–4,0	2,6–3,6
Длина бокового листочка внутреннего круга, см	3,5–5,0	4,5–6,0	4,0–5,5	4,5–5,7
Ширина бокового листочка внутреннего круга, см	0,9–1,8	1,5–2,5	1,0–2,5	1,5–2,6
Длина губы, см	3,0–5,5	3,5–6,0	3,5–6,5	4,5–6,0
Ширина губы, см	2,0–4,0	2,5–4,0	3,0–4,5	3,4–5,0
Длина прицветника, см	7,0–9,8	8,5–11,0	8,5–11,5	7,4–13,0
Ширина прицветника, см	3,2–5,8	3,5–6,5	3,0–6,5	3,0–6,4
Число генеративных побегов,	(0)1–2(4)	1–3	1–3(4)	(0)1–3
Число вегетативных побегов	1–2(3)	(0)1–3(7)	0–2(4)	(0)1–3(7)
<b><i>Cypripedium × ventricosum</i></b>				
Высота генеративного побега, см		33,0–35,0		32,0–39,0
Число листьев (чешуек)		3(2)–4(1)		3(2)–4(2)
Длина листа средней формации, см		13,5–14,0		15,5–16,5
Ширина листа средней формации, см		7,5–8,5		8,5–9,7
Число цветков		1–2		1
Длина верхнего листочка наружного круга, см		4,5–5,0		5,0–5,3
Ширина верхнего листочка наружного круга, см		2,0–2,5		2,6–3,2
Длина бокового листочка внутреннего круга, см		4,5–5,5		5,5–5,6
Ширина бокового листочка внутреннего круга, см		0,8–1,0		1,0–1,2
Длина губы, см		3,5–4,0		4,5–5,0
Ширина губы, см		2,5		3,2–3,4
Длина прицветника, см		5,0–10,0		10,2–11,5
Ширина прицветника, см		3,0–6,0		5,4–6,4
Число генеративных побегов		2	0	2
Число вегетативных побегов		1	3	1

ex situ привело к уменьшению размеров вегетативной части и незначительному увеличению генеративной части побега. У *C. macranthon* особи в условиях ex situ проявили адаптационную реакцию в сторону уменьшения практически всех морфометрических параметров. Самым адаптационно индифферентным из трёх видов оказался их гибрид *C. × ventricosum*, у которого особь в условиях ex situ ни чем не отличилась от особей in situ.

Изложенные выше данные позволяют нам отметить наличие значительной адаптационной реакции у *C. calceolus* и *C. macranthon* и относительную адаптационную инертность у *C. × ventricosum*. Таким образом, экологическим оптимумом в абиотических факторах для трёх изученных видов из рода *Cypripedium* являются показатели за 2018 год. Которые стали оптимальными для заложения в почках возобновления зачатков цветков, что привело к 100 % цветению особей у *C. macranthon* в 2019 году. Климатическими факторами изменения которых приводили к изменениям в морфометрии g-побегов у исследуемых видов стали факторы – сумма температур выше 0 °С и сумма осадков.

Таблица 4

Морфометрические характеристики g-побегов трёх видов орхидей из рода *Cypripedium* из разных регионов (ex situ, in situ)

Морфологические признаки g-побегов	Республика Алтай* (in situ)	Новосибирская область** (in situ)	Коллекция ЦСБС (ex situ)
1	2	3	4
<b><i>Cypripedium calceolus</i></b>			
Высота генеративного побега, см	17,0–50,0	30,0–60,0	28,0–48,0
Число листьев	3–4	3–4	3–4
Длина листа, см	10,0–13,0	13–15,5	12,5–15,0
Ширина листа, см	3,0–6,0	4,0–10,5	4,5–7,0
Число цветков	1–2	1–2	1–2
Длина верхнего листочка наружного круга, см		3,5–5,5	4,0–6,0
Ширина верхнего листочка наружного круга, см		1–2	0,8–2,0
Длина бокового листочка внутреннего круга, см		4,0–5,1	4,0–6,0
Ширина бокового листочка внутреннего круга, см		0,4–0,5	0,4–0,5
Длина губы, см		3,0–3,5	2,4–3,3
Ширина губы, см		1,5–2,0	1,4–2,3
Длина прицветника, см	4,0–5,0	7,5–9,5	5,5–11,2
Ширина прицветника, см	1,5–2,0	2,5–5,5	1,2–5,5
Число генеративных побегов		1–6(26)	2–3
Число вегетативных побегов		(0)2–3(6)	1–3
<b><i>Cypripedium macranthon</i></b>			
Высота генеративного побега, см	30,0–40,0	29,0–50,0	28,0–48,5
Число листьев	3–5	3–5	3–4
Длина листа, см	11,0–14,0	11,0–19,0	12,5–19,5
Ширина листа, см	6,0–7,6	5,0–12,0	4,8–10,5
Число цветков	1	1	1
Длина верхнего листочка наружного круга, см		4,5–5,2	3,5–6,0
Ширина верхнего листочка наружного круга, см		3,3–4,0	2,0–4,0
Длина бокового листочка внутреннего круга, см		4,9–6,5	3,5–6,0
Ширина бокового листочка внутреннего круга, см		1,9–2,7	0,9–2,6
Длина губы, см	4,5–5,0	4,0–6,5	3,0–6,5
Ширина губы, см	3,8–4,5	3,0–5,0	2,0–5,0
Длина прицветника, см	7,5–11,0	9,0–14,2	7,0–13,0
Ширина прицветника, см	2,7–5,8	3,5–8,5	3,0–6,5
Число генеративных побегов	1–2	3–5 (11)	(0)1–3(4)
Число вегетативных побегов	0–3(7)	1–3	(0)1–3(7)
<b><i>Cypripedium × ventricosum</i></b>			
Высота генеративного побега, см	15,0–60,0	27,0–60,0	32,0–39,0
Число листьев	3–4	3–4	3–4
Длина листа, см	6,0–16,0	11,5–17,5	13,5–16,5

Таблица 4 (Продолжение)

Ширина листа, см	4,0–10,0	4,0–10,2	7,5–9,7
Число цветков		1–2	1–2
Длина верхнего листочка наружного круга, см		3,0–6,5	4,5–5,3
Ширина верхнего листочка наружного круга, см		1,8–3,5	2,0–3,2
Длина бокового листочка внутреннего круга, см		4,0–6,2	4,5–5,6
Ширина бокового листочка внутреннего круга, см		0,6–1,0	0,8–1,2
Длина губы, см	3,0–5,0	3,5–5,2	3,5–5,0
Ширина губы, см	2,0–3,0	2,0–3,7	2,5–3,4
Длина прицветника, см		8,5–13,2	5,0–11,5
Ширина прицветника, см		3,6–7,2	3,0–6,4
Число генеративных побегов		7–13 (51)	0–2
Число вегетативных побегов		1–2 (7)	0–3

Примечание к таблице. \* – характеристики *C. calceolus* и *C. × ventricosum* приводятся по Л. В. Герасимович (2012), характеристики *C. macranthon* – по особям из региона донора в 2011 году (озеро Манжерок). \*\* – данные по всем видам собраны с 2011 по 2020 год.

Нижний эпидермис прицветников не имеет отличий от такового у листьев. Описание нижнего эпидермиса представлено нами на примере представителей вида *C. macranthon* в статье (Герасимович, 2019). В данном исследовании нами были обнаружены значительные отличия в метрических данных устьичного аппарата в нижнем эпидермисе прицветников среди исследуемых видов рода *Cypripedium* (табл. 5, рис. 1). Самые крупные, но с низким

Таблица 5

Морфометрические характеристики устьичного аппарата у трёх видов рода *Cypripedium* (2018–2020 гг.)

Параметры	<i>Cypripedium calceolus</i>		<i>Cypripedium macranthon</i>		<i>Cypripedium × ventricosum</i>	
	длина	ширина	длина	ширина	длина	ширина
$\bar{x} \pm S$ (мкм)	49,92±4,16	47,95±4,26	58,34±6,11	51,98±4,58	46,02±4,63	46,11±5,71
$S_x$	0,25	0,26	0,52	0,39	0,24	0,30
V (%)	8,33	8,88	10,47	8,81	10,06	12,38
r	0,20		0,11		0,13	
min–max (мкм)	37–62	3–64	42–77	40–64	31–60	33–69
Число устьиц	26–30		27–34		40–54	

Примечание к таблице.  $\bar{x}$  – среднее арифметическое значение признака; S – стандартное отклонение;  $S_x$  – ошибка среднего арифметического значения; V (%) – коэффициент вариации (до 10 % – незначительная изменчивость, 10–20 % – средняя, выше 20 % – значительная); r – коэффициент корреляции.

коэффициентом корреляции между длиной и шириной, устьичные аппараты были обнаружены у *C. macranthon*. Самые мелкие у *C. × ventricosum*, но здесь размер компенсируется их численностью на 1 см<sup>2</sup>, при этом средние значения длины и ширины практически равны. Средней величины устьица у *C. calceolus* отличаются самыми высокими среди видов коэффициентами корреляции и вариации.

Если сравнивать размеры устьичного аппарата и количество на 1 см<sup>2</sup> с данными из Приморского края (Солохин, 2005), видно, что размеры у особей из коллекции ЦСБС больше, а количество, кроме *C. × ventricosum*, меньше.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выбранное нами место для интродукции отличается оптимальными эко-условиями, что подтверждается наличием у адаптирующихся особей всех основных этапов в фенологическом цикле (кроме плодоношения у *C. × ventricosum*).

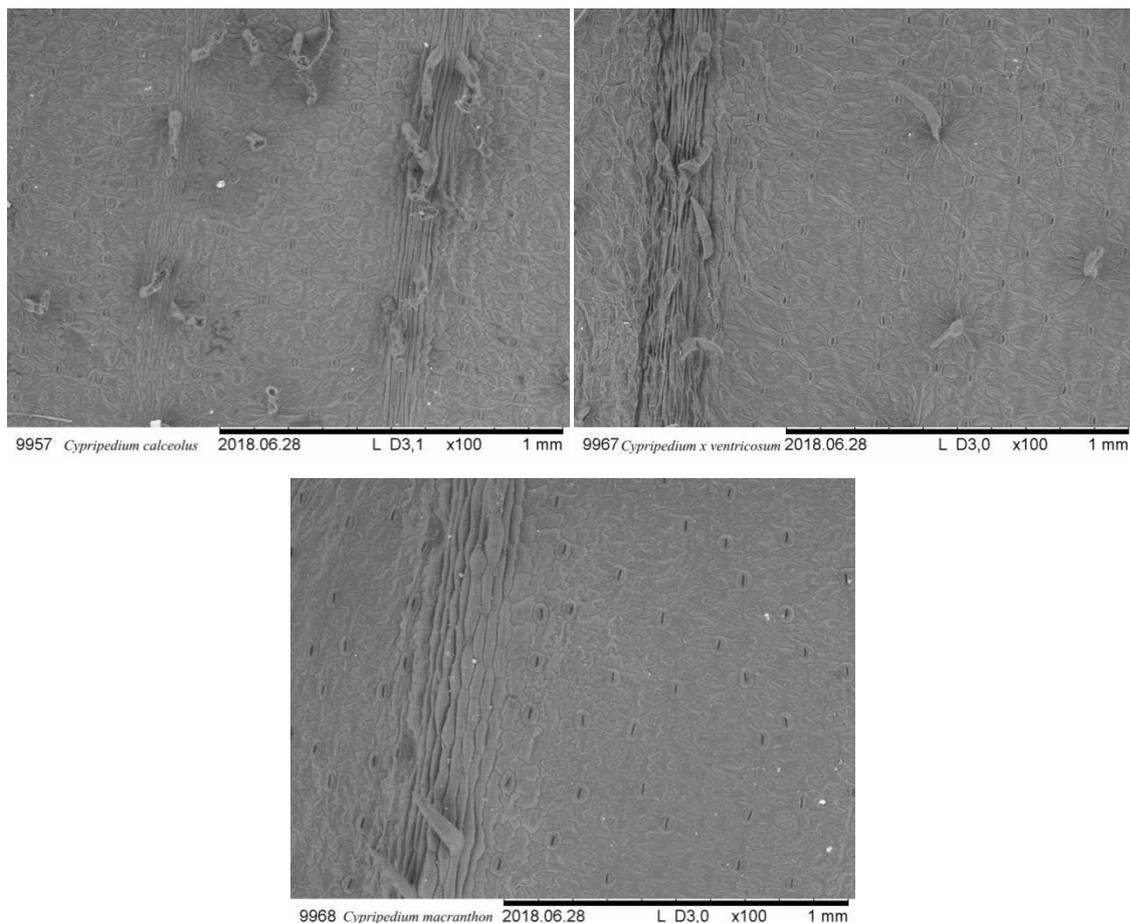


Рис. 1. Нижний эпидермис прицветника трёх видов орхидей из рода *Cypripedium*

При проведении сравнительного анализа морфометрических признаков у генеративных особей видов рода *Cypripedium* были выявлены морфометрические изменения, связанные с ответом на изменения естественных экологических условий. Введение *C. calceolus* в *ex situ* привело к уменьшению размеров вегетативной части и незначительному увеличению генеративной части побега. У *C. macranthon* в условиях *ex situ* уменьшились практически все морфометрические параметры. Особь *C. × ventricosum*, в условиях *ex situ* ничем не отличилась от особей *in situ*.

Среди абиотических факторов экологическим оптимумом для трёх изученных видов из рода *Cypripedium* являются показатели за 2018 год. Факторы этого же года стали оптимальными для развития почек возобновления в зачатки цветка, что привело к 100 % цветению особей у *C. macranthon* в 2019 году.

Нами отмечены значительные отличия, при одинаковых эко-условиях, в размерах устьиц и их количестве на 1 см<sup>2</sup> у разных видов. Самые крупные, но с низким коэффициентом корреляции между длиной и шириной, устьица были обнаружены у *C. macranthon*. Самые мелкие у *C. × ventricosum*, с высокой численностью до 54 штук на 1 см<sup>2</sup>. Средней величины устьица у *C. calceolus* отличаются самыми высокими среди видов коэффициентами корреляции и вариации.

Проведенные нами исследования в совокупности с полученными данными дают нам возможность формировать представления об экологии, биологии и адаптационных возможностях представителей семейства Orchidaceae.

*Исследования выполнены в рамках проекта Анализ биоразнообразия сохранения и восстановления редких и ресурсных видов растений с использованием экспериментальных методов (AAAA-A21-121011290025-2).*

### Список литературы

- Амельченко В. П., Игнатенко Н. А., Агафонова Г. И., Польшцева Н. А., Утемова Л. Д. Башмачок настоящий – *Cypripedium calceolus* L. // Биологические особенности растений Сибири, нуждающихся в охране / [Отв. ред. К. А. Соболевская]. – Новосибирск: Наука, 1986. – С. 18–26.
- Блинова И. В. Особенности географической изменчивости ряда наземных европейских орхидных // Экология. – 2012. – № 2. – С. 106–111.
- Герасимович Л. В. Орхидные (Orchidaceae) Горного Алтая. – Новосибирск: Академ. изд-во ГЕО, 2012. – 120 с.
- Герасимович Л. В. Экологическая зависимость морфологических признаков генеративных побегов *Cypripedium macranthos* от типа фитоценоза // Экосистемы. – 2019. – № 19. – С. 78–84.
- Железная Е. Л., Гарджуло Р., Фэй М. Ф. Популяционно-генетические особенности *Cypripedium calceolus* L. в России // Биоразнообразие: подходы к изучению и сохранению: Матер. межд. науч. конф. посвящённой 100-летию кафедры ботаники Тверского государственного университета. (Тверь, 8–11 ноября 2017 г.) – Тверь, 2017. – 2017. – С. 97–99.
- Заугольнова Л. Б., Жукова А. А., Комарова А. С., Смирнова О. В. Ценопопуляция растений (очерки популяционной биологии). – М.: Наука, 1988. – 180 с.
- Захаревич С. Ф. К методике описания эпидермиса листа // Вестник Ленинградского университета. – 1954. – № 4. – С. 65–75.
- Кессельринг В. Культура грунтовых орхидей // Прогрессивное садоводство и огородничество. – 1911. – № 1. – С. 13–15. / Орхидология на рубеже XIX–XX столетий / [Ред. Р. В. Иванников]. – Киев: НБС им. Н. Н. Гришко, 2016. – С. 117–118.
- Кессельринг В. Культура грунтовых орхидей // Прогрессивное садоводство и огородничество. – 1911. – № 3. – С. 81–83. / Орхидология на рубеже XIX–XX столетий / [Ред. Р. В. Иванников]. – Киев: НБС им. Н. Н. Гришко, 2016. – С. 120–121.
- Кириллова И. А. Фенотипическая изменчивость *Cypripedium calceolus* L. (Orchidaceae) на северном пределе распространения // Известия Коми научного центра УрО РАН. – 2016. – № 4 (28). – С. 46–54.
- Клейкова И. С. Орхидные природной флоры в коллекции ботанического сада Тверского государственного университета // Вестник Тверского государственного университета. Серия «Биология и Экология». – 2007. – № 3. – С. 183–186.
- Красная книга Новосибирской области: Животные, растения и грибы. – Новосибирск: Арта, 2008. – 528 с.
- Красная книга Российской Федерации. – М., 2008. – 856 с.
- Пименова А. А. Особенности выращивания лесных видов семейства Orchidaceae отечественной флоры в коллекции БИН РАН им. В. Л. Комарова // Современные проблемы и перспективы рационального лесопользования в условиях рынка: Сборник матер. межд. научно-практ. конф. молодых учёных / [Под общей редакцией А. А. Егорова] (Санкт-Петербург, 13–14 ноября 2007). – Санкт-Петербург, 2008. – С. 110–112.
- Польшцева Н. А., Утемова Л. Д., Амельченко В. П., Игнатенко Н. А., Агафонова Г. И. Башмачок крупноцветковый – *Cypripedium macranthos* Sw. // Биологические особенности растений Сибири, нуждающихся в охране / [Отв. ред. К. А. Соболевская]. – Новосибирск: Наука, 1986. – С. 7–17.
- Райская Ю. Г. Морфологические показатели *Cypripedium macranthos* Sw. (Orchidaceae) на побережье Подкаменной Тунгуски (Южная Эвенкия) / Проблемы изучения растительного покрова Сибири. Матер. VI межд. науч. конф., посвящённой 100-летию со дня рождения А. В. Положий. (Томск, 24–26 октября 2017 г.). – Томск, 2017. – С. 224–226.
- Солохин А. В., Волкова С. А., Горовой П. Г. Стоматография листьев короткокорневищных видов *Cypripedium* (Orchidaceae) Восточной Сибири и Дальнего Востока. // Turczaninowia. – 2005. – №8 (2). – С. 69–74.
- Сулейманова В. Н., Егорова Н. Ю. К экологии *Cypripedium calceolus* L. (Orchidaceae) в Кировской области // Учёные записки Крымского федерального университета им. В. И. Вернадского. Биология. Химия. – 2020. – Т. 6 (72). – № 2. – С. 234–248.
- Татаренко И. В. Орхидные России: жизненные формы, биология, вопросы охраны. – М.: Аргус, 1996. – 207 с.
- Черепанов С. К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). – Русское издание СПб.: Мир и семья, 1995. – 992 с.
- Широков А. И., Салохин А. В., Сырова В. В., Крюков Л. А. Результаты создания коллекции рода *Cypripedium* в НИИ Ботанический сад Нижегородского государственного университета // Вестник Нижегородского государственного университета им. Н. И. Лобачевского. – 2014. – № 3 (3). – С. 150–153.
- Юшкова А. А., Бутова Н. В. Экологическая характеристика местообитаний *Cypripedium calceolus* L. на территории Архангельской области // Евразийский Союз Учёных. Биологические науки. – 2014. – № 7 – 2 (7). – С. 150–151.
- Фардеева М. Б., Лукоянова С. В. Виталитетная структура и различные подходы к её изучению на примере *Cypripedium calceolus* L. // Журнал «Филология и культура. Philology and Culture». – 2011. – № 2 (24). – С. 60–65.

**Gerasimovich L. V. The genus *Cypripedium* in the collection of the Central Siberian Botanical Garden of the Siberian Branch Russian Academy of Sciences // Ekosistemy. 2021. Iss. 25. P. 82–91.**

The article is devoted to the study of the genus *Cypripedium* L., three of the studied species of this genus are included in the Red Book of the Russian Federation. Biological material was taken from natural phytocenoses of the Novosibirsk region and the Altai Republic and introduced on the collection site of the Central Siberian Botanical Garden. The adaptive response of individuals was studied at the morphological level depending on environmental changes in ex situ conditions. The presence of all main stages in the phenological cycle in the adapting representatives of the three species (except for fruiting in *Cypripedium* × *ventricosum*) is an indicator of optimal ecological conditions for ex situ. A comparative analysis of morphometric characters in generative individuals was carried out and significant differences between in situ and ex situ were revealed. The adaptive changes associated with the response to natural abiotic ecological conditions were also identified. The revealed differences in morphometric data for the three species allow us to note the presence of a significant adaptive reaction in *C. calceolus* and *C. macranthon* and relative adaptive inertia in *C. × ventricosum*. The ecological optimum in abiotic factors for the three studied species from the genus *Cypripedium* is the indicators for 2018. The factors for 2018 became optimal for the development of generative buds, which led to 100 % flowering of individuals in *C. macranthon* in 2019. We also performed a dental analysis of the lower surface of the bracts in three species and studied the morphology of the stomatal apparatus. We have noted significant differences between the species, under the same eco-conditions, in the size of stomata and their number per 1 cm<sup>2</sup>.

*Key words:* Orchidaceae, *Cypripedium calceolus*, *Cypripedium macranthon*, *Cypripedium* × *ventricosum*, adaptive variability, morphometry, morphology, bracts stomatography, stomatal apparatus.

*Поступила в редакцию 21.08.20*  
*Принята к печати 28.10.20*

УДК 581.9(476):632.533:581.524.2

## Вторжение чужеродной лианы *Parthenocissus quinquefolia* в лесные фитоценозы юго-востока Белоруссии

Гусев А. П., Соколов А. С.

Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины  
Гомель, Белоруссия  
gusev@gsu.by, alsokol@tut.by

Рассматривается влияние инвазионного вида – лианы *Parthenocissus quinquefolia* (L.) Planch. на состав и характеристики фитоценозов различных типов и ингибирование ею восстановительных сукцессий. Рассмотрены характеристики лесов с доминированием *Parthenocissus quinquefolia*, а также влияние внедрения и разрастания данного вида на процессы восстановительной сукцессии на вырубке, образовавшейся при прокладке трубопровода. Установлено, что доминирование *Parthenocissus quinquefolia* наблюдается в насаждениях чужеродных видов деревьев – *Acer negundo* L. и *Robinia pseudoacacia* L., тогда как в лесах из нативных видов деревьев интенсивного разрастания данной лианы не отмечено. Инвазия *Parthenocissus quinquefolia* ведёт к уменьшению численности и проективного покрытия видов, снижению плотности подроста, исчезновению лесных видов из фитоценозов, высокой доле лугово-степных и адвентивных видов. В фитосоциологическом спектре различных типов фитоценозов с доминированием *Parthenocissus quinquefolia* доминируют виды класса *Artemisietea vulgaris* и других синантропных классов (в сумме более 50 %), тогда как доля видов лугового класса *Molinio-Arrhenatheretea* снижается и составляет 10–15 %. Внедрение в сообщества вырубок *Parthenocissus quinquefolia* приводит к его разрастанию до практически сплошного покрова, вследствие чего замедляется или полностью прекращается естественный процесс вторичной сукцессии, что имеет отрицательные последствия для устойчивости ландшафтов и биоразнообразия. С помощью экологических шкал Д. Н. Цыганова были оценены фитоэкологические режимы в таких сообществах.

**Ключевые слова:** инвазия, *Parthenocissus quinquefolia*, фитосоциологический спектр, ингибирование сукцессии, экологические режимы, эколого-ценотические группы.

### ВВЕДЕНИЕ

Инвазионный вид *Parthenocissus quinquefolia* (L.) Planch. относится к видам-трансформерам, способным задерживать восстановление зональной растительности в антропогенно нарушенных ландшафтах. Данное растение представляет собой североамериканскую деревянистую листопадную корнеотпрысковую лиану, занесенную в «Черную книгу флоры Средней России». По классификации ценоморф А. Л. Бельгарда и Н. М. Матвеева относится к сивлантам, биоценотический оптимум которых находится в биотопе коренных лесных сообществ, по способности к натурализации – к эпокоагриофитам, которые могут натурализоваться как в составе трансформированных экотопов, так и в составе природных, по способу заноса – к эргазиофитам, намеренно занесенным или интродуцированным видам, дичающим из культуры и растущим в естественных условиях без ухода человека (Макарова и др., 2013), по способу опыления энтомофил, по способу распространения семян – орнитохор, по отношению к влаге – мезофит, вырастает в высоту до 15 метров (Овеснов, 2019).

Выращивается в качестве декоративного ампельного растения. Неприхотливо, широко используется в озеленении, дичает редко. В последние годы отмечен выход из культуры, проникновение в естественные, в том числе особо охраняемые фитоценозы, активное и успешное расселение в различных регионах – Сибири, Европейской тайге, Белоруссии, Среднерусской лесостепи, Украине, Поволжье, Дальнем Востоке и др.; проникновение как в различные по составу типы леса, так и в городские насаждения (Сенатор и др., 2010; Григорьевская и др., 2016; Коляда, 2016; Лепешкина, Клевцова, 2016; Ершкова, Соснина, 2019; Зыкова, Шауло, 2019). Л. А. Лепешкина, М. А. Клевцова (2018) указывают, что *Parthenocissus quinquefolia* может реализовывать два варианта стратегий по захвату

местообитаний в зависимости от фактора увлажнения: в засушливые годы – почвопокровное расселение, а в обводненный период – лиановидное расселение. Конкурирует с нативными видами – многолетней травянистой лианой *Humulus lupulus* L. и ветвистым полкустарником *Solanum dulcamara* L.

В условиях Белоруссии *Parthenocissus quinquefolia* является активно расселяющимся как в природных, так и в антропогенных местообитаниях видом, способным подавлять восстановительные сукцессии, вытеснять из местообитаний аборигенные виды (Гусев, 2017; Мялик, Житенев, 2018), что делает актуальной задачей изучение его влияния на состав и структуру фитоценозов различных типов в различных ландшафтах, мониторинг процессов распространения в природных и антропогенных местообитаниях.

Цель исследования – изучение влияния вселения *Parthenocissus quinquefolia* на структуру и экологические характеристики лесной экосистемы и на протекание восстановительной сукцессии в сообществе вырубок.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Объектами исследования являлись два типа фитоценозов, характеризующихся внедрением и разрастанием лианы *Parthenocissus quinquefolia* – лесные фитоценозы на северной окраине города Гомеля и вырубка в южной его части, образованная при прокладке трубопровода с уничтоженной в 2002 году растительностью и, соответственно, начавшейся в этом же году восстановительной сукцессией.

В ходе исследования в лесном фитоценозе было заложено 5 пробных площадей размером 10×10 м с доминированием *Parthenocissus quinquefolia*; на пустоши была заложена постоянная пробная площадь, на которой проводились повторные геоботанические съёмки в 2002–2017 годах с использованием стандартных методов. Проективное покрытие видов травяного яруса определялось с помощью балльной шкалы Б. М. Миркина: + – вид занимает менее 1 %, 1 балл – от 1 до 5 %, 2 балла – от 5 до 15 %, 3 балла – от 15 до 25 %, 4 балла – от 25 до 50 %, 5 баллов – более 50 %. Плотность древесного яруса и подроста определяли путём сплошного пересчёта и выражали в шт./га.

Названия растений в статье даются по С. К. Черепанову (1995). Для изучения экологических условий использовали индикационные шкалы Д. Н. Цыганова (1983). Балловые оценки рассчитывали для каждого описания.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Исследования влияния разрастания *Parthenocissus quinquefolia* на лесной фитоценоз проводились в 2016–2018 гг. Установлены следующие особенности лесных фитоценозов с доминированием *Parthenocissus quinquefolia* (табл. 1). Практически всегда это леса, представляющие собой насаждения чужеродных видов деревьев – *Acer negundo* L. и *Robinia pseudoacacia* L. В лесах из нативных видов деревьев интенсивного разрастания *Parthenocissus quinquefolia* не отмечено. Естественное возобновление также представлено исключительно *Acer negundo* (1100 шт./га) и *Robinia pseudoacacia* (500 шт./га), полностью отсутствуют коренные виды.

В напочвенном покрове полностью отсутствуют лесные виды, он представлен луговыми, синантропными и адвентивными видами. Максимальное проективное покрытие имеют *Solidago canadensis* L., *Chelidonium majus* L. (по 2 балла), *Cirsium arvense* (L.) Scop., *Calamagrostis epigejos* (L.) Roth, *Dactylis glomerata* L., *Artemisia vulgaris* L., *Elytrigia repens* (L.) Desv. ex Nevski, *Geum urbanum* L., *Urtica dioica* L. (по 1 баллу). В единичных количествах (менее 1 %) присутствуют *Erigeron canadensis* L., *Taraxacum officinale* (L.) Webb ex F.H. Wigg., *Cichorium intybus* L., *Arctium lappa* L., *Chenopodium album* L., *Achillea millefolium* L. и другие виды, при этом чужеродные виды (*Stenactis annua* (L.) Cass. ex Less., *Solidago canadensis* L., *Oxalis stricta* L., *Oenothera biennis* L., *Impatiens glandulifera* Royle, *Conyza canadensis* (L.) Cronquist занимают очень значительную долю видов напочвенного покрова.

Таблица 1

Характеристика лесных фитоценозов с доминированием *Parthenocissus quinquefolia*

Показатель	Среднее значение	Диапазон
Проективное покрытие <i>Parthenocissus quinquefolia</i> , %	50,0	30–70
Сомкнутость древостоя	0,7	0,5–0,8
Видовое богатство, число видов на 100 м <sup>2</sup>	13,4	9–15
Численность подроста, шт./га	1600	0–2500
Экологические факторы (по Д. Н. Цыганову)		
Увлажнение почв (шкала Hd)	11,08	10,54–11,50
Переменность увлажнения почв (шкала fH)	6,43	5,00–7,17
Солевой режим почв (шкала Tr)	7,41	6,55–8,00
Содержание азота в почве (шкала Nt)	7,42	7,08–7,79
Кислотно-щелочные условия (шкала Rc)	6,92	6,64–7,13
Режим освещённости / затенения (шкала Lc)	3,03	2,65–3,37
Фитосоциологический спектр		
<i>Artemisietea vulgaris</i>	23,1	11,1–42,9
<i>Chenopodietea</i>	14,7	6,7–21,4
<i>Galio-Urticetea</i>	8,4	0–22,2
<i>Molinio-Arrhenatheretea</i>	11,0	0–14,3
<i>Robinietea</i>	16,3	6,7–33,3
Эколого-ценотические группы		
Луго-степная	32,7	11,1–42,9
Адвентивная	42,9	35,7–55,6
Нитрофильная	15,4	6,7–26,7
Боровая	2,8	0–7,14
Неморальная	7,6	0–11,1

Рассмотрим экологический режим лесных фитоценозов с доминированием *Parthenocissus quinquefolia*, изученный с помощью экологических шкал Д. Н. Цыганова (1983). Результаты расчётов позволяют установить, что такие фитоценозы по режиму увлажнения в среднем относятся к сухолесолуговому типу этого режима, по шкале переменности увлажнения – к типу умеренно-переменного увлажнения, по шкале солевого режима – к типу довольно богатых почв, по содержанию азота – к типу достаточно обеспеченных азотом, по шкале кислотности – к типу слабокислых почв, по шкале освещённости – к типу полуоткрытых пространств.

Рассмотрим особенности эколого-ценотического состава растительности изучаемых фитоценозов. В фитосоциологическом спектре (соотношение диагностических видов классов по эколого-флористической классификации Браун-Бланке (Braun-Blanquet, 1964; Миркин и др., 2002) преобладают виды синантропного класса *Artemisietea vulgaris* Lohmeyer et al. ex von Rochow 1951 (рудеральные сообщества высокорослых двулетних и многолетних видов), составляющие около четверти всех видов. Также заметную долю составляют виды также синантропных классов *Robinietea* Jurko ex Hadač et Sofron 1980 (городская спонтанная древесная растительность и сообщества искусственных насаждений) и *Chenopodietea* Br.-Bl. 1951 (сообщества однолетников, представляющие начальные стадии восстановительных сукцессий после нарушений и сорнополевые сообщества пропашных культур), в сумме составляющие более половины видов. Им уступают виды лугового класса *Molinio-Arrhenatheretea* R.Tx. 1937 em. R.Tx. 1970 (около 10 %). Кроме того, присутствуют виды класса *Epilobietea angustifolii* R.Tx. et Prsg. in R.Tx. 1950 (сообщества вырубков и гарей) и класса *Galio-Urticetea* Passage 1967 (полуестественные и антропогенные нитрофильные

сообщества затененных мест и опушек). Виды классов лесной растительности в данных фитоценозах не обнаружены.

В составе эколого-ценотических групп (по Смирнову и др., 2006) доминируют виды растений адвентивной и лугово-степной групп, в сумме составляющие более 70 % всех видов. Кроме них заметную долю составляют виды нитрофильной группы (6,7–26,7 %). Встречаются также в небольшом количестве боровые и неморальные виды.

Нашими исследованиями установлено, что разрастанием *Parthenocissus quinquefolia* на вырубках может вызывать торможение восстановительной сукцессии. Так, изучение восстановительной сукцессий на вырубке соснового леса, проводимое в 2002–2017 годах показало следующее (табл. 2). После вырубki и корчевания деревьев, при котором был нарушен почвенный покров, сформировалось пионерное сообщество с доминированием рудеральных однолетников (*Chenopodium album*, *Setaria glauca* L., *Erigeron canadensis* и др.). В ходе последовательных смен к 2009 году образовался луговой фитоценоз из многолетних трав (доминирующие виды – *Calamagrostis epigejos*, *Achillea millefolium* и др.) с подростом деревьев. В 2010 году здесь впервые зафиксировано появление *Parthenocissus quinquefolia*. В течение последующих 7 лет проективное покрытие этого вида возрастает с 5 до 90 %.

Таблица 2

Ингибирование сукцессии лианой *Parthenocissus quinquefolia*

Показатель	2009	2010	2017
Проективное покрытие <i>Parthenocissus quinquefolia</i> , %	0,0	5,0	90,0
Всего видов	21	18	12
Численность подроста, шт./га	1400	1300	600
Экологические факторы (по Д.Н. Цыганову)			
Увлажнение почв (шкала Hd)	10,84	10,75	11,65
Переменность увлажнения почв (шкала fH)	6,86	6,95	6,76
Солевой режим почв (шкала Tr)	7,87	7,76	6,76
Содержание азота в почве (шкала Nt)	6,15	6,08	7,27
Кислотно-щелочные условия (шкала Rc)	6,27	6,13	6,49
Режим освещённости / затенения (шкала Lc)	4,00	4,02	3,18
Спектр жизненных форм			
Терофиты	13,6	15,8	8,3
Гемитерофиты	9,1	5,3	16,7
Геофиты	9,1	10,5	8,3
Гемикриптофиты	59,1	52,6	50,0
Фанерофиты	9,1	15,8	16,7
Фитосоциологический спектр			
<i>Chenopodietea</i>	4,5	10,5	8,3
<i>Artemisietea vulgaris</i>	31,8	42,1	41,7
<i>Robinietaea</i>	4,5	5,3	8,3
<i>Epilobietea angustifolii</i>	4,5	5,3	0,0
<i>Molinio-Arrhenatheretea</i>	31,8	15,8	16,7
<i>Sedo-Scleranthethea</i>	4,5	10,5	8,3
Эколого-ценотические группы			
Неморальная	4,5	0,0	8,3
Нитрофильная	4,5	5,3	8,3
Боровая	13,6	15,8	16,7
Водно-болотная	4,5	5,3	0,0
Луго-степная	54,5	57,8	41,7
Адвентивная	18,2	15,8	25,0

Существенные изменения за это время произошли в составе травяного яруса. В составе сообщества с доминированием *Parthenocissus quinquefolia* отмечены *Poa pratensis* L., *Echium vulgare* L., *Artemisia vulgaris*, (с проективным покрытием 1 балл). По сравнению с предыдущими годами значительно снизилось покрытие *Tanacetum vulgare* L., *Artemisia campestris* L., *Elytrigia repens*, *Achillea millefolium*. Выпали из травостоя такие виды, как *Calamagrostis epigeios*, *Oenothera biennis*, *Berteroa incana* (L.) DC., *Veronica longifolia* L. и другие. Общая численность видов уменьшилась в 1,8 раза. В сообществе присутствует подрост деревьев *Acer negundo* (1250 шт./га в 2009 году и 500 шт./га в 2017 году) и *Pinus sylvestris* L. (плотность которого оставалась стабильной на уровне 150–300 шт./га).

Таким образом, видно, что внедрение в сообщество и разрастание *Parthenocissus quinquefolia* снижает разнообразие и проективное покрытие травяных видов, уменьшает численность подроста, то есть замедляет и останавливает процесс естественный процесс вторичной сукцессии, что имеет отрицательные последствия для устойчивости ландшафтов и биоразнообразия.

Основные черты трансформации экологических режимов изучаемой экосистемы в 2009–2017 годах по мере увеличения покрытия *Parthenocissus quinquefolia* с 0 до 90 % проявляются в увеличении влажности почв, снижении почвенного богатства, увеличении содержания азота в почве, некотором снижении кислотности, увеличении освещённости. В спектре жизненных форм снизилась доля гемикриптофитов (в 1,2 раза), и терофитов (в 1,6 раза), увеличилась доля гемитерофитов (в 1,8 раза) и фанерофитов (в 1,8 раза).

В фитосоциологическом спектре до появления *Parthenocissus quinquefolia* преобладали классы *Artemisietea vulgaris* и *Molinio-Arrhenatheretea*, в равной пропорции. В дальнейшем доля видов лугового класса *Molinio-Arrhenatheretea* снизилась в 2 раза, а рудерального класса *Artemisietea vulgaris* возросла, и он стал доминировать, в 2,5 раза превосходя следующий по доле видов класс. В эколого-ценотическом спектре произошло отчётливое увеличение доли адвентивных (в 1,4 раза) и нитрофильных (в 1,8 раза) видов и уменьшилась доля луго-степных видов (в 1,3 раза).

## ВЫВОДЫ

1. В условиях юго-востока Белоруссии *Parthenocissus quinquefolia* может проникать и активно разрастаться в фитоценозах различных типов. Её внедрение ингибирует восстановительную сукцессию, вытесняя лесные виды, обуславливая высокую долю лугово-степных и адвентивных видов, существенно сокращая общую численность видов и плотность подлеска, что отрицательно сказывается на устойчивости и биоразнообразии ландшафтов

2. В обоих типах фитоценозов доминируют виды класса *Artemisietea vulgaris*, доля которых вместе с другими классами синантропной растительности превышает 50 %. Заметную долю (около 10–15 %) составляют виды класса луговой растительности *Molinio-Arrhenatheretea*, а виды лесных классов отсутствуют.

3. В составе лесных фитоценозов с доминированием *Parthenocissus quinquefolia* широко представлены и другие чужеродные виды (*Stenactis annua*, *Solidago canadensis*, *Oxalis stricta*, *Oenothera biennis* и др.), доля которых составляет 35,7–55,6 % от всех видов.

*Исследования выполнены при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований в рамках научного проекта №Б20Р-090.*

## Список литературы

Григорьевская А. Я., Стародубцева Е. А., Лепешкина Л. А., Лисова О. С. Роль интродукции в формировании адвентивной фракции флоры природно-заповедного фонда Воронежской области // Лесотехнический журнал. – 2016. – № 1. – С. 7–20.

Гусев А. П. Ландшафтно-экологический анализ распространения чужеродных видов-трансформеров в природно-антропогенных ландшафтах (юго-восток Беларуси) // Российский журнал прикладной экологии. – 2017. – № 2. – С. 47–51.

- Ершкова Е. В., Соснина М. В. Новые сведения о чужеземных растениях Мордовского заповедника. Труды Мордовского государственного природного заповедника имени П. Г. Смидовича. – 2019. – Вып. 23. – С. 78–85.
- Зыкова Е. Ю., Шауло Д. Н. Новинки в адвентивной флоре Новосибирской области // *Turczaninowia*. – 2019. – Т. 22, № 3. – С. 111–116.
- Коляда Н. А. Определение степени инвазионной опасности североамериканских древесных растений на юге Дальнего Востока России // *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. – 2016. – Т. 18, № 2. – С. 105–108.
- Лепешкина Л. А., Клевцова М. А. Эколого-ценотические аспекты изучения инвазионного компонента сообществ ольховых лесов // *Лесной вестник*. – 2018. – Т. 22, № 4. – С. 117–122.
- Макарова Ю. В., Головлёв А. А., Прохорова Н. В. Материалы к конспекту адвентивной флоры западной части Соколийх гор // *Вестник СамГУ. Естественнонаучная серия*. – 2013. – Т. 9, № 1. – С. 163–176.
- Миркин Б. М., Наумова Л. Г., Соломещ А. И. Современная наука о растительности. – М., Логос, 2002. – 264 с.
- Мялик А. Н., Житенев Л. А. Инвазионный потенциал культивируемых видов флоры Белорусского Полесья // Состояние и перспективы развития зеленого строительства в Республике Беларусь. Тезисы Республиканского научно-практического семинара (Минск, 26–27 апреля 2018 г.). – Минск: Медисонт, 2018. – С. 142–145.
- Овеснов С. А. Деревья и кустарники города Перми. – Нижний Новгород, 2019. – 226 с.
- Сенатор С. А., Саксонов С. В., Раков Н. С. Некоторые особенности адвентивной флоры Тольятти и ее натурализация // *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. – 2010. – Т. 12, № 1 (9). – С. 2334–2340.
- Смирнов В. Э., Ханина Л. Г., Бобровский М. В. Обоснование системы эколого-ценотических групп видов растений лесной зоны Европейской России на основе экологических шкал, геоботанических описаний и статистического анализа. Бюллетень МОИП. Серия биологическая. – 2006. – Т. 111, вып. 2. – С. 36–47.
- Цыганов Д. Н. Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов. – М.: Наука, 1983. – 196 с.
- Черепанов С. К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). – СПб.: Мир и семья, 1995. – 992 с.
- Braun-Blanquet J. *Pflanzensoziologie*. – Wien–New York: Springer-Verlag, 1964. – 865 p.

**Gusev A. P., Sokolov A. S. Invasion of alien liana *Parthenocissus quinquefolia* in forest phytocenoses of South-Eastern Belarus // *Ekosistemy*. 2021. Iss. 25. P. 92–97.**

The paper concentrates on the influence of the invasive species, the liana *Parthenocissus quinquefolia* (L.) Planch., on the change in the composition and characteristics of various types phytocenoses and inhibition of restorative succession by it. Characteristics of forest phytocenoses with prepotency of *Parthenocissus quinquefolia* as well as the influence of the introduction and growth of this species on the processes of restoration succession in deforestrated site formed during the laying of the pipeline, are considered. It was found that prepotency of *Parthenocissus quinquefolia* is observed in the plantations of alien tree species – *Acer negundo* L. and *Robinia pseudoacacia* L., while no intensive growth of this liana was noted in the forests of native tree species. The invasion of *Parthenocissus quinquefolia* leads to decrease in the number and projective cover of species, density of undergrowth, disappearance of forest species from phytocenoses, and a high proportion of meadow-steppe and adventive species. The phytosociological spectrum of different types of phytocenoses with *Parthenocissus quinquefolia* dominating are characterized by predomination of species of vegetation class *Artemisietea vulgaris* and other synanthropic classes (more than 50 % in total), while the share of species of meadow class *Molinio-Arrhenatheretea* decreases to 10–15 %. The introduction of *Parthenocissus quinquefolia* into the felling communities leads to its growth to an almost continuous cover, as a result of which the natural process of secondary succession slows down or completely stops, which has negative consequences for the sustainability of landscapes and biodiversity. Phytocological regimes in such communities were assessed using the ecological scales of D. N. Tsyganov.

**Key words:** invasion, *Parthenocissus quinquefolia*, phytosociological spectrum, inhibition of succession, ecological regimes, ecological-cenotic groups.

Поступила в редакцию 28.09.20

Принята к печати 25.12.20

## Коллекция тропических и субтропических лиан в оранжереях Ботанического сада Уральского отделения Российской академии наук

Савицкий Е. В.<sup>1</sup>, Третьякова А. С.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Ботанический сад Уральского отделения РАН

<sup>2</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина  
Екатеринбург, Россия  
savickiy@mail.ru, alyona.tretyakova@urfu.ru

Приведены данные о таксономическом составе тропических и субтропических лиановых растений в оранжерейной коллекции Ботанического сада Уральского отделения РАН. В настоящее время коллекция лиан насчитывает 136 видов (65 сортов и гибридов), 48 родов, 29 семейств. Наиболее крупными семействами являются Agaceae (60 видов) и Vitaceae (13 видов). К числу самых многовидовых родов можно отнести род *Philodendron* (43 вида) и род *Passiflora* (9 видов). Больше половины видов являются представителями флоры Южной и Центральной Америки (54,8 %). В коллекции представлены эндемики западного и юго-западного Мадагаскара; Новой Зеландии; Эквадора и Южной Бразилии. Среди биоморфологических групп самой многочисленной является группа опирающихся лиан – 63 вида. На основе шкал, разработанных для растений закрытого грунта, оценены успешность интродукции, декоративность цветения и признаков листа. Как показали результаты интродукционной оценки, более половины (55 %) таксонов могут быть отнесены к группам перспективных и очень перспективных растений для интродукции. Другая часть коллекции (45 % таксонов) рассматриваются нами как малоперспективные. Основными причинами снижения успешности интродукции этих видов являются отсутствие цветения и, соответственно, всхожих семян. Отсутствие цветения и семенного возобновления у этих видов компенсируется возможностью вегетативного размножения и высокими темпами укоренения черенков. В оранжерее Ботанического сада Уральского отделения РАН цветение наблюдается только у 50 таксонов лиановых растений. Из них у 20 видов отмечены самые высокие оценки декоративности цветения (8–9 баллов). Высокие декоративные качества нецветущих видов обеспечиваются листьями крупных размеров, необычной формы, окраски или текстуры поверхности.

*Ключевые слова:* оранжерейные растения, лианы, интродукция, оценка декоративности, декоративность цветения, декоративность листьев.

### ВВЕДЕНИЕ

Коллекции тропических и субтропических растений в ботанических садах играют важную роль в изучении и сохранении биоразнообразия, научно-просветительской деятельности. Особое место в них занимают лиановые растения. Многочисленный видовой состав, географическое происхождение, биоморфологические особенности, высокие декоративные качества обеспечивают повышенный интерес к данной группе растений (Жавкина, 2007; Лаптева, 2009).

Предметом наших исследований является коллекция тропических и субтропических лиан в оранжереях Ботанического сада Уральского отделения РАН.

Цель работы – выявить состав коллекции лиан в оранжерейном комплексе Ботанического сада Уральского отделения РАН, провести анализ их географического распространения, рассмотреть декоративность листьев отдельных видов и цветущих растений в целом.

### МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Объектом исследований служила современная коллекция лиан в оранжерейном комплексе Ботанического сада Уральского отделения РАН. Проведена таксономическая ревизия коллекции в соответствии с Международным указателем научных названий растений (IPNI: The International Plant Names Index [сайт] // URL: <http://www.ipni.org>; The Plant List:

[сайт] URL: <http://www.theplantlist.org>). По материалам международных агрегаторов данных по биоразнообразию для видов составлена характеристика географического распространения видов (Species 2000 & ITIS Catalogue of Life [Electronic resource] // URL: [www.catalogueoflife.org/col](http://www.catalogueoflife.org/col); GBIF.org [сайт] // URL: <https://www.gbif.org>). Среди лиановых растений выделяется 4 биоморфологические группы по способу прикрепления к опорам: опирающиеся; корнелазящие; вьющиеся и усиконосные (Серебряков, 1962).

Для оценки результатов перспективности интродукции и декоративности лиановых растений использованы методики, разработанные для растений закрытого грунта (Одегова, 2006; Фершалова, Байкова, 2008; Байкова, Фершалова, 2009). Для оценки успешности интродукции для каждого из исследованных таксонов по пятибалльной шкале были оценены 5 показателей: полнота прохождения растениями фенофаз, способность растений к вегетативному размножению (скорость укоренения вегетативных частей растения при участии человека), интенсивность роста в условиях оранжерей, наличие всхожих семян, повреждаемость растений вредителями и болезнями. Просуммировав баллы по показателям, мы выделили очень перспективные (21–25), перспективные (16–20) и малоперспективные (11–15 баллов) виды лиан (Одегова, 2006; Фершалова, Байкова, 2008).

Для того чтобы оценить декоративность лиановых растений, нами использованы шкалы оценки цветения и декоративности листьев (Байкова, Фершалова, 2009). Основное внимание нами уделено оценке декоративности листьев лиановых. Безусловно, использование лиановых растений в интерьере определяется в первую очередь декоративностью листьев. При оценке декоративности листьев принимали во внимание 6 признаков листовой пластинки – размер, степень расчленения, форму края, текстуру поверхности, характер опушения, окраску. Нами также проведена оценка цветения лиановых растений. Учитывая, что у ряда видов цветки собраны в соцветия, не имеющие декоративных качеств, мы оценивали декоративность соцветий с прицветниками, например у представителей семейств Agaceae и Nuytaginaceae, у *Bougainvillea glabra* Choisy. Таким образом, нами учитывались размер и окраска цветков, или соцветий с прицветниками, продолжительность цветения растения. Просуммировав результаты оценки декоративности листьев, цветков и прицветников мы получили комплексную оценку общей декоративности для каждого исследованного вида.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В настоящее время коллекция лиановых оранжерейных растений Ботанического сада Уральского отделения РАН включает 136 видов (65 сортов и гибридов), 48 родов, 29 семейств. В ней представлено 2 вида из отдела Polypodiophyta (*Lygodium japonicum* (Thunb.) Sw., *L. flexuosum* (L.) Sw.). Большая часть видов (134 вида) относится к отделу Magnoliophyta. Оба класса цветковых растений (Magnoliopsida и Liliopsida) насчитывают примерно равное количество видов – 66 и 68 видов соответственно.

В таблице 1 приведен состав семейств, представленных в коллекции. Самое многочисленное семейство в коллекции Agaceae насчитывает 60 видов. К числу крупных семейств лиановых растений можно отнести семейство Vitaceae (13 видов). Еще 9 семейств насчитывают от 3 до 9 видов. Большинство семейств (18) представлены 1–2 видами (см. табл. 1).

К числу самых крупных родов, представленных в коллекции можно отнести род *Philodendron* (43 вида) и род *Passiflora* (9 видов). Еще 4 рода (*Aristolochia*, *Cissus*, *Monstera* и *Syngonium*) насчитывают по 6 видов. 13 родов представлены 2–3 видами. Большая часть родов в коллекции одновидовые.

Анализ ареалов показал, что большинство лиан, представленных в коллекции, характеризуются распространением во влажных тропических и субтропических лесах. Больше половины видов являются представителями флоры Южной и Центральной Америки (54,8 %). В их числе такие виды как *Philodendron giganteum* Schott, *Philodendron hastatum* K. Koch & Sello, *Mandevilla sanderi* (Hemsl.) Woodson, *Passiflora trifasciata* Lem., *Monstera*

Таблица 1

Семейственный состав лиан в коллекции оранжереи Ботанического сада  
Уральского отделения РАН

Семейство	Количество		
	родов	видов	гибридов, сортов
Araceae	7	60	48
Vitaceae	5	13	3
Passifloraceae	1	9	1
Аросунасеае	6	6	
Aristolochiaceae	1	6	
Cucurbitaceae	3	4	
Araliaceae	1	3	8
Lamiaceae	1	3	
Moraceae	1	3	3
Oleaceae	1	3	
Dioscoriaceae	1	3	1
Lygodiaceae	1	2	
Bignoniaceae	2	2	
Fabaceae	2	2	
Polygonaceae	1	2	
Asparagaceae	1	2	
Asclepiadaceae	1	1	
Asteraceae	1	1	1
Basellaceae	1	1	
Cactaceae	1	1	
Combretaceae	1	1	
Convolvulaceae	1	1	
Crassulaceae	1	1	
Myrtaceae	1	1	
Nyctaginaceae	1	1	
Piperaceae	1	1	
Asphodelaceae	1	1	
Colchicaceae	1	1	
Orchidaceae	1	1	

*acuminata* K. Koch, *Syngonium auritum* (L.) Schott и другие. Кроме того в коллекции имеются представители флор Юго-Восточной Азии (*Jasminum sambac* (L.) Aiton, *Ficus pumila* L., *F. villosa* Blume, *Wisteria sinensis* (Sims) Sweet, *Parthenocissus henryana* (Hemsl.) Graebn. ex Diels & Gilg, и др.), Австралии и Новой Зеландии (*Cissus antarctica* Vent., *Muehlenbeckia australis* (G. Forster) Meisn., *Pandorea jasminoides* (Lindl.) K. Schum., *Tetrastigma leucostaphylum* (Dennst.) Alston и др.), Африки и Мадагаскара (*Asparagus setaceus* (Kunth) Jessop, *Aloe ciliaris* Haw., *Cryptostegia madagascariensis* Bojer ex Decne., *Marsdenia floribunda* (Brongn.) Schltr., *Dioscorea sansibarensis* Pax и др.). В коллекции имеются эндемичные виды: *Xerosicyos danguyi* Humbert. – эндемик западного и юго-западного Мадагаскара; *Metrosideros carminea* W. R. B. Oliv. – эндемик Новой Зеландии; *Philodendron rugosum* Bogner & G. S. Bunting – эндемик Эквадора и *Philodendron renauxii* Reitz – эндемик Южной Бразилии. Меньшим числом представлены виды европейского распространения: *Hedera helix* L., *H. colchica* (K. Koch) K. Koch, *H. canariensis* Willd, *Vitis vinifera* L. (табл. 2).

Таблица 2

Географическая характеристика лиан в коллекции оранжереи Ботанического сада  
Уральского отделения РАН

Географическая приуроченность	Видов	
	количество	доля, %
Южная и Центральная Америка	74	54,8
Юго-Восточная Азия, Южная Америка	4	3,0
Южная и Центральная Америка, Австралия	2	1,5
Юго-Восточная Азия	15	11,1
Юго-Восточная Азия, Австралия	10	7,4
Юго-Восточная Азия, Африка	7	5,2
Африка	14	10,4
Австралия	4	3,0
Африка, Европа	1	0,7
Европа	3	2,2
Южная и Центральная Америка, Африка, Индия, Юго-Восточная Азия и Австралия	1	0,7

В коллекции Ботанического сада Уральского отделения РАН представлены все группы лиан (табл. 3). По численности больше всего опирающихся лиан – 63 вида или 46,3 %. К этой группе можно отнести представителей ароидных (роды *Philodendron*, *Monstera*), *Bougainvillea glabra* Choisy, *Allamanda cathartica* L. и много других. Следующая по числу видов группа усиконосных лиан, насчитывающая 30 видов. К ним относятся виды родов *Tetrastigma*, *Vitis*, *Passiflora* и другие. Немного меньшим числом видов (29) представлена в коллекции группа вьющихся лиан, к которым относятся виды рода *Aristolochia* (*A. littoralis* Parodi, *A. gigantean* Mart. *A. arborea* Linden и др.), *Jasminum polyanthum* Franch, *Passiflora capsularis* L., *Rothea myricoides* (Hochst.) Steane & Mabb. и другие. Группа корнелазящих лиан насчитывает 14 видов: *Ficus sagittata* Vahl, *Scindapsus pictus* Hassk., *Syngonium macrophyllum* Engl., *Epipremnum aureum* (Linden & André) G. S. Bunting и другие.

Таблица 3

Биоморфологические группы лиан в коллекции оранжереи Ботанического сада  
Уральского отделения РАН

Биоморфологическая группа	Видов	
	количество	доля, %
Лианы опирающиеся	63	46,3
Лианы корнелазящие	14	10,3
Лианы вьющиеся	29	21,3
Лианы усиконосные	30	22,1
Всего	136	100

Существенным показателем адаптивных возможностей растений в условиях интродукции является полнота прохождения ими фенофаз. Установлено, что в условиях оранжереи Ботанического сада Уральского отделения РАН только 15 видов (7 % коллекции) лиановых растений проходят полный цикл развития, включая плодоношение, например *Aristolochia littoralis*, *Passiflora capsularis* L., *P. coriacea* Juss., *Monstera deliciosa* Liebm., *M. acacoyaguensis* Matuda, *Asparagus falcatus* L. и другие. Эти виды по показателю «полнота прохождения растениями фенофаз» получили 5 баллов. При этом, только *Passiflora capsularis* дает ежегодно всхожие семена в большом количестве. Большинство видов либо плодоносят нерегулярно (один раз в два-три года), либо дают небольшое количество семян. 4 балла

получили лиановые растения цветущие, но не плодоносящие (35 видов, 17 %). Большая часть коллекции лиан (65 %) в оранжерейных условиях находятся только в вегетативном состоянии (2 балла).

Большинство видов в коллекции хорошо размножаются вегетативно – у 72 % изученных видов черенки укореняются в течение одного-двух месяцев. Такие виды оценены 5 и 4 баллами. Только у 8 видов в настоящее время не удалось получить укоренения черенков (1 балл): *Aristolochia macrophylla* Lam., *A. manshuriensis* Kom., *A. trilobata* L., *Kedrostis africana* (L.) Cogn., *K. leloja* (Forssk. Ex J. F Gmel.) C. Leffrey, *Ipomoea platensis* Ker Gawl., *Strongylodon macrobotrys* A. Gray и *Parthenocissus henryana* (Hemsl.) Graebn. ex Diels & Gilg.

Оценивая интенсивность роста растений в условиях оранжереи, мы выявили годичный прирост более 25 % длины побега (5 и 4 баллов) у 42 % таксонов, около половины из них характеризуются приростом более 40 % длины побегов (5 баллов).

По нашим наблюдениям большинство таксонов лиановых растений в коллекции (75 %) либо вообще не повреждаются вредителями и болезнями (5 баллов), либо слабо повреждаются вредителями (4 балла). Это можно объяснить как профилактическими мероприятиями, регулярно проводимыми в оранжереях, так и устойчивостью изученных растений к болезням. Сильные поражения, с повреждениями всех частей растения выявлены у 3 видов *Cissus alata* Jacq., *Philodendron ornatum* Schott, *Vitis vinifera*.

По результатам интродукционной оценки проведен анализ перспективности видов, сортов и гибридов лиановых растений для интродукции (табл. 4). Более половины исследованных таксонов (55 %) набрали по суммарной оценке более 16 баллов и могут быть отнесены к группам перспективных и очень перспективных растений. В то же время, достаточно большая часть коллекции (45 % таксонов) рассматриваются нами как малоперспективные. Основными причинами снижения успешности интродукции этих видов являются отсутствие цветения и, соответственно, всхожих семян. Однако, отсутствие цветения и семенного возобновления у этих видов компенсируется возможностью вегетативного размножения и высокими темпами укоренения черенков. Таким образом, условно для них также можно говорить о высоком интродукционном потенциале. Исключительно низкие оценки перспективности интродукции (9–10 баллов) получили только 4 вида: *Strongylodon macrobotrys*, *Asparagus setaceus* (Kunth) Jessop, *Aristolochia macrophylla*, *A. manshuriensis*.

Таблица 4

Перспективность видов, сортов и гибридов лиановых растений для интродукции

Уровень перспективности	Количество баллов	Видов	
		количество	доля, %
Очень перспективные	21–25	5	2
Перспективные	16–20	105	53
Малоперспективные	меньше 15	91	45

Как было отмечено выше, в оранжерее Ботанического сада Уральского отделения РАН цветение отмечено только у 50 таксонов лиановых растений. Все таксоны в коллекции имеют крупные (более 5 см в диаметре) и средние (1–5 см) цветки или соцветия. Среди лиановых растений немного видов с одиночными цветками. В качестве примера можно привести *Allamanda cathartica* L., *Ipomoea platensis*, *Gloriosa superba* L., виды родов *Aristolochia*, *Passiflora* и другие. При этом декоративность цветков высока вследствие их крупных размеров. Около 70 % лиановых растений имеют двуцветные, или однотонные цветки с яркой окраской. Около трети таксонов по окраске прицветников и цветков малодекоративны, например виды родов *Monstera*, *Philodendron*. Около 65 % исследованных таксонов цветут время от времени, либо в течение короткого времени. Длительноцветущими растениями (более полугодя) являются 17 видов.

Таким образом, 20 видов лиановых растений получили самые высокие оценки декоративности цветения (8–9 баллов). Это *Gloriosa superba*, *Hoya carnosa* (L. f.) R. Br., *Jasminum polyanthum* Franch, *Bougainvillea glabra*, *Aristolochia gigantean* и другие.

В озеленении интерьеров в основном используются лиановые растения благодаря декоративности листьев (крупные размеры, необычная форма, окраска или текстура). Установлено, что 82 % таксонов обладают средними и крупными листьями (более 5 см и 10 см длиной соответственно). По степени расчленения листовой пластинки преобладают лиановые растения с цельными листьями (55 %). Виды с лопастными или рассеченными листьями составляют 38 % коллекции. Раздельные или сложные листья представлены у 16 таксонов (*Cyphostemma njejerre* (Gilg & Strauss) Desc., виды родов *Tetrastigma*, *Cissus*). У большинства видов листья с цельным краем, гладкой поверхностью, без опушения. Только 27 % лиановых растений характеризуются зубчатым, городчатым или волнистым краем листовой пластинки; 22 % имеют гофрированную или морщинистую поверхность листьев; у 9 % листья опушенные или щетинистые. Основная часть исследованных растений имеет листья с ровной зеленой окраской, без рисунка и глянцевого блеска. Более высокую привлекательность имеют растения с необычной окраской листьев (окрашенные, или со сложным рисунком в виде узоров и пятен разнообразной формы и окраски). Таковых в коллекции около 30 %.

В целом максимальную оценку (13–14 баллов) по показателю декоративности листьев получили 7 видов лиановых растений (*Philodendron verrucosum* L. Mathieu ex Schott cv. «Ecuador», *Philodendron imbe* Schott ex Kunth cv. «White Marble», *Cyphostemma njejerre*, *Tetrastigma voinierianum* (Baltet) Gagnep, и др.).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время коллекция лиановых растений Ботанического сада Уральского отделения РАН насчитывает 136 видов (65 сортов и гибридов), 48 родов, 29 семейств. Наиболее крупными семействами являются Agaceae (60 видов) и Vitaceae (13 видов). К числу самых многовидовых родов можно отнести род *Philodendron* (43 вида) и род *Passiflora* (9 видов). Больше половины видов являются представителями флоры Южной и Центральной Америки (54,8 %). В коллекции представлены эндемики западного и юго-западного Мадагаскара; Новой Зеландии; Эквадора и Южной Бразилии. Меньшим числом представлены виды европейского распространения (3 вида, 2 %). Среди биоморфологических групп самой многочисленной является группа опирающихся лиан – 63 вида.

Как показали результаты интродукционной оценки, более половины (55 %) таксонов могут быть отнесены к группам перспективных и очень перспективных растений для интродукции. Другая часть коллекции (45 % таксонов) рассматриваются нами как малоперспективные. Основными причинами снижения успешности интродукции этих видов являются отсутствие цветения и, соответственно, всхожих семян. Отсутствие цветения и семенного возобновления у этих видов компенсируется возможностью вегетативного размножения и высокими темпами укоренения черенков.

В оранжерее Ботанического сада Уральского отделения РАН цветение наблюдается только у 50 таксонов лиановых растений. Из них у 20 видов отмечены самые высокие оценки декоративности цветения (8–9 баллов). Высокие декоративные качества нецветущих видов обеспечиваются листьями крупных размеров, необычной формы, окраски или текстуры поверхности. Оценка перспективности интродукции и декоративности лиановых растений является необходимым этапом для расширения ассортимента используемых в озеленении интерьеров таксонов, а также для разработки рекомендаций по их выращиванию и размножению в условиях культуры.

Решение данных вопросов позволит расширить ассортимент рекомендованных к озеленению интерьеров видов растений, а также разработать рекомендаций по их выращиванию и размножению в условиях культуры.

*Работа выполнена в рамках Государственного задания для Ботанического сада Уральского отделения Российской академии наук по теме АААА-А17-117072810010-4.*

### Список литературы

- Байкова Е. В., Фершалова Т. Д. Методика оценки декоративности представителей рода *Begonia* L. при интродукции // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2009. – № 8 (200). – С. 27–34.
- Жавкина Т. М. К особенностям коллекций лиановых растений в ботанических садах // Вестник Самарского государственного университета. Естественная серия. – 2007. – № 8 (58). – С. 351–360.
- Лаптева Н. П. Коллекция деревянистых лиан в ЦСБС СО РАН // Вестник ИрГСХА. – 2011. – № 44-3. – С. 111–117.
- Одегова М. А. Интродукция тропических и субтропических растений в Центральной Якутии. – Якутск, 2006. – 168 с.
- Серебряков И. Г. Экологическая морфология растений: Жизненные формы покрытосемянных и хвойных. – М.: Высшая школа, 1962. – 378 с.
- Фершалова Т. Д., Байкова Е. В. Итоги интродукции представителей рода *Begonia* (Begoniaceae) в Центральном Сибирском Ботаническом Саду // Растительный мир Азиатской России. – 2008. – № 2. – С. 89–94.
- IPNI: The International Plant Names Index. URL: <http://www.ipni.org>. [Accessed: 30.06.2020].
- GBIF.org (2019), GBIF Home Page. [Electronic resource]. URL: <https://www.gbif.org> [Accessed: 20.09.2019].
- Species 2000 & ITIS Catalogue of Life, 22nd March 2017. Species 2000: Naturalis, Leiden, the Netherlands. [Electronic resource]. URL: [www.catalogueoflife.org/col](http://www.catalogueoflife.org/col). [Accessed: 30.06.2020]
- The Plant List. URL: <http://www.theplantlist.org/> [Accessed: 30.06.2020].

**Savitsky E. V., Tretyakova A. S. Greenhouse collection of tropical and subtropical lianas in the Botanical Garden of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences // Ekosistemy. 2021. Iss. 25. P. 98–104.**

Data on the taxonomic composition of tropical and subtropical lianas in the greenhouse collection of the Botanical Garden of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences are presented. Currently, the collection of lianas includes 136 species (65 varieties and hybrids), 48 genera, 29 families. The largest families are Araceae (60 species) and Vitaceae (13 species), the largest genera are *Philodendron* (43 species) and *Passiflora* (9 species). More than half of the species are representatives of the flora of South and Central America (54.8 %). The collection includes endemics of western and southwestern Madagascar; New Zealand; Ecuador and South Brazil. The most numerous biomorphological group is the group of leaning lianas – 63 species. We estimated the success of the introduction and the decorative effect of blooms and leaf of the lianas in the collection. Our results showed about 55 % of species can be assigned to the groups of promising and very promising plants for introduction. The other part of the collection (45 % of species) is unpromising. The main reasons for the decrease in the success of the introduction of these species are the absence of blooms and, accordingly, of germinating seeds. Bloom is observed only in 50 species of lianas in the greenhouse collection. About 20 species had the highest estimates of the decorativeness of bloom (8–9 points). High decorative qualities of non-bloom species are provided by leaves of large size, unusual shape, color or surface texture.

*Key words:* greenhouse plants, lianas, introduction, assessment of decorativeness, decorativeness of flowering, decorativeness of leaves.

*Поступила в редакцию 15.11.20  
Принята к печати 16.12.20*

## Панцирные клещи (Acariformes, Oribatida) Внутригорного Дагестана (Гунибский район)

Давудова Э. З.

Дагестанский государственный университет, Институт экологии и устойчивого развития  
Махачкала, Республика Дагестан, Россия  
dezella@mail.ru

Панцирные клещи являются важными регуляторами минерализации органических остатков и иммобилизации различных биогенов в почве. В ходе проведенных исследований на территории Гунибского района Республики Дагестан выявлено всего 89 видов панцирных клещей относящиеся к 61 родам и 41 семейству. Получены новые данные, дополняющие список видов панцирных клещей Кавказа в целом. Обнаружен недавно описанный вид – *Liacarus (Dorycranosus) musaevi*; отмечены два эндемичных вида Кавказа: *Xenillus sculptrus*, *Suctobelba cornigera*. Среди других групп почвенной микрофауны панцирные клещи занимают лидирующее положение, как в отношении их численности, так и по отношению обилия видов. В исследованиях, проводимых в горных системах, установлено, что общей закономерностью является уменьшение численности микроартропод с увеличением абсолютной высоты. Очень часто картина изменения таксономического богатства и плотности населения комплекса микроартропод имеет ромбовидный характер, характеризуясь максимумами в поясе с наиболее благоприятным микроклиматом для большой группы видов. Сверху вниз, по профилю горы плотность населения микроартропод и таксономическое богатство снижаются. В результате исследований установлено, что максимальная плотность населения и обилие видов орибатид наблюдается в почве березового леса и плавное их снижение по мере перехода к разнотравным лугам, что объясняется изменением гидротермических условий почвенных горизонтов как вследствие увеличения высоты, так и вследствие смены характера растительности на безлесную.

*Ключевые слова:* панцирные клещи, разнообразие видов, Республика Дагестан, Гунибский район.

### ВВЕДЕНИЕ

Панцирные клещи или орибатиды (Acariformes: Oribatida) – это эволюционно древняя, разнообразная в таксономическом и экологическом отношении группа клещей; в мировой фауне описано около 13497 (Subías, 2020) видов; на Кавказе зарегистрировано 1053 видов (Штанчаева, Субиас, 2010). Эти клещи составляют ядро почвенной мезофауны, и им принадлежит руководящая роль в плодородии почвы. На долю орибатид приходится около 2 % энергии, проходящей через экосистемы (Криволицкий, 1977). На своих покровах они переносят споры и гифы грибов, бактерий, распространяя их и, таким образом, существенно влияя на микробиоценоз почв (Behan-Pelletier, 1999). Являясь важной частью детритного звена экосистем, орибатиды способствуют скорейшему высвобождению элементов и возвращению их в круговорот (Стриганова, 1980). Наряду с другими представителями микроартропод, они могут оставаться активными под снегом в течение зимнего периода, выполняя свою экологическую роль в течение всего года (Криволицкий, 1971). Практически повсеместное распространение орибатид привлекало и привлекает по сей день внимание к ним всех исследователей почвенной фауны. Изучение закономерностей пространственного распределения почвенной биоты в градиентах высотной поясности представляет большой научный интерес. На относительно небольшом протяжении закономерно изменяются многие условия среды обитания, такие как растительность, экспозиция и крутизна склонов, типы почв и другие параметры, создавая возможность для формирования уникальных фаунистических комплексов.

Пространственная экология почвенных животных позволяет решать широкий круг задач, направленных на выяснения закономерностей структуры и функционирования почвенной биоты в естественных условиях и при антропогенном воздействии (Штирц и др. 2013).

Важная роль орибатид в наземных биоценозах, их исключительное видовое разнообразие и широта диапазона экологических ниш привлекают внимание исследователей к изучению систематики и функциональной морфологии клещей этой группы. Неоднородность размещения почвенных животных в пространстве была отмечена давно, однако анализ пространственного распределения беспозвоночных начался лишь во второй половине XX века (Покаржевский и др., 2007). Важность знания закономерностей пространственного распределения беспозвоночных на сельхозугодьях была продемонстрирована в работах С. Зиса и Т. Чрантке (Thies, Tschrantke, 1999), Ф. Хендрикса (Henrdrickx et al., 2007) и других. Биоразнообразие почв важно для поддержания стабильности агроэкосистем (Brussaard et al., 2007). Мозаичность пространственного распределения орибатидных клещей и коллембол в пахотных почвах была отмечена в работах Н. М. Черновой (1982).

Вертикально-поясное распределение орибатид в горах имеет свои характерные особенности. В лесах гор встречается наибольшее количество видов с высокой численностью, но по мере возрастания абсолютной высоты обилие видов и численность клещей резко сокращаются. Высокое видовое разнообразие орибатид в горно-лесном поясе объясняется наличием здесь благоприятных условий для существования панцирных клещей и разнообразием их экологических ниш. Следует отметить, что в ландшафтах луговой степи и горной степи, которые располагаются ниже лесного пояса, видовое богатство и плотность населения панцирных клещей постепенно снижается (Баяртогтох, 1997).

На формирование фаунистических комплексов микроартропод влияет пестрота условий их обитания, структура растительного покрова. Основной средообразующий фактор орибатид является соотношение тепла и влаги (Газалиев, 2014). Немаловажную роль играют экспозиция и крутизна склонов, так как северные и южные склоны гор имеют различную влагу и теплообеспеченность (Атаев, 2006, Керимханов, 1973). Все вышеперечисленные параметры создают выраженную пространственную мозаичность среды.

Богатая и разнообразная фауна Дагестана издавна привлекала и по сей день привлекает исследователей различных областей науки.

Цель работы – изучить панцирных клещей (Acariformes, Oribatida) Гунибского района Республики Дагестан.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Основу работы составляет зоологический материал, а именно панцирные клещи Гунибского района Республики Дагестан (рис. 1), извлеченные из почвенных проб осенью и весной согласно методике количественных учетов (Гиляров, 1965; Криволуцкий и др., 1995).



Рис. 1. Панцирные клещи (Acariformes: Oribatida)

Извлечение микроартропод из почвенных образцов осуществлялось с помощью термоэлектратора Берлезе-Тулъгрена. Применение светового электратора при извлечении мелких почвенных организмов основано на использовании отрицательной фототаксии почвенных организмов. В лабораторных условиях это были стационарные электраторы с электрическими лампочками 40 Вт, закрепленными на высоте 20 см над уровнем образца, помещенного в металлическое сито. В полевых условиях были использованы разборные переносные электраторы и генератор.

Выборка и их определение осуществлялись под микроскопом. Математическая обработка данных, построение графиков и диаграмм проведена в программе Microsoft Office Excel 2010.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В ходе проведенных исследований выявлено таксономическое разнообразие фауны панцирных клещей Гунибского района (табл. 1), а именно: 89 видов орибатид относящиеся к 61 родам и 41 семействам (рис. 2).

Таблица 1

Таксономическое разнообразие фауны орибатид Гунибского района Республики Дагестан

Семейство	Род	Вид
1	2	3
Hypochthoniidae Berlese, 1910	<i>Hypochthonius</i> Koch, 1835	<i>Hypochthonius luteus</i> (Oudemans, 1917)
Eniochthoniidae Grandjean, 1947	<i>Hypochthoniella</i> Berlese, 1910	<i>Hypochthoniella minutissima</i> (Berlese, 1904)
Brachychthoniidae Thor, 1934	<i>Liochthonius</i> Hammen, 1959	<i>Liochthonius lapponicus</i> (Trägårdh, 1910)
	<i>Poecilochthonius</i> Balogh, 1943	<i>Poecilochthonius italicus</i> (Berlese, 1910)
	<i>Sellnickochthonius</i> Krivolutsky, 1964	<i>Sellnickochthonius rostratus</i> (Jacot, 1936)
Eulohmanniidae Grandjean, 1931	<i>Eulohmannia</i> Berlese, 1910	<i>Eulohmannia ribagai</i> (Berlese, 1910)
Epilohmanniidae Oudemans, 1923	<i>Epilohmannia</i> Berlese, 1910	<i>Epilohmannia cylindrica cylindrica</i> (Berlese, 1904)
Oribotritiidae Grandjean, 1954	<i>Oribotritia</i> Jacot, 1924	<i>Oribotritia hermanni</i> (Grandjean, 1967)
Euphthiracaridae Jacot, 1930	<i>Acrotritia</i> Jacot, 1923	<i>Acrotritia ardua ardua</i> (Koch, 1841)
Phthiracaridae Perty, 1841	<i>Atropacarus</i> Ewing, 1917	<i>Atropacarus</i> sp.
		<i>Atropacarus phyllophorus</i> (Berlese, 1904)
		<i>Atropacarus striculus</i> (Koch, 1835)
	<i>Notophthiracarus</i> Ramsay, 1966	<i>Notophthiracarus meridionalis</i> (Sergienko, 1992)
	<i>Phthiracarus</i> ( <i>Phthiracarus</i> ) Perty, 1841	<i>Phthiracarus</i> ( <i>P.</i> ) <i>longulus</i> (Koch, 1841)
	<i>Phthiracarus</i> ( <i>Archiphthiracarus</i> ) Balogh et Mahunka, 1979	<i>Phthiracarus</i> ( <i>A.</i> ) <i>globosus</i> (Koch, 1841)
<i>Steganacarus</i> ( <i>Tropacarus</i> ) Ewing, 1917	<i>Steganacarus</i> ( <i>T.</i> ) <i>lucidus</i> (Sergienko, 1994)	
Trhypochthoniidae Willmann, 1931	<i>Trhypochthonius</i> Berlese, 1904	<i>Trhypochthonius tectorum</i> (Berlese, 1896)
Nothridae Berlese, 1896	<i>Nothrus</i> Koch, 1836	<i>Nothrus borussicus</i> (Sellnick, 1928)
		<i>Nothrus palustris</i> (Koch, 1839)
		<i>Nothrus pratensis</i> (Sellnick, 1928)

Таблица 1 (продолжение)

1	2	3
Crotoniidae Thorell, 1876	<i>Heminothrus (Platynothrus)</i> Berlese, 1913	<i>Heminothrus (P.) peltifer</i> (Koch, 1839)
Hermanniidae Sellnick, 1928	<i>Hermannia</i> Nicolet, 1855	<i>Hermannia gibba</i> (Koch, 1839)
Hermanniellidae Grandjean, 1934	<i>Hermanniella</i> Berlese, 1908	<i>Hermanniella serrata</i> Sitnikova, 1973
Damaeidae Berlese, 1896	<i>Damaeus (Damaeus)</i> Koch, 1835	<i>Damaeus (D.) crispatus</i> (Kulczynski, 1902) <i>Damaeus (D.) maximus</i> (Mihelčič, 1957)
	<i>Metabelba (Metabelba)</i> Grandjean, 1936	<i>Metabelba (M.) pulverulenta</i> (Koch, 1839)
Compactozetidae Luxton, 1988	<i>Cepheus</i> Koch, 1835	<i>Cepheus dentatus</i> (Michael, 1888) <i>Cepheus latus</i> (Koch, 1835)
Zetorchestidae Michael, 1898	<i>Zetorchestes</i> Berlese, 1888	<i>Zetorchestes micronychus</i> (Berlese, 1883)
Ceratoppiidae Kunst, 1971	<i>Ceratoppia</i> Berlese, 1908	<i>Ceratoppia quadridentata</i> (Haller, 1882)
Gustaviidae Oudemans, 1900	<i>Gustavia</i> Kramer, 1879	<i>Gustavia fusifer</i> (Koch, 1841)
Liacaridae Sellnick, 1928	<i>Liacarus (Liacarus)</i> Michael, 1898	<i>Liacarus (L.) xylariae xylariae</i> (Schrank, 1803)
	<i>Liacarus (Dorycranosus)</i> Woolley, 1969	<i>Liacarus (D.) musaevi</i> (Shtanchaeva, 2008) <i>Liacarus (D.) zachvatkini</i> (Kulijev, 1962)
		<i>Xenillus discrepans</i> (Grandjean, 1936) <i>Xenillus sculptrus</i> (Kulijev, 1963)
Xenillidae Woolley et Higgins, 196	<i>Xenillus</i> Robineau-Desvoidy, 1839	
Eremaeidae Oudemans, 1900	<i>Eremaeus</i> Koch, 1835	<i>Eremaeus hepaticus cordiformis</i> (Grandjean, 1934)
Damaeolidae Grandjean, 1965	<i>Damaeolus</i> Paoli, 1908	<i>Damaeolus ornatissimus</i> (Csiszár, 1962)
	<i>Fosseremus</i> Grandjean, 1954	<i>Fosseremus laciniatus</i> (Berlese, 1905)
Oribellidae Kunst, 1971	<i>Pantelozetes</i> Grandjean, 1953	<i>Pantelozetes paolii</i> (Oudemans, 1913)
Multioppiinae Balogh, 1983	<i>Ramusella (Ramusella)</i> Hammer, 1962	<i>Ramusella (R.) puertomontensis</i> (Hammer, 1962)
Medioppiinae Subías et Mínguez, 1985	<i>Microppia</i> Balogh, 1983	<i>Microppia minus minus</i> (Paoli, 1908)
	<i>Rhinoppia</i> Balogh, 1983	<i>Rhinoppia bulanovae bulanovae</i> (Kulijev, 1962)
		<i>Rhinoppia obsoleta obsoleta</i> (Paoli, 1908)
		<i>Rhinoppia subpectinata</i> (Oudemans, 1900)
Oppiellinae Seniczak, 1975	<i>Berniniella</i> Balogh, 1983	<i>Berniniella inornata</i> (Mihelčič, 1957)
		<i>Berniniella silvatica</i> (Vasilii & Calugar, 1976)
	<i>Moritzoppia (Moritzoppia)</i> Subías et Rodríguez, 1988	<i>Moritzoppia (M.) keilbachi</i> (Moritz, 1969)
		<i>Moritzoppia (M.) unicarinata unicarinata</i> (Paoli, 1908)
	<i>Oppiella (Oppiella)</i> Jacot, 1937	<i>Oppiella (O.) nova</i> (Oudemans, 1902)
Oxyoppiinae Subías, 1989	<i>Oxyoppia</i> Balogh et Mahunka, 1969	<i>Oxyoppia dubia</i> (Kulijev, 1966)
Quadroppiidae Balogh, 1983	<i>Quadroppia (Quadroppia)</i> Jacot, 1939	<i>Quadroppia (Q.) quadricarinata</i> (Michael, 1885)
	<i>Quadroppia (Coronoquadroppia)</i> Ohkubo, 1995	<i>Quadroppia (C.) michaeli</i> (Mahunka, 1977)

Таблица 1 (продолжение)

1	2	3
Suctobelbidae Jacot, 1938	<i>Suctobelba</i> Paoli, 1908	<i>Suctobelba cornigera</i> (Shtanchaeva et Subías, 2009)
		<i>Suctobelba granulata granulata</i> (Hammen, 1952)
	<i>Suctobelbella</i> ( <i>Suctobelbella</i> ) Jacot, 1937	<i>Suctobelbella</i> ( <i>S.</i> ) <i>acutidens acutidens</i> (Forsslund, 1941)
		<i>Suctobelbella</i> ( <i>S.</i> ) <i>acutidens duplex</i> (Strenzke, 1950)
		<i>Suctobelbella</i> ( <i>S.</i> ) <i>opistodentata</i> (Golosova, 1970)
		<i>Suctobelbella</i> ( <i>S.</i> ) <i>subcornigera subcornigera</i> (Forsslund, 1941)
		<i>Suctobelbella</i> ( <i>S.</i> ) <i>subtrigona</i> (Oudemans, 1900)
	<i>Suctobelbella</i> ( <i>Flagrosuctobelba</i> ) Hammer, 1979	<i>Suctobelbella</i> ( <i>F.</i> ) <i>alloenasuta</i> (Moritz, 1971)
		<i>Suctobelbella</i> ( <i>F.</i> ) <i>forsslundi</i> (Strenzke, 1950)
<i>Suctobelbella</i> ( <i>F.</i> ) <i>nasalis</i> (Forsslund, 1941)		
Tectocephidae Grandjean, 1954	<i>Tectocephus</i> Berlese, 1896	<i>Tectocephus velatus</i> (Michael, 1880)
Phenopelopidae Petrunkevitch, 1955	<i>Eupelops</i> Ewing, 1917	<i>Eupelops tardus</i> (Koch, 1835)
		<i>Eupelops torulosus torulosus</i> (Koch, 1839)
	<i>Peloptulus</i> Berlese, 1908	<i>Peloptulus gibbus</i> (Mihelčič, 1957)
		<i>Peloptulus phaeonotus</i> (Koch, 1844)
Achipteriidae Thor, 1929	<i>Achipteria</i> Berlese, 1885	<i>Achipteria italica</i> (Oudemans, 1914)
Tegoribatidae Grandjean, 1954	<i>Scutozetes</i> Hammer, 1952	<i>Scutozetes lanceolatus</i> (Hammer, 1952)
Ceratozetidae Jacot, 1925	<i>Ceratozetella</i> Shaldybina, 1966	<i>Ceratozetella cuspidodenticulata</i> (Kulijev, 1962)
		<i>Ceratozetella sellnicki</i> (Rajski, 1958)
	<i>Trichoribates</i> ( <i>Trichoribates</i> ) Berlese, 1910	<i>Trichoribates</i> ( <i>T.</i> ) <i>novus novus</i> (Sellnick, 1928)
Chamobatidae Thor, 1937	<i>Chamobates</i> ( <i>Chamobates</i> ) Hull, 1916	<i>Chamobates</i> ( <i>C.</i> ) <i>subglobulus</i> (Oudemans, 1900)
Punctoribatidae Thor, 1937	<i>Minunthozetes</i> Hull, 1916	<i>Minunthozetes pseudofusiger</i> (Schweizer, 1922)
	<i>Punctoribates</i> ( <i>Punctoribates</i> ) Berlese, 1908	<i>Punctoribates</i> ( <i>P.</i> ) <i>mundus</i> (Shaldybina, 1973)
Liebstadiidae J. et P. Balogh, 1984	<i>Liebstadia</i> ( <i>Liebstadia</i> ) Oudemans, 1906	<i>Liebstadia</i> ( <i>L.</i> ) <i>pannonica pannonica</i> (Willmann, 1951)
		<i>Liebstadia</i> ( <i>L.</i> ) <i>similis similis</i> (Michael, 1888)
Scheloribatidae Jacot, 1935	<i>Perscheloribates</i> Hammer, 1973	<i>Perscheloribates</i> sp.
	<i>Schelorbates</i> Berlese, 1908	<i>Schelorbates laevigatus laevigatus</i> (Koch, 1835)
		<i>Schelorbates pallidulus pallidulus</i> (Koch, 1841)
Protoribatidae J. et P. Balogh, 1984	<i>Protoribates</i> ( <i>Protoribates</i> ) Berlese, 1908	<i>Protoribates</i> ( <i>P.</i> ) <i>capucinus</i> (Berlese, 1908)
		<i>Protoribates</i> ( <i>P.</i> ) <i>lophothrichus</i> (Berlese, 1904)
	<i>Protoribates</i> ( <i>Triaungius</i> ) Kulijev, 1978	<i>Protoribates</i> ( <i>Triaungius</i> ) sp.

Таблица 1 (продолжение)

1	2	3
<i>Lauritzenia</i> Hammer, 1958	<i>Lauritzenia (Incabates)</i> Hammer, 1961	<i>Lauritzenia (Incabates) elegans</i> (Kunst, 1977)
		<i>Lauritzenia (Incabates) tenuifusus</i> (Berlese, 1916)
Galumnidae Jacot, 1925	<i>Galumna</i> Heyden, 1826	<i>Galumna lanceata</i> (Oudemans, 1900)
	<i>Pilogalumna</i> Grandjean, 1956	<i>Pilogalumna tenuiclava tenuiclava</i> (Berlese, 1908)
Всего семейств – 41	Родов – 61	Видов – 89

Вышеперечисленный список включает в себя данные, дополняющие список видов панцирных клещей Кавказа в целом:

- недавно описанный как новый для науки вид – *Liacarus (D.) musaevi*, обнаруженный в Гунибе (Штанчаева, 2004);
- эндемичные виды Кавказа – *Xenillus sculptrus*, *Suctobelba cornigera*.

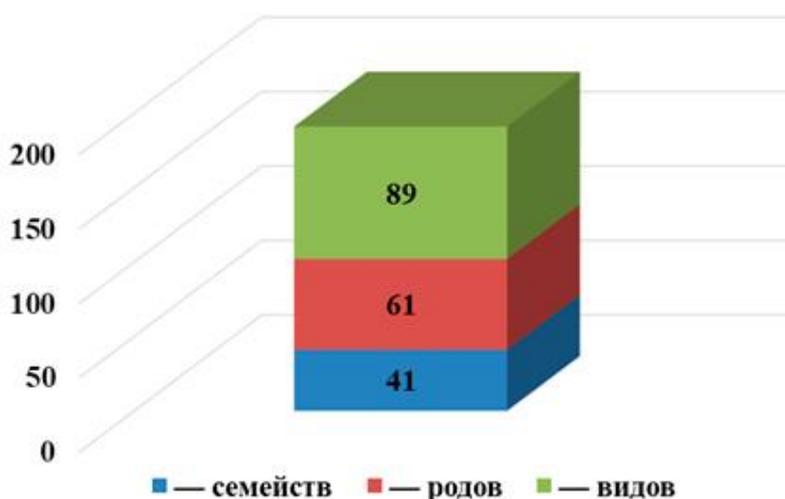


Рис. 2. Эколого-фаунистический состав панцирных клещей Гунибского района Республики Дагестан

Микроартроподы являются эколого-таксономически размерной группой почвенных беспозвоночных, включающая большое число таксонов мелких членистоногих и многочисленными почти во всех типах почв и влияющие на большое число их параметров (Леонов, Рахлеева, 2011). Соответственно высока плотность и численность обсуждаемой фауны. В ходе исследований, проведенных в горных системах, установлено, что общей закономерностью является уменьшение численности микроартропод с увеличением абсолютной высоты (Работнов, 1987). Очень часто картина изменения таксономического богатства и плотности населения комплекса микроартропод имеет ромбовидный характер, характеризуясь максимумами в поясе с наиболее благоприятным микроклиматом для большой группы видов. Сверху вниз, по профилю горы плотность населения микроартропод и таксономическое богатство снижаются. Данные закономерности уменьшения таксономического богатства и плотности населения комплекса микроартропод могут нарушаться, но картина численности и обилия видов в основном носит отмеченный характер.

Численность панцирных клещей березового леса района исследования составила 74,7 тыс./м<sup>2</sup>, а обилие видов всего 58. С переходом леса в послелесной разнотравный луг наблюдается постепенное снижение численности, соответственно и плотности орибатид: всего обнаружено 31 видов, а плотность составила 41 тыс./м<sup>2</sup>. Не сильно различаются

показатели численности и плотности субальпийского злаково-разнотравного луга: обнаружено всего 29 видов, с плотностью равной 40 тыс./м<sup>2</sup> (рис. 3).



Рис. 3. Численность и плотность панцирных клещей Гунибского района Республики Дагестан

В результате исследования максимальная плотность населения и обилие видов орибатид наблюдается в почве березового леса, и плавное ее снижение по мере перехода к разнотравным лугам. Такая закономерность объясняется изменением гидротермических условий почвенных горизонтов, как вследствие увеличения высоты, так и вследствие смены характера растительности на безлесную.

На рассматриваемых биотопах Гунибского района РД панцирные клещи занимают доминирующее положение среди прочих групп микроартропод. В целом их доля составляет около 70 %, на участке березового леса, а доля их в структуре доминирования составила более 73 %, на разнотравных лугах – 66 %.

Среди сообществ панцирных клещей рассматриваемого района выделяются многочисленные, малочисленные и редкие.

Так, доминирующими в комплексе орибатид березового леса выделены всего 4 вида: *H. minutissima*, *F. laciniatus*, *A. ardua ardua*, *O. nova*; субдоминантами представлены такие два вида как – *A. striculus*, *S. subcornigera subcornigera*.

Послелесной разнотравный луг представлен следующими тремя видами доминантами: *M. minus minus*, *E. cylindrica cylindrica*, *S. pallidulus pallidulus*; представителями субдоминантов являются следующие два вида: *H. peltifer*, *S. laevigatus laevigatus*;

Субальпийский злаково-разнотравный луг включает два доминирующих вида: *T. velatus velatus*, *P. capucinus*; и один малочисленный вид – *P. lophothrichus*.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований в Гунибском районе Республики Дагестан, получены новые данные, дополняющие список видов панцирных клещей Кавказа в целом.

Обнаружен недавно описанный вид – *Liacarus (Dorycranosus) musaevi*; отмечены два эндемичных вида Кавказа: *Xenillus sculptrus*, *Suctobelba cornigera*.

Доминирующее положение орибатид среди прочих групп микроартропод следующая: доля их в структуре доминирования составила более 73 %, на участке березового леса – 70 %, на разнотравных лугах – 66 %. Среди комплексов орибатид рассматриваемого района встречаются многочисленные, малочисленные и редкие.

Представителями доминантов березового леса являются следующие 4 вида: *H. minutissima*, *F. laciniatus*, *A. ardua ardua*, *O. nova*; субдоминантами представлены такие два вида как – *A. striculus*, *S. subcornigera subcornigera*.

Послесесной разнотравный луг представлен следующими тремя видами доминантами: *M. minus minus*, *E. cylindrica cylindrica*, *S. pallidulus pallidulus*; представителями субдоминантов являются следующие два вида: *H. peltifer*, *S. laevigatus laevigatus*.

Субальпийский злаково-разнотравный луг включает два доминирующих вида: *T. velatus velatus*, *P. capricinus*; и один малочисленный вид – *P. lophothrichus*.

В ходе проведенных исследований максимальная плотность населения и обилие видов орибатид наблюдается в почве березового леса и плавное ее снижение по мере перехода к разнотравным лугам, что объясняется изменением гидротермических условий почвенных горизонтов как вследствие увеличения высоты, так и вследствие смены характера растительности на безлесную.

**Благодарности.** Автор выражает признательность к. б. н. У. Я. Штанчаевой (Университет Комплутенсе, г. Мадрид) за предоставленную информацию о панцирных клещах.

### Список литературы

- Атаев З. В. Морфометрические и морфологические особенности хребтов Высокогорного Дагестана // Труды Географического общества Республики Дагестан. – 2006. – Вып. XXXIV. – С. 48–52.
- Баяртогтох Б. Зональное распределение панцирных клещей (Acari: Oribatei) Монголии // Ученые записки Монгольского государственного университета. – 1997. – 123 (4). – С. 30–47.
- Газалиев Н. А. Особенности распространения панцирных клещей (Oribatei) в горной части бассейна реки Самур // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Биологические науки. – 2014. – № 2. – С. 34–36.
- Гиляров М. С. Зоологический метод диагностики почв. – М.: Наука, 1965. – 278 с.
- Керимханов С. У. О влиянии экспозиции склонов на размещение почв в горном Дагестане // Почвоведение. – 1973. – № 2. – С. 23–28.
- Кривоуцкий Д. А. Население панцирных клещей в почвах полупустынь северного Прикаспия и его изменение под влиянием искусственного лесоразведения // Животные искусственных лесных насаждений в глинистой полупустыне. – М.: Наука, 1971. – С. 13–23.
- Кривоуцкий Д. А., В. А. Красилов. Панцирные клещи в отложениях верхней юры СССР. Морфология и диагностика клещей. – Л.: Наука, 1976. – С. 16–24.
- Панцирные клещи: Морфология, развитие, филогения, экология, методы, исследования, характеристика модельного вида *Nothrus palustris* C. L. Koch, 1839 / [Ред. А. Д. Кривоуцкий]. – М.: Наука, 1995. – 224 с.
- Леонов В. Д., Рахлеева А. А. Состав и распределение сообществ микроартропод в ландшафтно-экологическом профиле высотной поясности горы Вудьяврчорр (Мурманская область, Хибинские горы) // Известия ПГПУ им. В. Г. Белинского. – 2011. – № 25. – С. 372–378.
- Покаржевский А. Д. Пространственная экология почвенных животных. – М.: Товарищество научных изданий «КМК», 2007. – 174 с.
- Работнов Т. А. Биогеоценозы альпийских пустошей (на примере Северо-Западного Кавказа). – М.: Наука, 1987. – 679 с.
- Стриганова Б. Р. Питание почвенных сапрофагов. – М. 1980. – 123 с.
- Чернова Н. М. Распределение микроартропод в пахотной почве // Антропогенное воздействие на фауну почв. – М.: Изд-во МГПУ. – 1982. – С. 3–10.
- Штанчаева У. Я. *Flexa* – горный род панцирных клещей (Acariformes, Oribatida, Carabodidae) // Зоологический журнал. – 2004. – Т. 83, № 6. – С. 679–692.
- Штанчаева У. Я., Субиас Л. С. Каталог панцирных клещей Кавказа. – Махачкала: ДНЦ РАН, 2010. – 276 с.
- Штирц А. Д., Задорожная Г. А., Кунах О.Н., Жуков А. В. Пространственная организация сообщества панцирных клещей (Acari: Oribatida) в почве сельскохозяйственного поля в условиях степной зоны Украины // Известия Харьковского энтомологического общества. – 2013. – Т. XXI, выпуск 1. – С. 49–60.
- Behan-Pelletier V. M. Oribatid mite fauna of northern ecosystems: a product of evolutionary adaptations or physiological constraints // Acarology IX. – 1999. – Vol. 2. – P. 87–105.
- Brussaard L., de Ruiter P. C., Brown G. G. Soil biodiversity for agricultural sustainability // Agriculture, Ecosystems and Environment. – 2007. – Vol. 121. – P. 233–244.
- Henrickx F., Maelfait J., Wingerden W. How landscape structure, land-use intensity and habitat diversity affect components of total arthropod diversity in agricultural landscapes // Journal of Applied Ecology – 2007. – Vol. 44. – P. 340–351.
- Subías L. S. (Publicado originalmente en Graellsia, 60 (número extraordinario): 3-305 (2004). Actualizado en junio de 2006, en abril de 2007, en mayo de 2008, en abril de 2009, en julio de 2010, en febrero de 2011, en abril de 2012, en

mayo de 2013, en febrero de 2014, en marzo de 2015, en febrero de 2016, en febrero de 2017, en enero de 2018, en marzo de 2019 y en enero de 2020).

Thies C., Tschrantke T. Landscape structure and biological control in agroecosystems // Science. – 1999. – Vol. 285. – P. 893–895.

**Davudova E. Z. Shell mites (Acariformes, Oribatida) Intra-mountain Dagestan (Gunib district) // Ekosistemy. 2021. Iss. 25. P. 105–113.**

Carapace mites are important regulators of the mineralization of organic residues and the immobilization of various biogens in the soil. In the course of the research conducted on the territory of the Gunib district of the Republic of Dagestan, only 89 species of shell mites belonging to 61 genera and 41 families were identified. New data have been obtained that complement the list of species of shell mites in the Caucasus as a whole. Recently described *Liacarus (Dorycranosus) musaevi*, and two endemics of the Caucasus – *Xenillus sculptrus* and *Suctobelba cornigera* – were noted for region. Among other groups of soil microfauna, shell mites occupy a leading position, both in terms of their number and abundance of species. In studies conducted in mountain systems, it was found that the General pattern is a decrease in the number of microarthropods with an increase in absolute height. Very often, the pattern of changes in the taxonomic richness and population density of the microarthropod complex is diamond-shaped, characterized by maxima in the zone with the most favorable microclimate for a large group of species. From top to bottom, the microarthropod population density and taxonomic richness decrease along the mountain profile. As a result of the study, the maximum population density and abundance of oribatid species is observed in the soil of a birch forest and its gradual decrease as it transitions to grasslands, which is explained by changes in the hydrothermal conditions of soil horizons, both due to an increase in height and due to a change in the nature of vegetation to treeless.

*Key words:* carapace mites, diversity of species, Republic of Dagestan, Gunib district.

*Поступила в редакцию 28.10.20  
Принята к печати 11.12.20*

УДК 597.6:567.9-049.35:581.526.42(470-25)

## Современное распространение обыкновенного (*Lissotriton vulgaris*) и гребенчатого (*Triturus cristatus*) тритонов в «старой» Москве и перспективы их сохранения

Кидов А. А., Петровский А. Б., Шпагина А. А., Степанкова И. В.

Московский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева  
Москва, Россия  
kidov\_a@mail.ru

Обыкновенный (*Lissotriton vulgaris*) и гребенчатый (*Triturus cristatus*) тритоны широко распространены в Европе и сохраняются в зеленых зонах многих городов. В Москве оба вида внесены в региональную Красную книгу. В статье приводятся данные о прошлом и современном распространении тритонов в «старой» Москве, то есть в границах города до 2012 года. Отмечается, что по результатам проведенного в 2020 году мониторинга, *L. vulgaris* был найден в 28 точках (37 водоемов размножения) на территории Северного (10 точек, 11 водоемов), Восточного (6 точек, 7 водоемов), Южного (3 точки, 3 водоема), Западного (5 точек, 12 водоемов) и Северо-Западного (4 точки, 4 водоема) административных округов Москвы. Только 16 находок обыкновенного тритона (57,1 % от общего числа) расположены в пределах современной сети особо охраняемых природных территорий Москвы. *T. cristatus* был обнаружен нами в пяти локалитетах (8 нерестовых водоемов) в Северном (1 локалитет, 1 водоем), Восточном (1 локалитет, 1 водоем), Западном (1 локалитет, 4 водоема) и Юго-Западном (2 локалитета, 2 водоема) административных округах. Только две точки находок вида в городе находятся в пределах особо охраняемых природных территорий. Большая часть представленных в статье находок *L. vulgaris* и *T. cristatus* не приводилась ранее в литературе и может считаться новыми местообитаниями.

**Ключевые слова:** хвостатые земноводные, Caudata, настоящие саламандры, Salamandridae, обыкновенный тритон, *Lissotriton vulgaris*, гребенчатый тритон, *Triturus cristatus*, европейские города, урбанизированные территории, мониторинг, перспективы сохранения.

### ВВЕДЕНИЕ

Обыкновенный тритон (*Lissotriton vulgaris* (Linnaeus, 1758)) и гребенчатый тритон (*Triturus cristatus* (Laurenti, 1768)) принадлежат к наиболее распространенным видам в семействе Salamandridae Goldfuss, 1820 (Raffaëlli, 2013). Оба этих земноводных обладают в целом схожими ареалами, охватывающими лесной пояс Западной, Центральной и Восточной Европы. В прошлом и обыкновенный, и гребенчатый тритоны считались политипическими видами (Терентьев, Чернов, 1949; Mertens, Vermuth, 1960; Банников и др., 1977), однако в настоящее время большинство их внутривидовых форм, особенно в Южной Европе и Передней Азии, получили самостоятельный видовой статус (Dubois, Raffaëlli, 2009; Wielstra et al., 2013; Wielstra, Arntzen, 2016).

На значительной части своего распространения *L. vulgaris* и *T. cristatus* обитают совместно, однако первый по численности обычно превалирует над вторым (Кузьмин, 2012). По-видимому, это различие обусловлено несколькими причинами. Так, для всех гребенчатых тритонов рода *Triturus* Rafinesque, 1815 характерна низкая плодовитость, генетически обусловленная высокая эмбриональная смертность (Sessions et al., 1988; Литвинчук, Боркин, 2009; Кидов и др., 2020), пелагический образ жизни личинок, обуславливающий их высокую доступность хищникам, длительный период личиночного развития (массовый метаморфоз отмечается только в конце лета, а многие метаморфы покидают водоем лишь поздней осенью или даже следующей весной) (Кузьмин, 2012). Таким образом, для тритонов этой группы оптимальными местами для размножения являются водоемы, наполненные водой большую часть года и лишенные хищной рыбы.

Для тритонов рода *Lissotriton* Bell, 1839, напротив, свойственна высокая выживаемость эмбрионов, мелкая донная личинка, ранние сроки метаморфоза, особенно – при повышении

температуры воды и плотности животных, уменьшении уровня воды (Пястолова, Тархнишвили, 1989; Кидов, Немыко, 2019; Немыко и др., 2019). Как и у гребенчатых тритонов, молодь *L. vulgaris* активно выедается рыбами (Кузьмин, 2012), однако вышеперечисленные особенности развития позволяют им успешно размножаться в мелких эфемерных водоемах с небольшим количеством хищников.

Оба вида обладают высоким потенциалом к синантропизации и зачастую их численность в селитебных биотопах выше, чем в естественных местообитаниях (Кузьмин, 2012). Долгое время изолированные популяции *L. vulgaris* и *T. cristatus* сохраняются даже в крупных городах, например – в Лондоне, Ливерпуле, Камбрии, Линкольне, Хальтоне, Ранкорне и Уиднесе (Великобритания), Париже (Франция), Амстердаме и Роттердаме (Нидерланды), Эребру (Швеция), Зальцбурге (Австрия), Берлине и Гамбурге (Германия), Вроцлаве и Познани (Польша), Праге (Чехия), Минске (Беларусь), Харькове (Украина), Екатеринбург, Казани, Самаре, Уфе, Санкт-Петербурге (Россия) (Вершинин, 1995; Maletzky et al., 2007; Gledhill, James, 2012; Зарипова и др., 2014; Файзулин, Кузовенко, 2015; Konowalik et al., 2020). Отмечены эти виды и в Москве (Кулагин, 1888; Терентьев, 1924; Кузнецов, 1928; Банников, Исаков, 1967; Войтехов и др., 1989; Орлова, Божанский, 1989; Семенов, Леонтьева, 1989; Kuzmin et al., 1996).

На территории столицы, по данным литературных источников и коллекции земноводных фондов отдела герпетологии Научно-исследовательского зоологического музея МГУ имени М. В. Ломоносова (далее по тексту – ZMMU), в прошлом было известно большое число находок обыкновенного и гребенчатого тритонов.

Так, в XIX веке *L. vulgaris* был отмечен в селе Волыньское (после 1960 года – часть современных районов «Очаково-Матвеевское» и «Фили-Давыдково») до 1888 года (Кулагин, 1888), Городке имени Баумана на Измайловском острове в 1892 году (ZMMU №А-2666) и в том же году – в селе Измайлово (сейчас – район «Измайлово») (ZMMU №719). В XX веке находки вида были известны (в хронологическом порядке) в 1901 году на Воробьевых горах (ZMMU №717, ZMMU №722) и в Лосином Острове (ZMMU №А-716), в Царицыно в 1916 году (Семенов, Леонтьева, 1989), у Московского Николаевского сиротского института в 1919 году (Орлова, Божанский, 1989), железнодорожной станции «Петровско-Разумовская», в парке усадьбы Усачёвых-Найденовых до 1924 года (Терентьев, 1924), Московском зоопарке в 1925 году, Петровском парке и у Патриарших прудов в 1928 году (Банников, Исаков, 1967), в Лосином острове – до 1928 года (Кузнецов, 1928), в парке «Сокольники» и Нескучном саду в 1956 году, у Новодевичьего монастыря в 1957 году (Банников, Исаков, 1967), у станции метро «Молодежная» и Мичуринского проспекта в 1960 году (Войтехов и др., 1989), в Лужниках и Канатчиково в 1962 году, Тимирязевской сельскохозяйственной академии, Лианозовском лесопарке, усадьбе «Останкино», Люблино, парке «Покровское-Стрешнево» в 1966 году (Банников, Исаков, 1967), на ул. Остоженка в 1974 году, ул. Яблочкова и в Нагатино, Южном речном порту в 1975 году, на ул. Обручева в 1981 году (Семенов, Леонтьева, 1989), в Бутаковском заливе канала имени Москвы, между станциями метро «Университет» и «Проспект Вернадского» в 1982 году (Орлова, Божанский, 1989), парке «Химки-Ховрино» в 1985 г. (ZMMU №А-2204, ZMMU №А-3135), в Битцевском парке в 1986 году (Семенов, Леонтьева, 1989), парке усадьбы «Воронцово» в 1987 году (ZMMU №А-3734), у станции метро «Коломенская» в 1989 году (ZMMU №2760, ZMMU №2761), платформы «Лось» (Семенов, Леонтьева, 1989), между Литовским бульваром и Новоясеневским проездом до 1989 г. (Кузнецов, 1928), в Кусковском лесопарке в 1992 году (Kuzmin et al., 1996).

Находок *T. cristatus* для «старой» территории столицы намного меньше и расположены они в одних локалитетах с *L. vulgaris*. В XIX веке, по данным каталога музея Императорского Московского университета (Кулагин, 1888), гребенчатый тритон добывался в селах Измайлово и Волыньское в 1885 году, а в селе Косино (с 1985 года – микрорайон «Косино») – в 1888 году. В современной коллекции Научно-исследовательского зоологического музея МГУ имени М.В. Ломоносова хранится экземпляр этого вида из в Городка имени Баумана, пойманный в 1892 году (ZMMU №А-2666). На XX век приходится наибольшее число находок: в 1901 году гребенчатый тритон был отмечен на Воробьевых горах (ZMMU №А-733), до 1924

года – у железнодорожной станции «Петровско-Разумовская», в Лосином острове, Царицыно (Терентьев, 1924), в 1924 году – в Кусково (ZMMU №А-736; ZMMU №А-738), в 1932 году – в Лужниках (Банников, Исаков, 1967), в 1936 году – в Дендрологическом саду Тимирязевской сельскохозяйственной академии (ZMMU №А-753), в 1959 году – в Люблино, в 1966 году – в Покровском-Стрешнево и Главном ботаническом саду, до 1967 года – в Лианозовском парке и парке «Химки-Ховрино» (Банников, Исаков, 1967), в 1981 году – на улице Обручева (Семенов, Леонтьева, 1989), в 1985 году – между станциями метро «Университет» и «Проспект Вернадского» (Kuzmin et al., 1996), до 1989 года – у Мичуринского проспекта (Кузнецов, 1928), в парке «Нескучный сад» (Семенов, Леонтьева, 1989) и у станции метро «Коломенская» (Kuzmin et al., 1996).

Таким образом, прошлое распространение обоих видов охватывало всю территорию города, включая даже его центральную часть. Неуклонное сокращение площади зеленой зоны, засыпка, «благоустройство» (вертикальное берегоукрепление, полное удаление водной и околородной растительности, асфальтирование прилегающих территорий) или загрязнение нерестовых водоемов способствовало исчезновению тритонов в центральной части столицы и сохранению их лишь в некоторых парковых массивах. Отдельно стоит отметить уничтожение именно временных водоемов, послужившее первичной причиной деградации популяций большинства видов амфибий на территории города (Муркина, 1989). По всей видимости, важнейшим лимитирующим фактором стало вселение инвазивного вида – ротангоголовешки, *Percottus glenii* Dybowski, 1877, выедающего личинок земноводных (Reshetnikov, 2003). В связи с этим, для размножения тритонов доступными оказались лишь немногочисленные полностью пересыхающие водоемы, где эта рыба не смогла закрепиться.

Оба рассматриваемых вида тритонов внесены в Красную книгу Москвы (*L. vulgaris* – 2-я категория: редкий на территории Москвы вид с сокращающейся численностью; *T. cristatus* – 1-я категория: вид, находящийся в Москве под угрозой исчезновения) (Самойлов, Морозова, 2011а, 2011б). Уже к 2010 году обыкновенного тритона, по данным Красной книги Москвы (Самойлов, Морозова, 2011а), в старой части города отмечали только для Лосиногостовского Острова в пределах Окружной железной дороги, долины реки Язвенки, усадебного парка «Знаменское-Садки», Северного Бутовского, Троицкого, Тропарёвского и Рублёвского лесопарков, долины реки Сходни в Куркино, окраины поселка Молжаниновка, долины реки Лихоборка выше Дмитровского шоссе. Другими авторами вид также указывался в Ботаническом саду МГУ имени М.В. Ломоносова «Аптекарский огород» в 2013 году (Лазарева, Семенов, 2018), Учебно-опытном рыбоводном хозяйстве и Ботаническом саду имени С.И. Ростовцева РГАУ–МСХА в 2018–2019 годах (Степанкова, Кидов, 2019; Степанкова и др., 2020).

Гребенчатый тритон, по данным Красной книги Москвы (Самойлов, Морозова, 2011б), в начале XXI века еще встречался в Алешкинском лесу, Рублевском лесопарке, Серебряном бору и усадебном парке «Знаменское-Садки», но уже в 2010 году достоверно отмечался только для последнего локалитета.

На территориях, присоединенных к городу из Московской области в 2012 году (проект «Новая Москва»), еще сохраняются массивы мало нарушенных лесных насаждений (преимущественно – в пределах так называемых «особо охраняемых зеленых территорий (ООЗТ)») и обширные площади бывших сельскохозяйственных угодий (зарастающие поля, пастбища и сенокосы), где тритоны пока находятся в относительно благополучном состоянии (Степанкова и др., 2020). На «старой» территории столицы специальное изучение распространения обыкновенного и гребенчатого тритонов не проводилось, как минимум, уже десятилетие.

Целью настоящего исследования являлось выявление современных мест размножения *L. vulgaris* и *T. cristatus* в «старой» Москве.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Работу осуществляли с мая по сентябрь 2020 года на территории Северного, Северо-Восточного, Центрального, Восточного, Юго-Восточного, Южного, Юго-Западного,

Западного и Северо-Западного административных округов Москвы. Все доступные водоемы при помощи подводного кошения сачком марки Naturaliste Pro Ф35В-620 (производитель – Naturaliste, Россия) с диаметром обруча 35 см обследовали на наличие рыб и земноводных. После определения видовой принадлежности, всех животных выпускали в местах поимки. Разными точками находок считали водоемы с тритонами, удаленные друг от друга более чем на 0,5 км. Гидрохимические показатели водоемов изучали при помощи калориметрических тестов для морской и пресной воды марки Sera Aqua-Test Set (производитель – Sera GmbH, Германия). Водородный показатель (рН) определяли с погрешностью 0,5 ед., общую (gH) и карбонатную (kH) жесткость – 1°Ж, содержание нитратов – 1 мг/л. Для гидрохимических показателей рассчитывали среднее арифметическое (M) и стандартное отклонение (SD).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

По результатам мониторинга в 2020 году обыкновенный тритон обнаружен нами в 28 точках (36 водоемов размножения) на территории Северного (10 точек и 11 водоемов размножения), Восточного (6 точек и 7 водоемов размножения), Южного (3 точки, 3 водоема размножения), Западного (5 точек и 12 водоемов размножения) и Северо-Западного (4 точки и 4 водоема размножения) административных округов Москвы (табл. 1 и рис. 1). Интересно, что бóльшая часть наших находок может считаться новыми, не отмеченными ранее в литературе (рис. 1). Из 28 точек только 16 находок обыкновенного тритона (57,1% от общего числа) расположены в пределах современной сети особо охраняемых природных территорий (ООПТ) города. Так, *L. vulgaris* нами отмечен для национального парка «Лосиный остров», природно-исторических парков «Тушинский», «Покровское-Стрешнево», «Москворецкий», «Кусково», «Измайлово», «Царицыно», «Битцевский лес», а также ландшафтного заказника «Тропаревский» (водоем, населяемый обыкновенным тритоном, входит в состав этой ООПТ лишь на 3/4 своей площади).

Таблица 1  
Находки *Lissotriton vulgaris* и *Triturus cristatus* на территории «старой» Москвы в 2020 году

№ п/п	Локалитет	ООПТ	Координаты находки		Дата находки	Виды
			с.ш., °	в.д., °		
1	2	3	4	5	6	7
1	Черкизово	нет	55,948	37,356	27.08.2020	<i>L. vulgaris</i>
2	Новоподрезково	нет	55,943	37,352	27.08.2020	<i>L. vulgaris</i>
3	Бурцево	нет	55,943	37,384	27.08.2020	<i>L. vulgaris</i>
4	Молжаниновка	нет	55,931	37,376	27.08.2020	<i>L. vulgaris</i>
5	Между платформами «Лианозово» и «Бескудниково»	нет	55,889	37,567	12.08.2020	<i>L. vulgaris</i>
6	Парк «Алёшкинский лес»	Природно-исторический парк «Тушинский»	55,865	37,421	21.07.2020	<i>L. vulgaris</i>
7	Усадьба «Братцево»	Природно-исторический парк «Тушинский»	55,849	37,393	22.08.2020	<i>L. vulgaris</i>
8	Левый берег реки Лихоборка между платформами «Дегунино» и «Окружная»	нет	55,854	37,573	11.08.2020	<i>L. vulgaris</i> ; <i>T. cristatus</i>

Таблица 1 (продолжение)

1	2	3	4	5	6	7
9	Пруды Учебно-опытного рыбоводного хозяйства РГАУ–МСХА имени К.А. Тимирязева	нет	55,837	37,545	05.2020	<i>L. vulgaris</i>
10	Ботанический сад РГАУ–МСХА имени К.А. Тимирязева	нет	55,834	37,545	05.2020	<i>L. vulgaris</i>
11	Лесопарк «Покровское-Стрешнево»	Природно-исторический парк «Покровское-Стрешнево»	55,816	37,4827	04.08.2020	<i>L. vulgaris</i>
12	Лесная опытная дача РГАУ–МСХА имени К.А. Тимирязева, Оленье озеро	нет	55,820	37,548	05.2020	<i>L. vulgaris</i>
13	Платформа «Гражданская»	нет	55,806	37,549	15.08.2020	<i>L. vulgaris</i>
14	Пруды в пойме реки Яузы	Национальный парк «Лосиный остров»	55,820	37,673	31.08.2020	<i>L. vulgaris</i>
15	Яузское лесничество	Национальный парк «Лосиный остров»	55,828	37,698	25.07.2020	<i>L. vulgaris</i> ; <i>T. cristatus</i>
16	Памятник природы «Серебряный бор»	Природно-исторический парк «Москворецкий»	55,778	37,433	10.08.2020	<i>L. vulgaris</i>
17	Парк «Москворецкий»	Природно-исторический парк «Москворецкий»	55,767	37,448	13.08.2020	<i>L. vulgaris</i>
18	Измайловский лесопарк	Природно-исторический парк «Измайлово»	55,782	37,767	28.07.2020	<i>L. vulgaris</i>
19	Парк «Фили»	Природно-исторический парк «Москворецкий»	55,738	37,451	27.07.2020	<i>L. vulgaris</i>
20	Лесопарк «Кусково»	Природно-исторический парк «Кусково»	55,736	37,787	26.07.2020	<i>L. vulgaris</i>
21	Лесопарк «Кусково», Локасинский пруд	Природно-исторический парк «Кусково»	55,742	37,813	26.07.2020	<i>L. vulgaris</i>
22	Лесопарк «Кусково», Сухой пруд	Природно-исторический парк «Кусково»	55,726	37,799	26.07.2020	<i>L. vulgaris</i>
23	Пруды к юго-западу от Научной библиотеки МГУ имени М.В. Ломоносова	нет	55,696	37,517	19.07.2020	<i>L. vulgaris</i> ; <i>T. cristatus</i>

Таблица 1 (продолжение)

1	2	3	4	5	6	7
24	Юг Востряковского кладбища	нет	55,656	37,450	20.08.2020	<i>L. vulgaris</i> ; <i>T. cristatus</i>
25	Пруд западнее Никулинской улицы	Ландшафтный заказник «Тропаревский»	55,661	37,459	20.08.2020	<i>L. vulgaris</i>
26	Битцевский лес	Природно-исторический парк «Битцевский лес»	55,607	37,568	31.07.2020	<i>L. vulgaris</i> ; <i>T. cristatus</i>
27	Бирюлевский дендропарк, Круглый пруд	Природно-исторический парк «Царицыно»	55,593	37,679	03.08.2020	<i>L. vulgaris</i>
28	Бирюлевский дендропарк, Верхний пруд	Природно-исторический парк «Царицыно»	55,592	37,674	03.08.2020	<i>L. vulgaris</i>

Большинство нерестовых водоемов обыкновенного тритона расположены внутри или по краям крупных массивов древесной растительности, реже – на обширных пустырях, однако есть и исключения. Так, личинки этого вида были найдены между платформами «Лианозово» и «Бескудниково» в загрязненной нефтепродуктами канаве под железнодорожной насыпью у забора крупного гаражного кооператива и автостоянки, отделяющих водоем от парка «Северные Дубки» в составе природного заказника «Дегунинский» (рис. 2).

Обыкновенный тритон в Москве размножается в воде ( $n=27$ ) со слабокислой, нейтральной и слабощелочной реакцией ( $pH=6,0-7,5$  ед.;  $M=6,8$ ;  $SD=0,57$ ), с широким диапазоном общей ( $2-32^{\circ}Ж$ ;  $M=12,2$ ;  $SD=8,16$ ) и карбонатной ( $2-24^{\circ}Ж$ ;  $M=9,2$ ;  $SD=5,10$ ) жесткости – от очень низкой до высокой. Содержание нитратов в водоемах варьировало в пределах  $0-2$  мг/л ( $M=0,2$ ;  $SD=0,48$ ).

В большинстве сохранившихся мест размножения *L. vulgaris* является многочисленным видом: обычно за одно обследование водоема нам удавалось поймать десятки личинок и взрослых особей. Наибольшая численность обыкновенного тритона была отмечена в четырех прудах на пустыре около библиотеки МГУ имени М. В. Ломоносова и в Сухом пруду в Кусковском лесопарке, где за одну часовую экскурсию мы отлавливали сотни личинок. В то же время, в некоторых небольших по площади, изолированных местообитаниях (например, в Ботаническом саду имени С. И. Ростовцева РГАУ–МСХА, возле железнодорожного полотна между платформами «Лианозово» и «Бескудниково», а также между платформами «Дегунино» и «Окружная») численность обыкновенных тритонов критически мала и, вероятно, исчисляется десятками особей. По всей видимости, это обусловлено глубокой трансформацией окружающих сухопутных биотопов, где проходит большая часть жизни тритонов после метаморфоза, а также небольшими размерами нерестовых водоемов или их сильным загрязнением.

Наши исследования подтверждают версию об угрозе для тритонов со стороны *P. glenii*: нами не были обнаружены тритоны в водоемах, населенных этой рыбой (рис. 1). Исключение составляют лужи по краям Крылатского карьера, в которых размножается обыкновенный тритон, и куда при весенних разливах попадают сеголетки ротана-головешки. Вероятно, высыхание этих водоемов в конце лета не позволяет *P. glenii* вырастать до размеров, угрожающих личинкам амфибий.

Гребенчатый тритон был обнаружен нами в пяти локалитетах (8 нерестовых водоемов) в Северном (1 точка и 1 водоем), Восточном (1 точка и 1 водоем), Западном (1 точка и 4 водоема) и Юго-Западном (2 точки и 2 водоема) административных округах (рис. 1, табл. 1). В большинстве приводимых локалитетов вид был найден впервые. Две точки находятся в пределах ООПТ – в Яузском лесничестве национального парка «Лосиный остров» и в природно-историческом парке «Битцевский лес». Одна находка была сделана в южной части

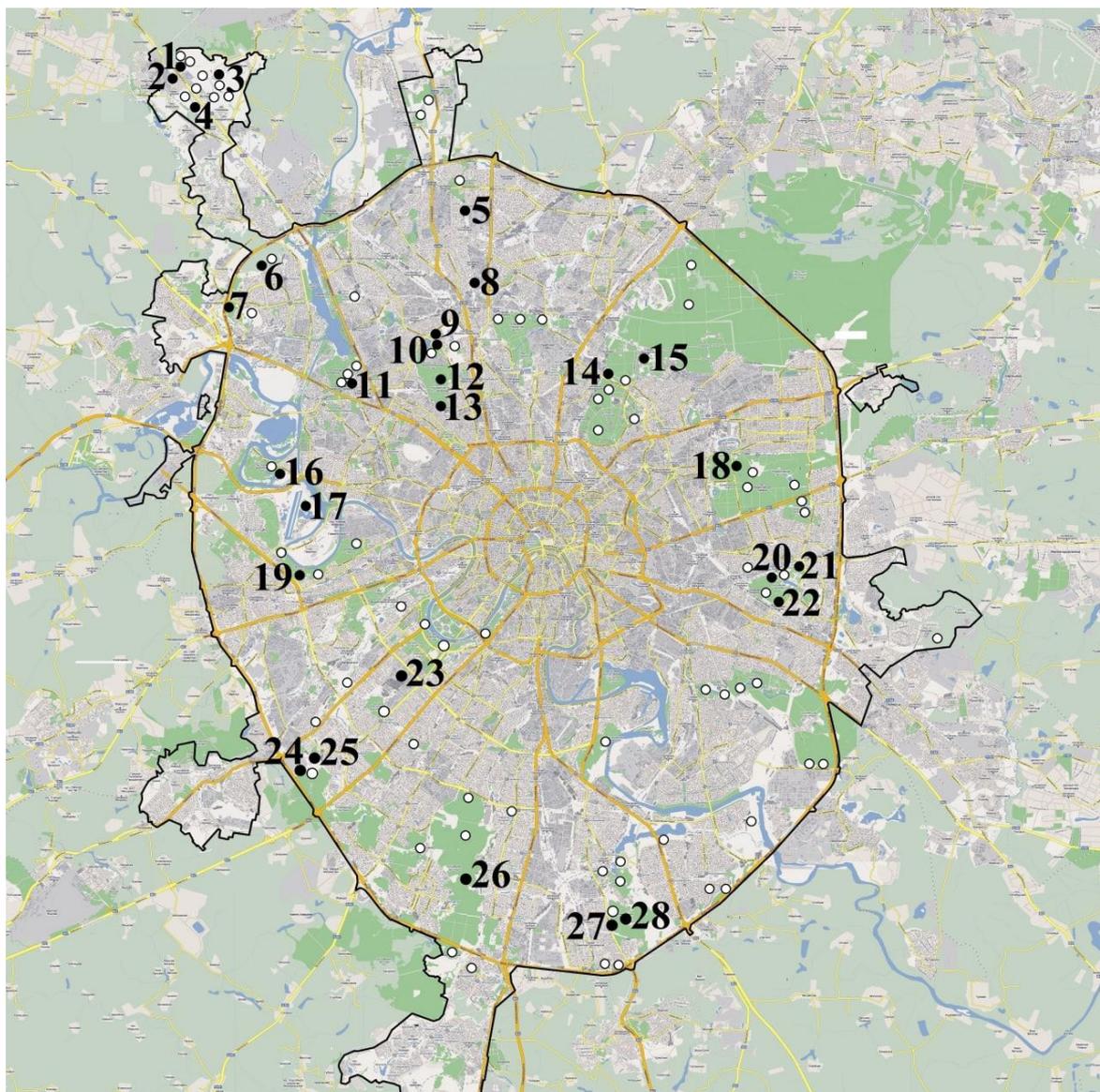


Рис. 1. Находки *Lissotriton vulgaris* и *Triturus cristatus* на территории «старой» Москвы по результатам мониторинга в 2020 году

Находки *Lissotriton vulgaris* – точки 1–28; находки *Triturus cristatus* – точки 8, 15, 23–24 и 26. Белыми точками обозначены находки ротана-головешки *Percottus glenii*. Нумерация на карте соответствует таковой в таблице 1.

Востряковского кладбища на границе ландшафтного заказника «Тропаревский». Во всех обследованных водоемах *T. cristatus* обитает совместно с *L. vulgaris* и ни в одном из них нами не была обнаружена рыба. Отдельно отметим, что в водоемах усадебного парка «Знаменское-Садки», приводимого в Красной книге Москвы как последнее местообитание вида в старых границах города (Самойлов, Морозова, 2011б), гребенчатый тритон нами обнаружен не был. Вода в местах размножения гребенчатого тритона (n=8) в «старой» Москве характеризуется слабокислой, нейтральной или слабощелочной реакцией (6,0–7,5 ед.; M=7,1; SD=0,61), низкой и средней общей (3–14°Ж; M=9,0; SD=4,08) и карбонатной (3–16°Ж; M=9,3; SD=4,54) жесткостью. Нитраты в подавляющем случае выявлены не были (0–1 мг, M=0,1; SD=0,38).



Рис. 2. Изолированные от зеленой зоны местообитания тритонов в Москве  
*a* – нерестовый водоем *Lissotriton vulgaris* у железнодорожной насыпи между платформами «Лианозово» и «Бескудниково» (12 августа 2020 г.); *b* – нерестовый водоем *L. vulgaris* и *Triturus cristatus* под железнодорожными насыпями между платформами «Дегунино» и «Окружная» (11 августа 2020 г.).

В трех выявленных нами нерестовых водоемах (между платформами «Дегунино» и «Окружная», в Яузском лесничестве национального парка «Лосиный остров» и в природно-историческом парке «Битцевский лес») *T. cristatus* был очень редок: за одно обследование нам удавалось отловить только до 10–15 личинок. В четырех прудах в окрестностях Научной библиотеки МГУ имени М. В. Ломоносова и в пруду у Востряковского кладбища весь летний период мы каждый день обследования отмечали десятки личинок, годовиков и взрослых тритонов.

Особый интерес представляет микропопуляция гребенчатого тритона, размножающаяся в заполненном водой понижении под железнодорожными насыпями между платформами «Дегунино» и «Окружная» на левом берегу реки Лихоборка (рис. 2). Наибольшая длина населяемого ими участка, со всех сторон окруженного железнодорожным полотном и многоэтажной застройкой, не превышает 800 м, а ширина – 60 м. Вероятно, *T. cristatus* обитает в изоляции на этой небольшой по площади территории уже несколько десятилетий – с периода поглощения Москвой в 1960-х годах села Дегунино и его окрестностей.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Учитывая, что существенная часть обнаруженных нами находок обыкновенного и гребенчатого тритонов не была ранее освещена в литературе, а часть территорий не обследовалась десятилетиями, стоит признать, что распространение этих видов в Москве изучено далеко не полно. Возможность длительного изолированного существования популяций тритонов, показанная настоящим исследованием, позволяет оптимистично оценивать возможность новых находок в городе.

Для сохранения *L. vulgaris* и *T. cristatus* в столице необходимо вести работы по выявлению новых местообитаний, сохранению существующей сети ООПТ, включая охрану и предотвращения «окультуривания» и зарыбления находящихся в ее пределах водоемов – мест размножения тритонов. Также, по нашему мнению, следует расширить границы ландшафтного заказника «Тропаревский» (точки 25 и 26 на рис. 1) и природно-исторического парка «Кусково» (точки 20, 21 и 22 на рис. 1). Нам представляется необходимым организация новых охраняемых территорий, в которые должны войти выявленные нерестовые водоемы обыкновенного и гребенчатого тритонов. В частности, нуждаются в охране водоемы и прилегающий пустырь к юго-западу от Научной библиотеки МГУ имени М. В. Ломоносова, где отмечена самая высокая численность тритонов в «старой» Москве. Большая часть местообитаний тритонов в этом локалитете уже уничтожена в результате строительных работ.

Вероятно, что при запланированном расширении Московского центрального диаметра на Савеловском направлении и строительстве Северо-Восточной автомобильной хорды между Дмитровским и Алтуфьевским шоссе будут уничтожены изолированные микропопуляции обыкновенного тритона между станциями «Лианозово» и «Бескудниково», обыкновенного и гребенчатого тритонов – между станциями «Дегунино» и «Окружная». Для сохранения первой микропопуляции необходимо обустройство небольших пересыхающих водоемов на прилегающей территории природного заказника «Дегунинской» с последующим переносом в них личинок *L. vulgaris*, а для сохранения второй – придание охранного статуса территории на левом берегу реки Лихоборка, например – в ранге кластерного участка памятника природы «Устье реки Лихоборки».

По нашему мнению, наиболее перспективным для долговременного сохранения обоих видов тритонов в черте Москвы является обустройство небольших по площади, ежегодно пересыхающих прудов на сохранившихся крупных участках древесной растительности. Также необходимо продолжить выявление еще не зарыбленных водоемов на территории парковой зоны города, как потенциальных мест размножения тритонов и других амфибий. Для скорейшего заселения этих прудов тритонами, необходимо осуществлять перенос в них кладок яиц и личинок из других, относительно многочисленных городских популяций.

**Благодарности.** Авторы глубоко признательны К. А. Африну, А. А. Бенедиктову, А. Е. Киселеву, Г. В. Морозовой, И. М. Панфиловой и Ю. Е. Чекрыгину за консультативную помощь при проведении исследований, В. Ф. Орловой и Р. А. Назарову – за любезно предоставленную возможность изучения сборов земноводных, хранящихся в фондах Научно-исследовательского зоологического музея МГУ им. М. В. Ломоносова, И. В. Доронину и К. Д. Мильто – за критическую оценку рукописи.

*Работа выполнена при поддержке внутриуниверситетского гранта ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (Приказ №352 от 16 июля 2020 г.).*

### Список литературы

- Банников А. Г., Исаков Ю. А. О земноводных в г. Москве // Животное население Москвы и Подмосковья, его изучение, охрана и направленное преобразование: Материалы совещания (Москва, 27–28 апреля 1967 г.) / [Ред. Ю. А. Исаков, В. К. Рахилин]. – М.: Институт географии АН СССР, 1967. – С. 92–96.
- Банников А. Г., Даревский И. С., Ищенко В. Г., Рустамов А. К., Щербак Н. Н. Определитель земноводных и пресмыкающихся фауны СССР. – М.: Просвещение, 1977. – 415 с.
- Вершинин В. Л. Видовой комплекс амфибий в экосистемах крупного промышленного города // Экология. – 1995. – № 4. – С. 299–306.
- Войтехов М. Я., Лещева Т. С., Флинт В. Е., Формозов Н. А., Гарушанц К. Ю. Короткие заметки о фауне земноводных и пресмыкающихся Москвы и Московской области // Земноводные и пресмыкающиеся Москвы и Московской области: Материалы Совещания по герпетофауне Москвы и Московской области (Москва, 9–10 ноября 1987 г.) / [Ред. А. Л. Яншин]. – М.: Наука, 1989. – С. 43–48.
- Зарипова Ф. Ф., Файзулин А. И., Кузовенко А. Е., Конькова А. М. Амфибии урбанизированных территорий Республики Башкортостан // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2014. – Т. 16, № 1. – С. 148–151.
- Кидов А. А., Немыко Е. А. Репродуктивная характеристика тритона Ланца, *Lissotriton lantzi* (Wolterstorff, 1914), с полуострова Абрау (Северо-Западный Кавказ, Россия) // Труды Зоологического института РАН. – 2019. – Т. 323, № 2. – С. 120–126.
- Кидов А. А., Шиманская Е. А., Кидова Е. А., Трофимец А. В., Аскендеров А. Д. Репродуктивный потенциал тритона Карелина, *Triturus karelinii* (Amphibia, Caudata, Salamandridae) из дагестанской популяции в лабораторных условиях // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. – 2020. – № 2 (30). – С. 43–55.
- Кузнецов Б. А. Предварительный обзор стационарного распространения позвоночных в Погонно-Лосиноостровском лесничестве // Труды по лесному опытному делу. – 1928. – Вып. 4 (67). – С. 15–36.
- Кузьмин С. Л. Земноводные бывшего СССР. – М.: Т-во науч. изд. КМК, 2012. – 370 с.
- Кулагин Н. М. Списки и описание предметов, находящихся в Зоологическом музее Императорского Московского университета. Отдел второй. Списки и описание коллекций земноводных и пресмыкающихся музея

- // Известия Императорского общества любителей естествознания, антропологии и этнографии. – 1888. – Т. 56, вып. 2. – С. 1–39.
- Лазарева Н. С., Семенов Д. В. К инвентаризации природных элементов фауны позвоночных животных ботанического сада МГУ «Аптекарский огород» // Материалы по флоре и фауне Республики Башкортостан. – 2018. – Т. 19. – С. 115–131.
- Литвинчук С. Н., Боркин Л. Я. Эволюция, систематика и распространение гребенчатых тритонов (*Triturus cristatus* complex) на территории России и сопредельных стран. – СПб: Европейский дом, 2009. – 592 с.
- Муркина Н. В. О состоянии фауны земноводных Москвы и Московской области в связи с антропогенной нагрузкой // Земноводные и пресмыкающиеся Москвы и Московской области: Материалы Совещания по герпетофауне Москвы и Московской области (Москва, 9–10 ноября 1987 г.) / [Ред. А. Л. Яншин]. – М.: Наука, 1989. – С. 81–84.
- Немыко Е. А., Вяткин Я. А., Кидов А. А. Выращивание личинок тритона Ланца, *Lissotriton lantzi* (Wolterstorff, 1914) при различных температурах // Современная герпетология. – 2019. – Т. 19, № 2–3. – С. 125–131.
- Орлова В. Ф., Божанский А. Т. Коллекции земноводных и пресмыкающихся, хранящиеся в Зоологическом музее Московского государственного университета // Земноводные и пресмыкающиеся Москвы и Московской области: Материалы Совещания по герпетофауне Москвы и Московской области (Москва, 9–10 ноября 1987 г.) / [Ред. А. Л. Яншин]. – М.: Наука. 1989. – С. 13–25.
- Пястолова О. А., Тархнишвили Д. Н. Экология онтогенеза хвостатых амфибий и проблема сосуществования близких видов. – Свердловск: УрО АН СССР, 1989. – 156 с.
- Самойлов Б. Л., Морозова Г. В. Обыкновенный тритон *Triturus vulgaris* (Linnaeus, 1758) // Красная книга города Москвы. 2-е издание, переработанное и дополненное. – М., 2011а. – С. 266–268.
- Самойлов Б. Л., Морозова Г. В. Гребенчатый тритон *Triturus cristatus* Laurenti, 1768 // Красная книга города Москвы. 2-е издание, переработанное и дополненное. – М., 2011б. – С. 268–271.
- Семенов Д. В., Леонтьева О. А. К состоянию герпетофауны Москвы // Земноводные и пресмыкающиеся Москвы и Московской области: Материалы Совещания по герпетофауне Москвы и Московской области (Москва, 9–10 ноября 1987 г.) [Ред. А. Л. Яншин]. – М.: Наука, 1989. – С. 60–70.
- Степанкова, И. В., Кидов А. А. Результаты инвентаризации фауны земноводных Лесной опытной дачи Тимирязевской академии (Москва) // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. – 2019. – № 4 (28). – С. 61–70.
- Степанкова И. В., Африн К. А., Иволга Р. А., Кидова Е. А., Кидов А. А. Репродуктивная характеристика обыкновенного тритона, *Lissotriton vulgaris* (Linnaeus, 1758) в «старой» и «новой» Москве // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2020. – Т. 57, № 1. – С. 170–175.
- Терентьев П. В. Очерк земноводных (Amphibia) Московской губернии. – М.: Государственное издательство, 1924. – 98 с.
- Терентьев П. В., Чернов С. А. Определитель пресмыкающихся и земноводных. – М.: Советская наука, 1949. – 340 с.
- Файзулин А. И., Кузовенко А. Е. Видовой состав и особенности распространения земноводных в черте города Самары // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2015. – Т. 17, № 4. – С. 153–156.
- Dubois A., Raffaëlli J. A new ergotaxonomy of the family Salamandridae Goldfuss, 1820 (Amphibia, Urodela) // Alytes. – 2009. – Vol. 26, N 1–4. – P. 1–85.
- Gledhill D. G., James P. Socio-economic variables as indicators of pond conservation value in an urban landscape // Urban Ecosyst. – 2012. – Vol. 15. – P. 849–861.
- Konowalik A., Najbar A., Konowalik K., Dylewski L., Frydlewicz M., Kisiel P., Starzecka A., Zalesna A., Kolenda K. Amphibians in an urban environment: a case study from a central European city (Wrocław, Poland) // UrbanEcosyst. – 2020. – Vol. 23. – P. 235–243.
- Kuzmin S. L., Bobrov V. V., Dunaev E. A. Amphibians of Moscow Province: distribution, ecology, and conservation // Zeitschr. f. Feldherpetol. – 1996. – Vol. 3. – P. 19–72.
- Maletzky A., Kyek M., Goldschmid A. Monitoring status, habitat features and amphibian species richness of crested newt (*Triturus cristatus* superspecies) ponds at the edge of the species range (Salzburg, Austria) // Ann. Limnol. – Int. J. Lim. – 2007. – Vol. 43, N 2. – P. 107–115.
- Mertens R., Vermuth H. Die Amphibien und Reptilien Europas. – Frankfurt am Main: Verlag Waldemar Kramer, 1960. – 264 p.
- Raffaëlli J. Les Urodèles du Monde. Deuxième Édition. – Plumelec: Penclen, 2013. – 480 p.
- Reshetnikov A. N. The introduced fish, rotan (*Percottus glenii*), depresses populations of aquatic animals (macroinvertebrates, amphibians, and a fish) // Hydrobiologia. – 2003. – Vol. 510, N 1–3. – P. 83–90.
- Sessions S. K., Macgregor H. C., Schmid M., Haaf T. Cytology, embryology, and evolution of the developmental arrest syndrome in newts of the genus *Triturus* (Caudata: Salamandridae) // The Journal of Experimental Zoology. – 1988. – Vol. 248. – P. 321–334.
- Wielstra B., Arntzen J. W. Description of a new species of crested newt, previously subsumed in *Triturus ivanbureschi* (Amphibia: Caudata: Salamandridae) // Zootaxa. – 2016. – Vol. 4109, N 1. – P. 73–80.
- Wielstra B., Litvinchuk S. N., Naumov B., Tzankov N., Arntzen J. W. A revised taxonomy of crested newts in the *Triturus karelinii* group (Amphibia: Caudata: Salamandridae), with the description of a new species // Zootaxa. – 2013. – Vol. 3682. – P. 441–453.

**Kidov A. A., Petrovskiy A. B., Shpagina A. A., Stepankova I. V. Modern distribution of the smooth (*Lissotriton vulgaris*) and crested (*Triturus cristatus*) newts in "Old" Moscow and perspectives of their conservation // Ekosistemy. 2021. Iss. 25. P. 114–124.**

The common smooth (*Lissotriton vulgaris*) and crested (*Triturus cristatus*) newts are widely distributed in Europe and are preserved in the green zones of many cities. In Moscow, both of these species are listed in the regional Red Data Book. The article provides data on the past and present distribution of newts in "old " Moscow, that is, within the city limits until 2012. It is noted that according to the results in 2020 monitoring, *L. vulgaris* was found in 28 points (total 37 breeding sites) in the North (10 points and 11 breeding sites), East (6 points and 7 breeding sites), southern (3 points and 3 breeding sites), West (5 points and 12 breeding sites) and North West (4 points and 4 breeding sites) administrative districts of Moscow. Only 16 finds of the common smooth newt (57.1 % of the total number) are located within the modern network of specially protected natural territories in city. *T. cristatus* was found in five localities (total 8 breeding sites) in the Northern (1 point and 1 breeding site), Eastern (1 point and 1 breeding site), Western (1 point and 4 breeding sites) and South-Western (2 points and 2 breeding sites) administrative districts. Only two finds of this species in the city are located within specially protected natural areas. Most of *L. vulgaris* and *T. cristatus* findings presented in the article were not previously reported in the literature and can be considered new localities.

*Key words:* tailed amphibians; Caudata; true salamanders; Salamandridae; the smooth newt, *Lissotriton vulgaris*, the crested newt, *Triturus cristatus*, European cities; urbanized territories; monitoring; conservation perspectives.

Поступила в редакцию 19.11.20

Принята к печати 18.12.20

УДК 502.12/.5:331.545

## Перспективные экологические профессии в условиях нарастания экологического кризиса

*Волкова О. Н.*

*Нижегородский государственный педагогический университет имени Козьмы Минина  
Нижний Новгород, Россия  
ok6000@yandex.ru*

В статье рассмотрены экологические проблемы современности, негативное влияние антропогенных факторов на экосистемы, человека и биосферу. Изложены основные положения национального проекта «Экология», который реализуется с 2019 по 2024 годы. Проведен анализ результатов социального опроса населения России по экологическим вопросам. Установлено, что экологические проблемы в обществе занимают лишь 4 место в рейтинге. Важными экологическими проблемами для населения России являются проблемы загрязнения атмосферного воздуха, водных ресурсов, утилизации коммунальных отходов, несанкционированные мусорные свалки. Выявлено, что немногие граждане России информированы о реализуемых в стране федеральных проектах по экологии, существует необходимость в повышении экологической грамотности населения, формировании экологической культуры, вовлечении граждан в экологические акции. В настоящее время экологию следует рассматривать во взаимодействии с профессиональной и бытовой сферами жизнедеятельности человека, а экологическое мышление человечества как фактор, определяющий его дальнейшее экономическое и социальное развитие. Представлен аннотированный список 34 новых экологических профессий: экоаналитик в добывающих отраслях, экорециклер в металлургии, сельскохозяйственный эколог, сити-фермер, эко-диетолог, эоархитектор, биотехнолог, биофармаколог, экологический аудитор, эковожатый, экопродюсер, инженер по разработке «зелёных» технологий, специалист по экотуризму, рециклинг-технолог, специалист по рециклингу одежды, специалист по внедрению раздельного сбора отходов, менеджер по утилизации отходов и другие. Профессиональное обучение и дополнительное профессиональное образование специалистов данных профессий следует считать одной из актуальных государственных задач.

*Ключевые слова:* антропогенная нагрузка, экологические проблемы, экологический кризис, национальный проект «Экология», этапы реализации нацпроекта «Экология», социальный опрос населения, экологическое мышление, экологические профессии будущего.

### ВВЕДЕНИЕ

В связи со стремительными темпами развития промышленности и технологий, вопрос о защите окружающей природной среды сегодня становится исключительно острым. Для решения экологических проблем возникает необходимость модернизировать самые разные направления жизнедеятельности человека, начиная со строительства и производства и заканчивая образованием и просвещением. Поэтому актуальным вопросом становится выявление экологических профессий будущего, специалистов нового типа с развитой экологической культурой, с новыми экологическими знаниями и компетенциями. В настоящее время такие специалисты востребованы на рынке труда, и эта тенденция сохранится в будущем.

Портал «Edunews.ru» опубликовал рейтинг наиболее востребованных профессий:

1) инженер, 2) программист, 3) врач, 4) менеджер по туризму, 5) логист, 6) эколог, 7) химик и энергетик, 8) специалист в области нанотехнологий и биотехнологий, 9) специалист в области сервиса, 10) журналист.

В Российской Федерации данный рейтинг представлен следующим образом:

1) программист, 2) инженер, 3) педагог, 4) юрист, 5) врач, 6) маркетолог, 7) менеджер по персоналу, 8) рабочие, 9) специалист в области красоты и здоровья, 10) эколог.

В настоящее время профессия эколога востребована, но низкооплачиваемая (Самые востребованные профессии в мире, 2020).

Совсем недавно такие экологические профессии, как эколог-лаборант, оператор экологических установок, специалист по охране природы и рациональному использованию природных ресурсов, специалист по мелиорации, специалист по рекультивации земель, специалист по радиационной безопасности, специалист по охране окружающей природной среды, инспектор государственного экологического контроля, инспектор по охране природы, эколог – были новыми. Но достижения в науке и технике заставляют систему образования и рынок труда модернизироваться, трансформироваться в целях удовлетворения потребностей общества и государства.

2500 российских и зарубежных экспертов, Московская школа управления «Сколково» и Агентство стратегических инициатив подготовили «Атлас новых профессий» для различных отраслей народного хозяйства в перспективе до 2030 года.

На заседаниях эксперты обсуждали появление новой техники и инновационных технологий, а также способы внедрения инноваций в экономико-социальную сферу жизни общества и государства. Новая техника и новые технологии, модернизация промышленных процессов и управления, мировые тренды – все эти факторы повлияли на определение перспективных экологических профессий будущего.

Во всех отраслях хозяйственной деятельности постепенно появляются специалисты с новыми экологическими знаниями и компетенциями, которые совмещают свою профессиональную деятельность с решением экологических вопросов. Экологический мониторинг, разработка и адаптация экологических моделей управления в скором времени станут обязательными на любых предприятиях. А сейчас экологам необходимо формировать и развивать экологическое сознание, экологическую культуру населения, вести экопропаганду и поддерживать экологические проекты.

Цель работы – проанализировать основные положения национального проекта «Экология» и результаты опроса населения России, проведенного в формате онлайн-анкетирования, а также аннотировать перечень новых профессий будущего в области экологии.

## **МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ**

Сегодня окружающая природная среда на планете Земля испытывает колоссальные антропогенные нагрузки. Одни экологические проблемы локальны, другие – общие для многих стран.

К экологическим проблемам современности относятся:

1. Изменение климата Земли, глобальное потепление стали более ощутимыми. Государственные органы власти многих стран проводят природоохранные мероприятия по уменьшению негативного воздействия на природу, разрабатывают и реализуют систему экологической безопасности в целях противодействия вредным трансформациям климата. Следует отметить, что одни из стран заявляют о готовности решать экологические проблемы (например, подписание Киотского протокола многими странами или других мировых соглашений по экологическим вопросам), с другой стороны – реальных действий по реализации подписанных документов не осуществляется. Зарубежными и отечественными учеными установлено, что уменьшить скорость потепления величиной в 2 °С возможно только с помощью прекращения развития экономики цивилизованных стран и перехода к политике антироста.

2. Энергия. Экологическая проблема энергетического обеспечения заключается в том, что для получения необходимой энергии человечество использует невозобновляемые природные ресурсы: полезные ископаемые (уголь, нефть, газ), – которые не восстанавливаются ни естественно, ни искусственно. Сжигание полезных ископаемых угольными, нефтяными и газовыми электростанциями способствует увеличению парниковых газов в атмосфере. Используемые альтернативные источники энергии, применяемые солнечными, ветровыми, гидроэлектростанциями, не способны обеспечить огромную долю населения необходимой энергией. Численность народонаселения растет и потребность в

электроэнергии увеличивается. Следовательно, в целях снижения нагрузки с окружающей природной среды человечеству необходимо использовать возобновляемые природные ресурсы (солнечную, ветровую, гидро и геотермальную энергию, энергию морских приливов, биомассу животного и растительного происхождения).

3. Вода. Многие столичные города давно столкнулись с проблемой нехватки чистой питьевой воды. Поверхностные и подземные грунтовые воды постоянно загрязняются в результате сельскохозяйственной деятельности (от применяемых удобрений и пестицидов, от нерациональных методов орошения, от животноводческих комплексов), промышленной деятельности (сбросы сточных вод от заводов и фабрик; сбросы от шахт и рудников); коммунальной деятельности (сбросы коммунальных стоков), загрязнения от водного транспорта; загрязнения от разлитых нефти и нефтепродуктов в водных объектах.

4. Биоразнообразие и землепользование. Нерациональное использование земельных ресурсов привело к деградации многих экосистем, к их потере, к опустыниванию. Множество видов животных и растений на грани исчезновения. Следует отметить, что тенденция уменьшения видов не показывает никаких признаков замедления. Человечеству следует помнить о том, что ресурсы, необходимые для жизни (получение кислорода в результате фотосинтеза растений, чистая вода в результате своей естественной фильтрации, круговорот питательных веществ в природе и опыление растений насекомыми), созданы природой в результате длительного сложного природного процесса, где человек является одним из звеньев цепи. Поэтому потеря биоразнообразия в результате деградации окружающей природной среды ставит под угрозу и нашу человеческую жизнь. По этой причине сохранение и поддержание биоразнообразия имеет большое значение для всех живых организмов.

5. Химические и токсичные вещества, тяжелые металлы являются искусственными загрязнителями техногенного происхождения, которые наносят вред окружающей природной среде. Тяжелая промышленность и сельское хозяйство отравляют экосистемы, а очистить и восстановить экосистемы на практике является очень трудоемким процессом, им мало кто планомерно занимается. Между тем минимизация выбросов вредных веществ является важной частью сохранения окружающей природной среды.

6. Воздух. Загрязнение воздуха происходит через выпуск парниковых газов. Воздух значительно загрязняется при сжигании ископаемого топлива, особенно угля. Побочными продуктами, выделяющимися при горении угля, являются сера и азот. В результате их выделения образуются кислотные дожди, пагубные для всего живого на Земле. Загрязнение воздуха также может быть вызвано выбрасываемой в атмосферу пылью или других вредных веществ, влияющих на здоровье животных и человека.

7. Отходы. В настоящее время количество отходов потребления и производства непрерывно растет в результате производственных и упаковочных процессов. Этому способствует быстрый рост численности населения. Для того, чтобы сократить объемы образуемых отходов производства и потребления, государственным предприятиям и частным организациям следует перерабатывать уже существующие отработанные продукты и использовать вторсырье. Это сводит к минимуму объем отходов и снижает необходимость добывать полезные ископаемые и другие ресурсы для производства новой продукции.

8. Озоновый слой разрушается вследствие выпуска хлорфторуглеродов (ХФУ) в атмосферу. ХФУ вынуждают молекулы озона распадаться, в результате чего образуются озоновые дыры. Самая большая озоновая дыра зафиксирована на южном полушарии Земли, над Антарктидой. Опасность озоновых дыр состоит в том, что через них попадают на Землю ультрафиолетовые лучи, вредные для всех живых организмов, так как вызывают повреждения ткани (ожоги) и раковые заболевания.

9. Океаны, моря и рыболовство. В океанах и морях происходит резкое истощение рыбных запасов в результате незаконной рыбной ловли. Люди готовы эксплуатировать природные ресурсы планеты вплоть до их истребления. Без должного контроля важные рыбные ресурсы, станут со временем на грани исчезновения.

10. Вырубка лесов по всему миру идет быстрыми темпами, еще начиная с эпохи колонизации. Европейские поселенцы и мусульманские захватчики легко уничтожали леса,

осваивая новые территории для строительства городов, сельского хозяйства и пастбищного землепользования. 80 % леса уже уничтожено на знаменитом острове Борнео, вместе с тем лишились своего жилья многие виды птиц, животных, растений. Лесные массивы сократились и в России в период с 2000 по 2013 год (примерно на 20 млн. га.) (первое место в мире). В результате опустынивание, обезлесивание огромных территорий, потеря биологического разнообразия, разрушение экосистем, усиление парникового эффекта, глобальное потепление Земли (Экология, 2012; Коробкин, 2015; Горелов, 2018).

Для решения экологических проблем современности в период с 2019 по 2024 годы, Россия выделила в 2019 году 1 триллион рублей. Президент России В. В. Путин подчеркнул, что денежные средства будут направлены на снижение уровня загрязнения атмосферы, на борьбу с отходами ЖКХ, на рекультивацию полигонов и ликвидацию свалок, на очищение водоемов, на восстановление лесов (Национальный проект «Экология», 2020).

В нацпроект «Экология» включены 11 подразделов: «Чистая страна», «Комплексная система обращения с твердыми коммунальными отходами», «Инфраструктура для обращения с отходами I–II классов опасности», «Чистый воздух», «Чистая вода», «Оздоровление Волги», «Сохранение уникальных водных объектов», «Сохранение озера Байкал», «Сохранение биологического разнообразия и развитие экологического туризма», «Сохранение лесов» и «Внедрение наилучших доступных технологий» (Национальный проект «Экология», 2020).

На реализацию нацпроекта «Экология» выделен бюджет в размере 4 млрд. руб. Срок выполнения работ до 31.12.2024 года (Национальный проект «Экология», 2020).

Этапы реализации нацпроекта «Экология»:

1. За 2019 год запланировано начать ликвидировать 16 несанкционированных городских свалок и 17 опасных объектов накопленного экологического вреда (заброшенные предприятия, места скопления промышленных отходов, другое), провести мусорную реформу, акцентированную на отдельный сбор мусора, создать 5 национальных парков площадью 3 млн. га., развивать экотуризм на территории России до 4,3 млн. чел., снизить ущерб от лесных пожаров почти на 12 млрд. руб.

2. За 2020 год запланировано продолжать ликвидировать опасные незаконные свалки и объекты накопленного экологического вреда, продолжать осуществлять переработку твердых коммунальных отходов до 16 %, создать дополнительно 0,5 млн. га. особо охраняемых природных территорий, увеличить количество экотуристов в особо охраняемые природные территории до 4,9 млн. чел., продолжить снижение ущерба от лесных пожаров дополнительно на 2 млрд. руб.

3. За 2021 год запланировано продолжать ликвидировать незаконные свалки и объекты накопленного экологического вреда, увеличить переработку твердых коммунальных отходов до 22 %, создать дополнительно 0,5 млн. га. особо охраняемых природных территорий, увеличить численность экотуристов до 5,62 млн. чел.

4. За 2022 год запланировано ликвидировать несанкционированные городские свалки и опасные объекты накопленного экологического вреда, продолжить перерабатывать твердые коммунальные отходы до 24%, увеличить дополнительно на 0,5 млн. га. особо охраняемые природные территории, увеличить экотуризм до 6,2 млн. чел., снизить ущерб от лесных пожаров в 2 раза по сравнению с показателями 2018 года.

5. За 2023 год запланировано обезвреживать отходы I и II классов опасности, перерабатывать 1/3 части от всех твердых коммунальных отходов, увеличить площадь особо охраняемых природных территорий на 3,7 млн. га. по сравнению с показателями 2018 года, увеличить экотуризм до 6,9 млн. чел., сократить за 5 лет выбросы вредных веществ в воздух в промышленных городах примерно на 20 %.

6. За 2024 год запланирована ликвидация всех свалок и объектов накопленного экологического, 36 % твердых коммунальных отходов запланировано перерабатывать вторично, а всего перерабатываться будет 60 % бытового мусора по сравнению с 7 % в 2018 году. Число экотуристов достигнет 7,89 млн. чел. Ущерб от лесных пожаров будет снижен в 2,6 раза от показателя 2018 года. Заработают 7 комплексов по обезвреживанию самых опасных отходов (Национальный проект «Экология», 2020).

Реализация нацпроекта «Экология» в России направлена на охрану и восстановление чистоты воды, почв, воздуха, флоры и фауны, на переход к безопасным и малоотходным технологиям в производстве.

По 5 подразделам нацпроекта «Экология»: «Комплексная система обращения с твердыми коммунальными отходами», «Чистая страна», «Чистый воздух», «Сохранение лесов», «Сохранение биоразнообразия и развитие экотуризма» – российским экологическим обществом был проведен опрос населения в формате онлайн-анкетирования и телефонных интервью (Социологический опрос, 2020).

Специалистами было опрошено примерно 8000 респондентов. Из них только 10 % сообщили, что в их населенном пункте неблагоприятная экологическая обстановка (Социологический опрос, 2020).

Согласно результатам социального опроса, наиболее острыми социальными вопросами являются: 1) стоимость коммунальных услуг, 2) безработица, 3) качество медобслуживания, 4) экологические проблемы.

Важными экологическими проблемами (особенно для городских жителей) являются проблемы загрязнения атмосферного воздуха, затем загрязнения водных ресурсов, затем утилизации коммунальных отходов, далее несанкционированные мусорные свалки.

Органы государственной власти проводят мероприятия по улучшению экологической ситуации, но этого недостаточно.

90 % респондентов озабочены проблемой отходов, поддерживают новую систему обращения с отходами, готовы принимать участие в раздельном сборе мусора, в субботниках, в посадке деревьев, в установлении приборов учета для воды и электроэнергии.

50 % респондентов хотели бы ускорить процесс ликвидации свалок, рекультивации полигонов. Поскольку ликвидация свалок имеет отложенный эффект, то мероприятия по их ликвидации в рамках нацпроекта «Экология» (подраздел «Чистая страна») будут являться существенным достижением.

В ходе опроса стало очевидно, что немногие граждане России информированы о реализуемых федеральных проектах по экологии. Также выявлено, что существует необходимость в повышении экологической грамотности населения, в формировании экологической культуры, в вовлечении граждан в экологические акции и решение экологических проблем (Социологический опрос, 2020).

На протяжении всей истории человечеством предпринимались попытки сохранения природных богатств. В период расцвета научно-технического прогресса в производстве стали накапливаться объекты, которые негативно влияют на окружающую среду (объекты капитального строительства, разрушенные промышленные предприятия, объекты размещения отходов, другое). В настоящее время многочисленные водные объекты сильно загрязнены пластиком, вечная мерзлота тает, лесные массивы вырубаются, флора и фауна сокращает свои популяции, экосистемы сменяют друг друга, численность населения растет, следовательно, в будущем человечеству грозит продовольственный кризис.

Очевидно, что сейчас экологию следует рассматривать не отдельно, а во взаимодействии с другими сферами жизнедеятельности. Экологическое мышление человечества будет определять его дальнейшее экономическое, политическое и социальное развитие. Экологические практики постепенно внедряются в жизнедеятельность человека: и в профессиональную сферу, и в бытовую.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Руководство Всемирного фонда дикой природы (WWF) в России и руководство альманаха «Атлас новых профессий» реализовали совместный проект по определению перспективных экологических профессий будущего, они попытались расширить представление о влиянии экологии на будущее людей и планеты (Экологические профессии будущего, 2020).

В каждой из 8 тематических категорий экспертами «Атласа новых профессий» и специалистами WWF России представлены экопрофессии, которые востребованы уже сейчас, в расцвет экологического кризиса:

**1 категория. Полезные ископаемые и металлургия:**

Экоаналитик в добывающих отраслях – специалист, который анализирует нанесение экологического вреда окружающей среде в процессе завершающегося природопользования (добыча полезных ископаемых, морепродуктов, заготовка древесины) (Атлас).

Экоресиклер в металлургии – специалист, который осуществляет утилизацию отходов от металлургического производства (Атлас).

Оператор оборудования для сжиженного природного газа – специалист, который обслуживает оборудование для производства и транспортировки сжиженного природного газа (СПГ). СПГ – природный газ, который очищен, охлажден и превращен в жидкость. Его используют для заправки судов, что предотвращает нефтеразливы, может быть использован для получения электроэнергии в удаленных районах (например, Арктика) уже в ближайшем будущем (WWF).

Ветеринар-реабилитолог – специалист по реабилитации диких животных, пострадавших из-за нефтеразливов (WWF).

Специалист по экологической ответственности – специалист, который отвечает за обеспечение экологической безопасности в ходе производственного процесса в бизнесе. Он предоставляет общественности экологическую отчетность по итогам реализации бизнес-проектов, разрабатывает и внедряет программу повышения ответственности в бизнес-проектах, обеспечивает экологический контроль за поставляемым товаром и юридическими лицами, выступающими в качестве подрядчиков, поставщиков, исполнителей (WWF) (Экологические профессии будущего, 2020).

**2 категория. Сельское хозяйство и продовольствие:**

Сельскохозяйственный эколог – специалист, который осуществляет утилизацию сельскохозяйственных отходов, разрабатывает принципы утилизации последствий ведения сельского хозяйства, а также занимается восстановлением почв (Атлас).

Сити-фермер – специалист, который создает и обслуживает агропромышленные хозяйства на крышах и в зданиях небоскребов крупных городов (Атлас).

Эколог-логист – специалист, который отвечает за сокращение числа транспортного потока и увеличение объемов перевозимых грузов, разрабатывает такие логистические решения, которые оптимизируют маршрут поставок товаров с целью снижения выбросов CO<sub>2</sub> в атмосферу (WWF).

Эко-диетолог – специалист, который разрабатывает сбалансированное, вкусное, полезное и безопасное для человека и природы меню. С нарастающими темпами потребления, человечеству грозит потребительский кризис. Поэтому сейчас становится жизненно необходимо создание экологически устойчивой системы обеспечения людей продовольствием (WWF) (Экологические профессии будущего, 2020).

**3 категория. Строительство и городское пространство:**

Экоаналитик в строительстве – специалист, который анализирует будущий строительный объект с точки зрения его воздействия на окружающую среду и консультирует компании-подрядчиков относительно выбора наименее вредных для природной среды решений для строительства (Атлас).

Урбанист-эколог – специалист, который проектирует новые «зеленые» города или занимается реконструкцией старых городов на основе экологических биотехнологий. Он обладает знаниями в области строительства, энергетики и контроля загрязнения окружающей среды (Атлас).

Парковый эколог – специалист, который наблюдает и анализирует экологическое состояние общественных мест (парков, скверов, площадей, аллей), создает макет и проводит мероприятия по озеленению, заселению территории животными и птицами, поддерживает баланс на зеленой территории внутри города (Атлас).

Экоархитектор – архитектор, создающий здания и сооружения из экологичных материалов с использованием экологических технологий (WWF) (Экологические профессии будущего, 2020).

#### **4 категория. Растительный и животный мир:**

Биотехнолог – специалист, который помогает заменить устаревшие технологии работы новыми биотехнологиями (например, транспортным средствам перейти от дизельного топлива к биотопливу или использовать в строительстве не цемент и бетон, а новые биоматериалы (Атлас).

Биофармаколог – специалист, который создает новые биологические препараты с определенными свойствами или производит замену искусственно синтезированных препаратов на биологические препараты (например, пенициллин и инсулин производится при помощи генно-модифицированных бактерий) (Атлас).

Заповедный биолог – научный сотрудник, который осуществляет фундаментальные и прикладные научные исследования в области сохранения и развития особо охраняемых природных территорий (ООПТ), изучает и наблюдает за явлениями и процессами в экосистемах ООПТ (WWF).

Заповедный менеджер – специалист, который организует административный, технический и хозяйственный процесс на территории особо охраняемых территорий, занимается его развитием, создает туристический продукт и работает в просветительском направлении (WWF).

Юрист по международному экологическому праву – специалист, который занимается решением вопросов в сфере защиты окружающей природной среды, охраны и рационального использования природных ресурсов в пределах национальной юрисдикции (WWF) (Экологические профессии будущего, 2020).

#### **5 категория. Климат и энергетика:**

Специалист по предотвращению экологических катастроф – инженер, который разрабатывает и реализует программы по уменьшению последствий и недопущению повторяющихся экологических катастроф (экологические мероприятия, направленные на уменьшение пластика в океанах и морях, на замедление процесса таяния ледников в Арктике и Антарктиде, на образование радиоактивных отходов и обращение с ними), способный принимать решения в условиях неопределенности (Атлас).

Специалист по «углеродным рынкам» и рискам – специалист, который следит за ситуацией на международных и национальных рынках, изменениями в законодательствах, и оценивает риски для бизнеса в текущих и потенциальных странах присутствия. С ускорением процесса глобального потепления Земли правительства многих стран ввели механизмы регулирования выбросов парниковых газов в атмосферу (в виде удельных показателей на единицу продукции) путем применения системы квотирования с возможностью торговли квотами между предприятиями, или в виде налогов, нормативов, стимулирующих платежей и привилегий. Все это влияет на инвестиционные потоки и рынки различной продукции, а даже может служить барьером на пути экспорта товаров и услуг (WWF).

Специалист по страхованию климатических рисков – специалист, который разрабатывает страховые продукты для бизнеса, подверженного рискам из-за аномальных погодных явлений. Изменение климата Земли, глобальное потепление приводит к увеличению количества экстремальных погодных явлений. Следовательно, спрос строительными компаниями на формирование прогноза и оценку рисков страховыми компаниями будет расти. Страхование климатических рисков станет основным условием стабильного ведения бизнеса (WWF) (Экологические профессии будущего, 2020).

#### **6 категория. Финансовый сектор и менеджмент:**

Экологический аудитор – специалист, который организует и проводит аудит производства и дает рекомендации по уменьшению воздействия на окружающую среду за счет усовершенствования производства, изменения техники и технологий производства, методов работы (Атлас).

Аудитор по экологическому финансированию – специалист, который проводит оценку соответствий инвестиций критериям и оценивает кредитные риски с точки зрения возможного нанесения экологического вреда окружающей природной среде (WWF).

Аудитор экосистемных услуг – специалист, который осуществляет мониторинг и анализ природных ресурсов, экосистем, востребованных государственными промышленными предприятиями или частным бизнесом, определяет ценность используемых экосистем, определяет выгодоприобретателя, разрабатывает и реализует механизмы получения с юридических лиц компенсации (WWF) (Экологические профессии будущего, 2020).

#### **7 категория. Социальная сфера, просвещение и туризм:**

Эковожатый – специалист, который осуществляет поддержку экологических инициатив граждан, направленных на сохранение или восстановление природных ресурсов, обеспечивает обмен информацией между людьми, организует и возглавляет реализацию общественных инициатив, координирует работу людей и проводит мониторинг за результатами их деятельности на определенной территории (Атлас).

Экопропагандист – специалист, который пропагандирует такой образ жизни людей, который не оказывает негативного влияния на окружающую природную среду (раздельный сбор мусора, отказ от избыточного потребления, формирование у детей, подростков, взрослых экологической культуры), создает и проводит образовательные программы и акции для детей и взрослых, предлагает предприятиям программы практик для реализации экологически чистого производства, малоотходного производства (Атлас).

Экопродюсер – специалист, который создает и реализует образовательные и просветительские проекты в области защиты окружающей природной среды, решает административные, технологические, творческие, юридические вопросы в профессиональной деятельности, координирует наполнение контента (текстовый, справочный, фото- и видеоматериал) (WWF).

Инженер по разработке «зелёных» технологий – специалист, который занимается созданием и обслуживанием технических решений, информационных систем, баз данных (например, система мониторинга «КЕДР», база электронных паспортов снежных барсов «Ирбис», сбор и анализ информации с фотоловушек). Он внедряет инновации для решения природоохранных задач (WWF).

Специалист по экотуризму – специалист, который разрабатывает такие туристические продукты, которые направлены на формирование экологического образования, на формирование экологической культуры людей, на повышение их экологической ответственности. Цель экотуризма – наблюдение за красотой нетронутой природы и формирование понимания необходимости ее защиты (WWF) (Экологические профессии будущего, 2020).

#### **8 категория. Производство и потребление:**

Рециклинг-технолог – специалист, который разрабатывает и внедряет технологии по многократному использованию материалов, способный создать новый материал из отходов, а также разрабатывает технологии безотходного производства (Атлас).

Специалист по здоровой одежде – специалист, который осуществляет контроль за изготовлением безопасной для здоровья одежды (например, теплоизоляция, вентиляция одежды). Он способен создать одежду с лечебными свойствами (например, ткани с обеззараживающей пропиткой) (Атлас).

Специалист по рециклингу одежды – специалист, который обладает знаниями в области материаловедения, способный дать новую жизнь старой одежде, или вторично ее использовать (Атлас).

Специалист по внедрению раздельного сбора отходов – специалист, который занимается просвещением людей о реализации мусорной реформы на муниципальном уровне, организует экологические акции и раздельный сбор мусора людьми (WWF).

Менеджер по утилизации отходов – специалист, который осуществляет проектирование и внедрение системы утилизации промышленных и бытовых отходов до полной их ликвидации (WWF) (Экологические профессии будущего, 2020).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Экологические проблемы современности, негативное влияние антропогенных факторов на экосистемы, а также возможные способы снижения негативного влияния человеческой деятельности на окружающую природную среду должны стать предметом особого внимания со стороны общественности и правительств всех цивилизованных стран. Национальный проект «Экология», который поэтапно реализуется в России в период с 2019 по 2024 год, направлен на решение экологических проблем в нашей стране и реализуется успешно. Анализ результатов социального опроса населения России по экологическим вопросам показал, что экологические проблемы в обществе занимают лишь 4 место в рейтинге. Важными экологическими проблемами для населения России являются проблемы загрязнения атмосферного воздуха, водных ресурсов, утилизации коммунальных отходов, несанкционированные мусорные свалки. Органы государственной власти проводят мероприятия по улучшению экологической ситуации. Немногие граждане РФ информированы о реализуемых федеральных проектах по экологии, существует необходимость в повышении экологической грамотности населения, формировании экологической культуры, вовлечении граждан в экологические акции. В настоящее время экологию следует рассматривать во взаимодействии с профессиональной и бытовой сферами жизнедеятельности человека, а экологическое мышление человечества как фактор, определяющий его дальнейшее экономическое и социальное развитие. Аннотированный список экологических профессий будущего включает 34 новых профессии: эконоаналитик в добывающих отраслях, экоресиклер в металлургии, оператор оборудования для сжиженного природного газа, ветеринар-реабилитолог, специалист по экологической ответственности, сельскохозяйственный эколог, сити-фермер, эколог-логист, эко-диетолог, эконоаналитик в строительстве, урбанист-эколог, парковый эколог, эконоархитектор, биотехнолог, биофармаколог, заповедный биолог, заповедный менеджер, юрист по международному экологическому праву, специалист по предотвращению экологических катастроф, специалист по «углеродным рынкам» и рискам, специалист по страхованию климатических рисков, экологический аудитор, аудитор экосистемных услуг, аудитор по экологическому финансированию, эковожатый, эконопропагандист, эконопродюсер, инженер по разработке «зелёных» технологий, специалист по экотуризму, рециклинг-технолог, специалист по здоровой одежде, специалист по рециклингу одежды, специалист по внедрению раздельного сбора отходов, менеджер по утилизации отходов. Специалисты данных профессий помогут защитить, сохранить и восстановить природные богатства и уменьшить антропогенную нагрузку на окружающую природную среду. Профессиональное обучение и дополнительное профессиональное образование данных специалистов следует считать одной из актуальных государственных задач.

Таким образом, в настоящее время экологические вопросы для мирового сообщества должны стать приоритетными. Человечество осознает, что масштабы использования энергетических ресурсов, пресной питьевой воды, массовая вырубка лесов, прямое и косвенное влияние деятельности человека на осушение болот, интенсивное использование химических веществ в сельском хозяйстве, выбросы загрязняющих веществ в атмосферу и сбросы сточных вод в водные объекты, загрязнение природы отходами производства и потребления, потребительское отношение к природе оказывают разрушительное воздействие на окружающую природную среду, приводя к сокращению биоразнообразия и разрушению биосферы. Уже сейчас каждому человеку следует заботиться о сохранении и защите окружающей природной среды. Только экологичное отношение к природе позволит нынешним и будущим поколениям быть здоровыми и счастливыми!

## Список литературы

- Горелов А. А. Социальная экология: учебное пособие. – М.: Флинта, 2018. – 603 с.
- Коробкин В. И. Экология: учебник для студентов бакалаврской ступени многоуровневого высшего профессионального образования. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2015. – 601 с.
- Национальный проект «Экология» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://futurerussia.gov.ru/ekologiya> (просмотрено: 14.10.2020)
- Самые востребованные профессии в мире [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://edunews.ru/professii/rating/vostrebovannye-v-mire.html#Spec6>. (просмотрено: 03.11.2020)
- Социологический опрос по национальному проекту «Экология» [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://www.mnr.gov.ru/press/news/ekologicheskie\\_voprosy\\_v\\_chetverke\\_naibolee\\_vazhnykh\\_tem\\_dlya\\_grazhdan\\_rossii/](http://www.mnr.gov.ru/press/news/ekologicheskie_voprosy_v_chetverke_naibolee_vazhnykh_tem_dlya_grazhdan_rossii/) (просмотрено: 05.10.2020)
- Экологические профессии будущего. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://wwf.ru/resources/ekoprofessii/> (дата обращения: 14.10.2020)
- Экология: учебник для студентов вузов / [Ред. Г. В. Тягунова, Ю. Г. Ярошенко]. – М.: КноРус, 2012. – 301 с.

**Volkova O. N. Perspective environmental professions in the flower of an environmental crisis // Ekosistemy. 2021. Iss. 25. P. 125–134.**

The article deals with the environmental problems of our time, the negative impact of anthropogenic factors on ecosystems, humans and the biosphere. The main provisions of the national project "Ecology", which is being implemented from 2019 to 2024, are outlined. The analysis of the results of a social survey of the Russian population on environmental issues is carried out. It has been established that environmental problems in society occupy only 4th place in the ranking. Important environmental problems for the Russian population are the problems of air pollution, water resources, utilization of municipal waste, unauthorized landfills. It was revealed that few citizens of Russia are informed about the federal projects on ecology being implemented in the country, there is a need to increase the environmental literacy of the population, form an environmental culture, and involve citizens in environmental actions. At present, ecology should be considered in interaction with the professional and everyday spheres of human life, and the ecological thinking of mankind as a factor determining its further economic and social development. An annotated list of 34 new environmental professions is presented: eco-analyst in the extractive industries, eco-recycler in metallurgy, agricultural ecologist, city farmer, eco-nutritionist, eco-architect, biotechnologist, biopharmacologist, environmental auditor, eco-driver, eco-producer, green development engineer technologies, ecotourism specialist, recycling technologist, clothing recycling specialist, specialist in the implementation of separate waste collection, waste management manager and others. Professional training and additional professional education of future specialists of these professions should be considered one of the urgent state tasks.

*Key words:* anthropogenic load, ecological problems, ecological crisis, national project "Ecology", stages of implementation of the national project "Ecology", social survey of the population, ecological thinking, ecological professions of the future.

*Поступила в редакцию 05.11.20  
Принята к печати 25.11.20*

## Поливариантность пространственно-возрастной структуры ценопопуляции подроста сосны крымской (*Pinus pallasiana* D. Don)

Салтыков А. Н.

Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского  
Симферополь, Россия  
[saltykov.andrey.1959@mail.ru](mailto:saltykov.andrey.1959@mail.ru)

Исследования процессов естественного возобновления сосны крымской, выполненные в течение 2018–2019 годах, на горельниках Ялтинского горно-лесного заповедника позволили установить ряд следующих особенностей. Всплеск возобновления скоротечен по времени и основу ценопопуляций подроста на объекте исследований составляют растения, появившиеся в первые два послепожарных года. Особи, появившиеся в последующие годы, занимают свободные места в условиях сложившихся ниш возобновления, дополняя структуру возрастных спектров подроста сосны, подчёркивая асимметричность спектральных рядов распределения. Пространственная структура ценопопуляций подроста с одной стороны является отображением «матрицы» лесного пожара, с другой определяется структурой плодоношения сосняков. Монотонность снижения плотности популяционного поля подроста, обусловленная удаленностью стен материнских насаждений и спецификой разлета семян, дополняется чередованием био групп подроста повышенной плотности. Наличие участков повышенной плотности на фоне постоянно убывающей густоты растений с удалением от стен материнского насаждения предопределено влиянием семенников и семенных куртин, сохранившихся во время пожара. В каждой конкретной точке пространства возобновления структура процесса или его форма будет обусловлена влиянием внешних экологических и внутренних эндогенных факторов, обусловленных био групповым эффектом растительных группировок. Поливариантность пространственно-возрастной структуры подроста в пространстве горельника – результат авторегуляции структуры ценопопуляции в соответствии с ёмкостью сложившихся ниш возобновления.

*Ключевые слова:* сосна крымская, естественное возобновление, самосев, подрост, густота, плотность, био группа, пространственная и возрастная структура, возрастной спектр, экологическая ниша.

### ВВЕДЕНИЕ

Сохранение биологического разнообразия и устойчивости лесных экосистем является одним из актуальных направлений в исследованиях отечественного лесоводства (Рожков, 1989; Демаков, 2000; Восточно-европейские леса..., 2004; Бех, 2015; Коротков, 2015; Коба, 2016; Салтыков, 2019).

Бурное развитие популяционной экологии на фоне огромного количества накопленного материала, позволило углубить и даже изменить устоявшееся мнение об особенностях процессов естественного возобновления, устойчивости и продуктивности лесных экосистем (Злобин, 1976; Рифлекс, 1979; Одум, 1986; Бигон, 1989; Рожков, 1989; Демаков, 2000; Бех, 2015).

Так, в рамках популяционно-онтогенетического направления, биоценотический покров рассматривается как комплекс взаимодействующих популяций, а, учитывая эдафическую однородность биоценоза, ценопопуляций растений. Сформулировано понятие ценопопуляции подроста и разработаны методические подходы оценки качественного её состояния (Злобин, 1976). Исследованиями установлено, что ценопопуляции в границах лесного биоценоза свойственна различная степень гетерогенности в структурном, динамическом и функциональном аспектах (Грейг-Смит, 1967; Восточно-европейские леса..., 2004; Коба, 2016, 2017; Сприцын, 2017; Малиновских, 2017; Салтыков, 2019; Санников, 2019).

Переход от статичных моделей количественной оценки процессов естественного возобновления к основам оценки качественной структуры ценопопуляции позволил выявить динамику и направленность процесса (Злобин, 1976; Салтыков, 2019; Санников, 2019).

Очевидно, что одним из перспективных направлений сохранения биологического разнообразия и устойчивости является восстановление коренных древостоев, а, следовательно, использование естественного потенциала лесных экосистем (Пятницкий, 1959; Рожков, 1989; Демаков, 2000; Грязькин, 2001; Ерохин, 2011; Коротков, 2015; Бех, 2015; Коба, 2016, 2017, 2018; Малиновский, 2017; Спринцын, 2017; Грязькин, 2019; Салтыков, 2019; Санников, 2019).

Структурно-функциональные особенности процесса возобновления, должны служить основой для разработки лесоводственных мероприятий, позволяющих реализовать в практике хозяйствования принципы устойчивого ведения лесного хозяйства и устойчивого лесопользования (Злобин, 1976; Грязькин, 2001; Салтыков, 2019; Санников, 2019).

В силу ряда объективных причин, до настоящего времени отсутствуют сведения о закономерностях формирования популяционных мозаик, причинах и следствиях поливариантности структуры ценопопуляций, механизмах меж- и внутривидового взаимодействия и влияния растений и так далее (Восточно-европейские леса..., 2004).

Целью наших исследований являлось изучение особенностей пространственно-возрастной структуры подроста сосны крымской (*Pinus pallasiana* D. Don) и процессов авторегуляции указанной структуры в соответствии с ёмкостью существующих ниш возобновления.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В течение 2018–2019 годов исследования проводились на территории горельника Алушкинского научно-исследовательского природоохранного отделения Ялтинского горно-лесного заповедника, который возник в результате пожара в августе 2007 года. Лесным пожаром было уничтожено около 1000 га спелых и перестойных коренных древостоев сосны крымской. В 2008–2009 годах выполнена сплошная санитарная рубка повреждённого древостоя. Уцелевшие во время пожара одиноко стоящие деревья и куртины были оставлены в качестве семенников. Фрагменты насаждений по внешним контурам горельника, пройденные беглым низовым пожаром, и не повреждённые огнём, также не вовлекались в рубку. Всплеск естественного возобновления пришёлся на последующие два года.

Результаты рекогносцировочных исследований показали, что подрост сосны (*P. pallasiana*) на площади горельника присутствует повсеместно, но пространственная структура и жизненное его состояние неоднородны. Специфика размещения подростка в пространстве исследуемого объекта и его качественное состояние были приняты нами во внимание при формировании сети пробных площадей по вариантам опыта. Так, например, в первом случае серия пробных площадей была заложена непосредственно под пологом древостоя. Во втором варианте серия пробных площадей размещена в 50-метровой зоне прилегающей к стене материнского насаждения, в границах которой прослеживается её влияние на рост и развитие подростка сосны. Следующие варианты опыта с целью исключения такого влияния размещены на 100-метровом удалении от стены леса и за его пределами.

При выполнении рекогносцировочных исследований под пологом и за границами лесных насаждений нами была заложена серия учётных площадок размером  $1 \times 1$  (м<sup>2</sup>) и  $1 \times 2$  (м<sup>2</sup>) (Грейг-Смит П., 1967). Общее число учётных площадок составило 100 шт. После выявления общих закономерностей формирования подростка сосны крымской в границах существующих ценопопуляций подростка нами были заложены пробные площади размером  $10 \times 10$  (м<sup>2</sup>) согласно методике С. С. Пятницкого (1959). В каждом конкретном варианте опыта предусмотрена четырёх- или же восьмикратная повторность. Под кронами материнских насаждений наряду с указанной методикой заложена серия учётных пробных площадок размером  $5 \times 5$  (м<sup>2</sup>) в количестве 10 шт. Общее число площадок, заложенных по методике С. С. Пятницкого составило 72 шт. На указанных пробных площадях для подростка сосны

устанавливались следующие показатели: замерялась высота (см) и количество растений на пробе. Для тридцати случайно отобранных растений устанавливали: диаметр на шейке корня и высоте груди (см), возраст (лет), верхушечный прирост за последний год (см), ширину кроны в противоположных направлениях (см), состояние растения. Полученные данные обработаны общепринятыми методами математической статистики. Всего при выполнении исследований заложено 182 учётные пробные площади и выполнена биометрическая оценка более 3 тыс. растений. Полученные данные положены в основу анализа особенностей пространственно-возрастной структуры подроста сосны крымской и процессов авторегуляции структуры ценопопуляции.

В рамках выполненных нами исследований используется понятие ценопопуляции подроста сосны, предложенное Ю.А. Злобиным, который писал: «При возобновлении на вырубках и гарях ценопопуляция подроста древесной породы соответствует ценопопуляции данного вида в её полном объёме. В случае возобновления под пологом материнской породы совокупность особей подроста является лишь частью ценопопуляции вида. В связи с экологической самостоятельностью подроста такую субценопопуляцию подроста допустимо рассматривать отдельно» (Злобин, 1976).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Исследованиями 2018 года установлено, что подрост *P. pallasiana* распространён практически по всей площади горельника, но его состояние, особенности роста и развития заметно варьируют. Под пологом материнским древостоем подрост отстаёт в росте, состояние растений угнетённое. Влияние материнского насаждения на подрост прослеживается и в непосредственной близости к стенам леса, с удалением от которых можно наблюдать снижение плотности биогрупп и синхронное увеличение биометрических показателей растений: средней высоты, среднего диаметра и размеров кроны. Варьирование плотности растений в границах существующих ценопопуляций достаточно хорошо различимо, зависимость между густотой и биометрическими показателями растений выражена менее отчётливо. Итоги дисперсионного анализа отражены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1

Сравнительная оценка подроста сосны крымской по высоте, выполненная на основании результатов дисперсионного анализа

Вариант	Подрост на удалении от стены насаждения	Средняя высота, см	Изменение высоты, см
1	на расстоянии до 50 м	137,2	–
2	на расстоянии от 50 до 100 м	166,6	29,4
3	на расстоянии свыше 100 м	175,1	37,9
Наименьшая существенная разность (НСР) 0,95		–	25,2

Фактическая разница средних высот растений во всех вариантах опыта превышает наименьшую существенную разность по рассматриваемому показателю при уровне вероятности 0,95. Максимальная средняя высота растений зафиксирована на значительном удалении, минимальная в непосредственной близости от стены насаждения (табл. 1). Таким образом, с удалением от стены материнского насаждения на фоне постепенного снижения густоты растений можно наблюдать увеличение комплекса биометрических показателей и, прежде всего, средней высоты подроста. В зонах, где влияние леса сведено к минимуму, успешность роста сосны, вероятно, сопряжена с плотностью биогрупп.

С целью проверки зависимости между плотностью стояния растений и комплексом биометрических показателей, нами также была заложена сеть пробных площадей. Варианты опыта изначально разделены на две составляющие. В первом случае густота растений превышает 10 тыс. шт./га, во втором она в 1,5–2 раза меньше указанной величины. Удаление

от стены материнского насаждения во всех случаях составило более 100 м. Результаты дисперсионного анализа отражены в таблице 2.

Таблица 2

Сравнительная оценка подроста сосны крымской по высоте, выполненная на основании результатов дисперсионного анализа

Вариант	Количество подроста тыс. шт./га.	Средняя высота, см	Изменение высоты, см
1	до 13,5	128,1	–
2	до 13,0	131,8	30,6
3	до 7 (6,8)	158,7	26,9
Наименьшая существенная разность (НСР) 0,95		–	15,7
Наименьшая существенная разность (НСР) 0,99		–	24,2

Примечание к таблице. Удаление подроста сосны крымской от стены материнского насаждения составляет более 100 м.

Фактическая разность средних высот превышает наименьшую существенную разность по средней высоте биогрупп при уровне вероятности 0,95 и 0,99 в двух вариантах опыта из трёх. То есть правомерно утверждение о наличии статистически достоверной разницы в результатах исследования.

Известно, что в биогруппах подроста с нарастанием конкуренции неизбежна дифференциация, расслоение особей на отставшие в росте, угнетённые и успешно произрастающие (Гончар, 1957; Малиновских, 2017; Салтыков, 2019; Санников, 2019). Последующее самоизреживание группы, как следствие авторегуляции структуры ценопопуляции сопровождается сравнительно успешным ростом сосны, сохранившей за собой лидирующее положение.

Процессы динамики структуры ценопопуляций подроста находят своё подтверждение в конкретных биометрических показателях растений на опытных объектах (табл. 1, 2, 4–6) и являются отражением установленных закономерностей пространственной структуры ценопопуляции. Например, отчётливо выражено убывание численности подроста сосны с удалением от стен материнских насаждений (рис. 1). Синхронно изменению густоты варьируют и биометрические показатели подроста.

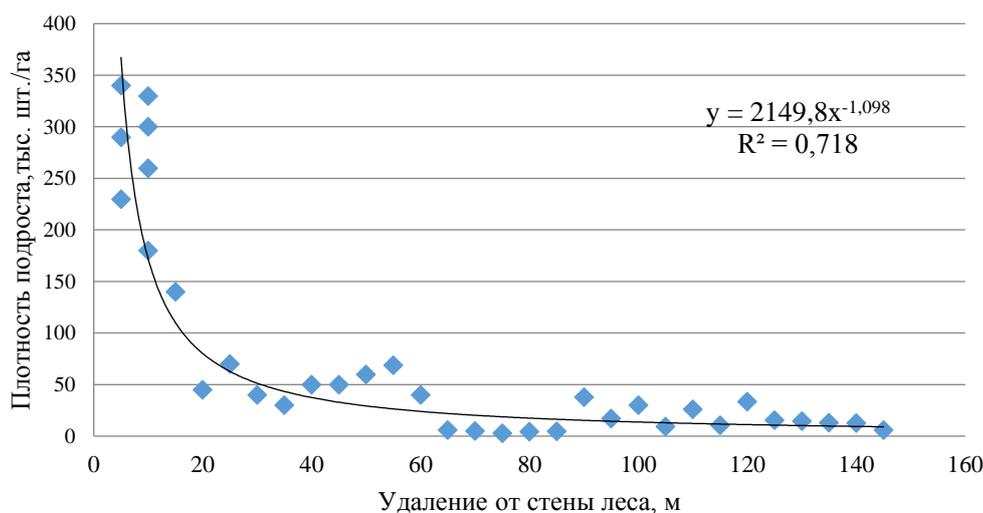


Рис. 1. Зависимость между густотой (плотностью) подроста сосны крымской и его удалением от стены прилегающего материнского насаждения

Очевидная разница в комплексе биометрических показателей растений, приуроченных к подкрановому пространству, расположенных в непосредственной близости к стенам леса и удалённых на значительное расстояние от материнского насаждения, является основанием для выдвижения гипотезы о том, что причиной гетерогенности структуры ценопопуляций является их возрастная структура. Процесс плодоношения и последующей реализации репродуктивного потенциала насаждений в категорию самосева и подроста по целому ряду причин мог быть растянут во времени. Можно предположить, что увеличение средней высоты, среднего диаметра, кроны подроста синхронно увеличению его возраста. В тоже время, варьирование плотности существующих ценопопуляций подроста и биометрических показателей растений в равной мере могло быть вызвано влиянием материнского насаждения посредством формирования экологических условий, в той или иной мере лимитирующих рост и развитие растений. Поливариантность реализации процесса возобновления в пространстве горельника в каждом конкретном случае является следствием подобных закономерностей.

С целью выявления причин, повлёкших варьирование структуры ценопопуляций, в 2019 году исследования были продолжены. Итоги изучения возрастной структуры подроста сосны позволили установить, что доминирующая его часть на открытых площадях горельника достигла 10–11 летнего возраста, а, следовательно, его появление следует датировать 2008–2009 годами (рис. 2, 3).

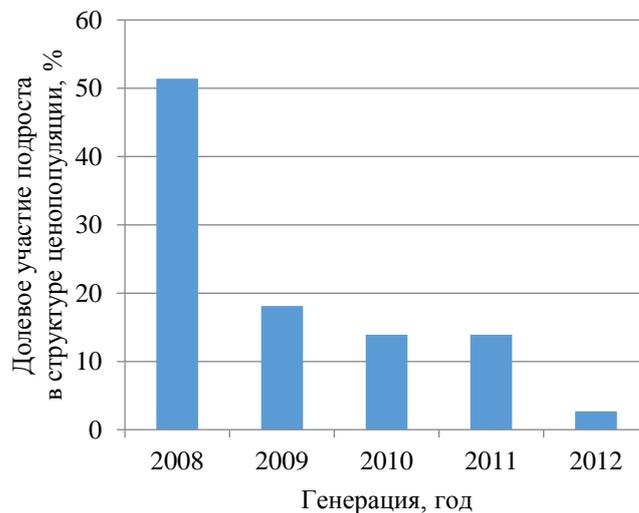


Рис. 2. Возрастной спектр подроста сосны крымской за пределами влияния материнского насаждения

Кроме 10 и 11 летних особей в границах возрастных спектров подроста присутствуют растения, которые появились на третий, четвёртый и даже пятый год после пожара. Указанная категория растений, как правило, располагается по периферии или же занимает подчиненное место в границах сложившихся биогрупп, долевое их участие в количественном отношении незначительно. Заполняя свободные места в нишах возобновления, указанная категория растений способствует формированию уплотнённых группировок с характерной для них микросредой и успешным ростом сосны.

Под пологом материнских насаждений состояние подроста и комплекс биометрических характеристик растений заметно отличается. Так, например, средний возраст особей здесь сравнительно меньше, чем на открытых пространствах горельника (табл. 3).

В границах возрастного спектра, кроме десяти и одиннадцатилетних, присутствуют особи, которые появились через шесть, семь и восемь лет после пожара. Обращает на себя внимание доминирование особей, появившихся в 2010 и 2012 годах (рис. 3). Вероятно, снижение среднего возраста подроста под пологом материнских насаждений ( $6,9 \pm 0,06$  лет)

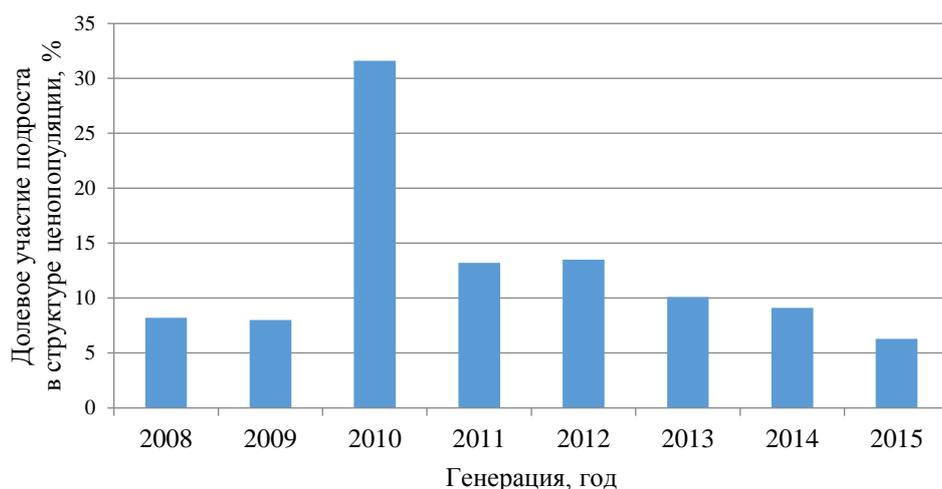


Рис. 3. Возрастной спектр подроста сосны крымской под пологом насаждений

Таблица 3

Варьирование среднего значения возраста растений подроста сосны крымской в зависимости удаления от стены материнского насаждения

Показатель	Удаление от стены материнского насаждения, м				
	под пологом	10–50	51–100	>100	
Возраст, $\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	6,9±0,06	9,3±0,08	9,7±0,17	9,9±0,20	10,1±0,14
Экссесс	-0,65	-0,19	-0,84	-0,44	-0,51
Асимметрия	-0,32	-0,92	0,38	-0,87	-0,90
Точность опыта	0,8	0,8	1,7	2	1,4
Варьирование	28,3	8,8	10,4	12,2	12

обусловлено двумя встречными процессами: отпадом подроста, появившегося в первые годы после пожара и наличием растений новых генераций. Причина отпада старших по возрасту растений очевидна. Жизнеспособность подроста *P. pallasiana* под пологом материнского насаждения невысокая, и по мере исчерпания экологической ниши, подрост сосны уступает своё место следующим поколениям или замещается растениями – экологическими аналогами, типичными для данных условий местопроизрастания. С определённой степенью условности можно сказать, что волна возобновления в данных условиях скоротечна во времени и динамична в пространстве, что согласуется с мнением исследователей (Коба, 2016, 2017; Санников, 2019).

Сравнение структуры возрастного спектра подроста на открытых пространствах и под пологом материнских насаждений (рис. 2, 3), а также сведения о среднем возрасте растений позволяют выдвинуть предположение о том, что «стартовые» позиции процесса естественного возобновления под пологом насаждений и на открытых пространствах горельника были близкими. Однако со временем условия экологической ниши, в которой развивался подрост, отразились на его биометрических характеристиках (табл. 2, 3, 4). Так, например, средняя высота подроста под пологом материнского насаждения при среднем возрасте от 7,3±0,12 до 8,1±0,16 лет колеблется в пределах 21,5±1,09 – 27,4±1,09 см, прирост верхушечного побега варьирует от 3,6±0,11 до 4,8±0,17 см, при этом минимальное его значение составляет 2,4±0,21 см (табл. 2). Густота растений составляет от 16 до 63,2 тыс. шт./га. На первый взгляд, это очень большая численность растений. Однако число растений в количестве 1–2 шт./м<sup>2</sup> или даже 6–7 шт./м<sup>2</sup>, при их средней высоте от 13,1±0,80 до 27,4±1,09 и среднем приросте не превышающем 3,8±0,19 см (табл. 4) позволяет поставить под

Таблица 4

Биометрическая оценка подроста сосны крымской под пологом лесных насаждений

№	Диаметр шейки корня, см	Высота растения, см	Возраст, лет	Прирост, см		Плотность	
				текущий	средний	шт./м <sup>2</sup>	тыс. шт./га
1	0,4±0,02	13,1±0,8	3,8±0,19	2,4±0,21	3,8±0,19	1–2	16,0
2	0,5±0,04	22,9±1,45	7,3±0,18	3,8±0,22	3,1±0,19	3–4	30,4
3	0,7±0,05	21,5±1,09	8,1±0,16	3,6±0,11	2,7±0,14	3–4	38,8
4	0,6±0,06	21,4±0,75	7,0±0,12	3,5±0,13	2,8±0,10	4–5	42,8
5	0,7±0,06	19,3±0,74	6,8±0,14	3,4±0,15	2,9±0,12	4–5	44,4
6	0,7±0,03	27,4±1,09	7,3±0,12	4,8±0,17	3,9±0,18	5–6	58,0
7	0,6±0,04	20,6±0,60	7,4±0,14	3,8±0,15	2,8±0,09	5–6	59,2
8	0,6±0,03	15,6±0,63	5,7±0,15	2,6±0,12	2,7±0,11	6–7	63,2

Примечание к таблице. По каждому из показателей приведены средние значения ± ошибка средней. В первой колонке приведены номера пробных площадок.

сомнение успешность процесса естественного возобновления сосны крымской под пологом материнского насаждения.

Присутствие 10- и 11-летних особей в границах возрастных спектров, хорошо выраженная временная граница начала спектральной характеристики растений по возрасту (2008 г.), сходство шлейфа сопутствующих возрастных генераций подроста позволяет утверждать, что подрост сосны крымской под пологом и за пределами влияния материнских насаждений по своему происхождению может быть отнесен к единому пространству возобновления. Однако по мере исчерпания ёмкости экологической ниши затухание всплеска возобновления под пологом материнских насаждений закономерно. В результате подрост *P. pallasiana* под пологом насаждений представляет собой очень динамичный и скоротечный во времени фрагмент ценопопуляции. Снижение среднего возраста подроста в этих условиях позволяет объяснить направление и динамику процесса. Ожидаемое количественное и пространственное перераспределение ценопопуляции происходит вследствие несовпадения ёмкости экологической ниши и биоэкологических свойств растений на определенном этапе их развития (Злобин, 1976; Коба, 2016, 2017; Малиновский, 2017; Сприцын, 2017; Салтыков, 2019; Санников, 2019). Подрост сосны в сравнительно короткий временной период уступает своё место для следующих поколений, а зоны краевого эффекта смещаются на периферию открытых пространств горельника. Так, например, максимальные показатели плотности ценопопуляции подроста *P. pallasiana* были отмечены нами в пределах 50-метровой зоны прилегающей стены материнского насаждения, где количество подроста достигает 60–70 тыс. шт./га и более. На площадках, размещенных на 10 метровом удалении от стены леса нами зафиксированы биогруппы густотой от 23 до 40 растений на 1 м<sup>2</sup>. Среднее количество растений в непосредственной близости к стенам материнских насаждений составило 30,2±1,63 шт./м<sup>2</sup>. С удалением от стены насаждения на расстояние свыше 100 метров количество подроста уменьшается до 10–20 тыс. шт./га. Таким образом, одна из характерных черт пространственной структуры ценопопуляций подроста на открытых пространствах горельника – резкое увеличение численности подроста вблизи стен материнских насаждений и снижение плотности биогрупп с удалением к центральной части горельника (рис. 1).

В тоже время на фоне постепенного изменения численности подроста можно наблюдать сравнительно плотные растительные группировки, появление которых обусловлено влиянием семенных деревьев и куртин, оставшихся после разработки горельника. Варьирование плотности растительных группировок сопровождается синхронным изменением биометрических характеристик подроста сосны (табл. 3). Так, только в пределах 25-метровой зоны средняя высота подроста сосны увеличивается в два и более раза, достигая 190,6±14,47 см, средний прирост верхушечной оси составляет 20,6±1,48 см. (табл. 3). На

пятидесятиметровом удалении максимальная величина средней высоты подроста сосны составляет от 190,0±14,91 до 195,9±10,96 см. (табл. 3). В этих же условиях заметно возрастает текущий прирост верхушечной оси, достигая 22,8±3,64 см, превышая отметку среднего прироста, что позволяет отнести рассматриваемые фрагменты ценопопуляции подроста к процветающему типу, то есть весьма успешно развивающейся категории растений. Густота стояния растений на указанном удалении от стены материнского насаждения колеблется от 40 до 60 тыс. шт./га (табл. 5).

Таблица 5

Биометрическая оценка подроста сосны крымской, расположенного на расстоянии до 50 м от стены материнского насаждения

№	Диаметр шейки корня, см	Высота растения, см	Возраст, лет	Прирост, см		Плотность	
				текущий	средний	шт./м <sup>2</sup>	тыс. шт./га
На удалении до 25 м от стены материнского насаждения							
1	2,2±0,09	94,1±3,99	9,3±0,17	12,5±0,17	10,3±0,39	18	180
2	2,2±0,17	132,8±5,37	9,2±0,21	15,9±0,10	14,8±0,55	14	140
3	3,1±0,34	189,7±13,35	9,2±0,22	16,6±1,98	20,6±1,48	4	45
4	3,4±0,29	190,6±14,47	9,8±0,21	18,0±1,06	19,6±1,55	7	70
На удалении до 50 м от стены материнского насаждения							
1	2,7±0,27	150,1±13,22	8,7±0,29	18,2±3,23	17,1±1,15	7–8	75
2	3,2±0,31	190,0±14,91	8,8±0,31	20,3±1,28	21,6±1,44	3–4	40
3	3,5±0,75	195,9±10,96	9,3±0,18	21,3±1,62	21,1±1,03	5–6	60
4	3,8±0,75	177,6±23,35	9,0±0,57	22,8±3,64	19,8±2,34	3–4	40

Примечание к таблице. По каждому из показателей приведены средние значения ± ошибка средней. В первой колонке приведены номера пробных площадок.

В границах плотных биогрупп средние: высота, диаметр растений, размер кроны заметно ниже, чем в разреженных. Динамика рассматриваемых средних показателей растений является основанием для предположения о том, что в успешный рост сосны будет наблюдаться при определённой густоте их размещения. Снижение или увеличение комплекса биометрических характеристик подроста *P. pallasiana* в границах сформировавшихся ценопопуляций является ответной реакцией подроста на изменение экологических условий, обусловленных плотностью популяционного поля. Таким образом, в рамках процесса естественного возобновления отчётливо проявляется «эффект биогруппы». Наличие относительно плотных биогрупп на начальных этапах становления ценопопуляции определяет успешный рост особей, исключая конкуренцию со стороны растений экологических аналогов (Гончар, 1957; Малиновский, 2017; Салтыков, 2019; Санников, 2019). На последующих этапах роста и развития этот показатель будет изменяться. Подтверждением являются результаты биометрической оценки подроста, расположенного в границах 100-метровой зоны от стен материнского насаждения (табл. 6).

Характерно, что в границах указанной зоны заметно снижается густота растений на единице площади. Варьирование средней высоты подроста незначительно и составляет от 158,0±6,28 до 197,1±9,07 см. Доминирует 10-летний подрост, средний возраст растений равен 9,7±0,17 лет. В целом следует сказать, что в условиях, исключающих влияние материнского насаждения, сохраняется биогрупповой характер размещения растений в пространстве, подрост сосны отличается хорошим ростом и имеет перспективу дальнейшего роста и развития. Неизменным остаётся и постоянство чередования разных по плотности биогрупп: уплотнённых и редких. Доля не занятых подростом сосны площадей незначительна. В большинстве своём такие прогалины, поляны, «окна», где отсутствует подрост сосны крымской, составляет около 30–35 % от общей площади горельника. Зачастую подрост сосны

Таблица 6

Биометрическая оценка высоты подроста сосны крымской, расположенного на расстоянии 50–100 м от стен материнских насаждений

Показатель	Высота подроста, см				
	Номер варианта и среднее значение высоты ( $\bar{x} \pm S_x$ ) по вариантам				
	1	2	3	4	1–4
	158,0±6,28	183,5±8,60	197,1±9,07	161,7±8,46	171,8±4,12
Эксцесс	-0,49	0,34	-0,59	-0,27	0,01
Асимметрия	0,14	0,71	-0,01	0,74	0,55
Точность опыта, %	3,90	4,70	4,60	5,20	2,00
Варьирование, %	31,00	33,50	24,30	35,50	32,70
Плотность, тыс. шт./га	6,10	5,10	2,80	4,60	4,70

отсутствует на местах хранения древесины или погрузочных площадках, сети технологических элементов лесосек, которые были использованы при проведении сплошных санитарных рубок. Очевидно, что такие разрывы в границах формируемого насаждения со временем будут заняты последующими генерациями *P. pallasiana*, что в определённой мере окажет влияние на особенности пространственной структуры формируемых коренных древостоев.

Таким образом, в результате прохождения лесного пожара и последовавшего за ним всплеска возобновления на территории горельника наблюдается формирование единого структурно-функционального поля возобновления. С определённой степенью условности такое поле можно разделить на три взаимосвязанные составные части. Первая – это зона с подростом сосны, сосредоточенным в подкрановом пространстве насаждений. Это незначительная по площади затронутая низовым пожаром часть насаждений по внешним границам горельника. Подрост сосны в этой зоне, как правило, угнетён и не жизнеспособен. Вторая зона с подростом сосны, расположенным в непосредственной близости к стенам материнского насаждения. Характерным признаком такой зоны является чрезвычайно высокая плотность и динамичное состояние подроста. Третья – зона с подростом сосны, удалённым на значительное расстояние от стен материнских насаждений. Плотность подроста незначительна, жизненное состояние ценопопуляций подроста большей частью, процветающее. В границах второй и третьей зоны на фоне закономерно убывающей численности подроста с удалением от стены материнского насаждения можно наблюдать чередование незначительных по плотности и уплотнённых растительных группировок, кластерных зон, оказывающих заметное влияние на структурно-функциональное единство процесса возобновления.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследования структурно-функциональных особенностей естественного возобновления сосны крымской (*P. pallasiana*) на территории горельника (2007 года) Ялтинского горно-лесного заповедника позволили сделать вывод о том, что всплеск возобновления достаточно скоротечен во времени и в данном случае он пришёлся на 2008–2009 годы.

В настоящее время большая часть горельника занята жизнеспособным подростом сосны крымской. Доля не занятых подростом сосны площадей здесь незначительна. Прогалины и поляны, где отсутствует подрост сосны крымской, занимают немногим более третьей части площади объекта исследования.

Максимальная густота растений, достигающая 50–70 тыс. шт./га и более, наблюдается в непосредственной близости к стенам материнского насаждения. С удалением от стены насаждения на расстояние до 100 метров количество подроста уменьшается до 10–20 тыс. шт./га. На фоне снижения плотности био групп наблюдается синхронное увеличение биометрических показателей растений: средней высоты, среднего диаметра и размеров кроны. На открытых пространствах горельника подрост сосны большей частью, жизнеспособный. Варьирование плотности растительных группировок обусловило гетерогенность пространственной структуры ценопопуляций подроста сосны крымской.

Под пологом материнского насаждения жизнеспособность подроста сосны невысокая, и по мере исчерпания экологической ниши, наблюдаются процессы экологического замещения. Можно утверждать, что волна возобновления в данных условиях скоротечна во времени и динамична в пространстве, что в полной мере согласуется с мнением других исследователей.

Единое структурно-функциональное поле возобновления условно можно разделить на три взаимосвязанные составные части. Первая – это зона с подростом сосны, сосредоточенным в подкрановом пространстве насаждений. Вторая зона с подростом сосны, расположенным в непосредственной близости к стенам материнского насаждения. Третья – зона с подростом сосны, удалённым на значительное расстояние от стен материнских насаждений. В границах указанных зон состояние и особенности роста и развития растений заметно отличаются.

Поливариантность реализации процесса возобновления в пространстве горельника в каждом конкретном случае является результатом адаптации подроста сосны крымской и авторегуляции структуры ценопопуляции подроста в соответствии с ёмкостью сложившихся ниш возобновления, их соответствия биоэкологическим свойствам подроста на определённом этапе его роста и развития.

### Список литературы

- Бех И. А., Данченко А. М. Проблема устойчивости в лесоведении // Вестник Томского государственного университета. – 2015. – № 295. – С. 215–219.
- Бигон М., Харпер Дж., Таусенд К. Экология. Особи, популяции и сообщества. В 2-х томах / [Ред. А. М. Гиляров]. – Москва: Мир, 1989. – Т. 1. – 667 с., Т. 2. – 447 с.
- Восточноевропейские леса: история в голоцене и современность. В 2 кн. / [Отв. ред. О. В. Смирнова]. – М.: Наука, 2004. Кн. 1. – 479 с.; Кн. 2. – 575 с.
- Гончар М. Т. О влиянии группового произрастания соснового подроста на условия микросреды // Записки Харьковского сельскохозяйственного института. – 1957. – Т. XVI. – С. 135–150.
- Грейг-Смит П. Количественная экология растений / [Ред. Т. А. Работнов и А. А. Уранов]. – Москва: Мир, 1967. – 359 с.
- Грязькин А. В. Возобновительный потенциал таёжных лесов (на примере ельников Северо-Запада России). – СПб.: Санкт-Петербургская государственная лесотехническая академия (СПбЛТА), 2001. – 188 с.
- Демаков Ю. П. Динамика устойчивости лесных экосистем: (Методологические и методические аспекты). – Йошкар-Ола: Периодика Марий Эл, 2000. – 416 с.
- Ерохин А. В. Естественное возобновление в культурах сосны // Актуальные проблемы лесного комплекса. – 2011. – Вып. 30. – С. 13–15.
- Грязькин А. В., Беляева Н. В., Шахов А. Г., Нгуен Ван Зинь Естественная смена ели сосной на участках лесных культур // Лесотехнический журнал. – 2019. – Т. 9, № 1 (33). – С. 54–60.
- Злобин Ю. А. Оценка качества ценопопуляций подроста древесных пород // Лесоведение. – 1976. – № 6. – С. 72–79.
- Коба В. П., Жигалова Т. П. Возобновление сосны Палласа на горельниках в горном Крыму // Лесоведение. – 2016. – № 4. – С. 270–278.
- Коба В. П. Особенности восстановления древостоев сосны крымской в постпирогенный период // Экосистемы. – 2017. – Вып. 11. – С. 10–13.
- Коба В. П., Жигалова Т. П. Экспериментальная оценка постпирогенной жизнеспособности семян сосны Палласа // Лесоведение. – 2018. – № 6. – С. 417–425.
- Коротков С. А. Теоретические проблемы устойчивости леса // Лесной вестник. – 2015. – № 4. – С. 26–32.
- Малиновских А. А. Динамика естественного возобновления сосны обыкновенной на гари 1977 года в Сростинском Бору // Вестник алтайского аграрного университета. – 2017. – № 5 (151). – С. 76–82.
- Одум Ю. Экология. В 2-х томах / [Ред. В. Е. Соколова]. – Москва: Мир, 1986. – Т. 1. – 328 с., Т. 2. – 376 с.

Пятницкий С. С. Методика исследований естественного семенного возобновления в лесах левобережной Лесостепи Украины. – Харьков, 1959. – 38 с.

Риклефс Р. Основы общей экологии / [Ред. Н. Н. Карташев]. – Москва: Мир, 1979. – 424 с.

Рожков А. А., Козак В. Т. Устойчивость лесов. – Москва: Мир, 1989. – 238 с.

Салтыков А. Н. Структурно-функциональные особенности естественного возобновления придонских боров. – Симферополь: ИТ «Ариал». – 2019. – 361 с.

Санников С. Н., Санникова Н. С., Кочубей А. А., Петрова И. В. Естественное возобновление сосны на горях в лесостепи Западной Сибири // Сибирский лесной журнал. – 2019. – № 5. – С. 22–29.

Спринцын С. Н., Фрадкин А. М., Спринцын М. С. Оценка эффективности естественного возобновления сосны алеппской *Pinus halepensis* Mill. В Восточном Средиземноморье на примере Израиля // Сибирский лесной журнал – 2017. – № 2. – С. 3–12.

**Saltykov A. N. Polyvariance of the spatial-age structure of the coenopopulation of the Crimean pine undergrowth // Ekosistemy. 2021. Iss. 25. P. 135–145.**

Studies of the processes of natural renewal of Crimean pine, carried out during 2018–2019, on the mountain ranges of the Yalta Mountain Forest Reserve allowed us to establish a number of the following features. The surge of renewal is transient in time and the basis of the coenopopulations of undergrowth at the object of research is made up of plants that appeared in the first two post-fire years. Individuals that appeared in subsequent years occupy vacant places in the conditions of existing renewal niches, complementing the structure of the age spectra of pine undergrowth, emphasizing the asymmetry of the spectral distribution series. On the one hand, the spatial structure of undergrowth coenopopulations is a representation of the “matrix” of forest fire, on the other hand, it is determined by the structure of pine trees’ fruiting. The monotonous decrease in the density of the population field of undergrowth, due to the remoteness of the walls of the mother plantings and the specifics of seed dispersal, is supplemented by the alternation of undergrowth biogroups of increased density. The presence of areas of increased density against the background of constantly decreasing density of plants with a distance from the walls of the mother plant is predetermined by the influence of testes and seed curtains preserved during the fire. At each specific point in the renewal space, the structure of the process or its shape will be determined by the influence of external environmental and internal endogenous factors due to the biogroup effect of plant groupings. Polyvariance of the spatio-age structure of the undergrowth in the gornik space is the result of autoregulation of the cenopopulation structure in accordance with the capacity of the existing renewal niches.

*Key words:* Crimean pine, natural renewal, self-seeding, undergrowth, density, density, biogroup, spatial and age structure, age spectrum, ecological niche.

*Поступила в редакцию 15.12.20*

*Принята к печати 21.01.20*

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Новикова Л. А., Васюков В. М., Горбушина Т. В., Михайлова Е. В.</b> Трансформация галофитной растительности Сердобского солонца (Сердобский район, Пензенская область) .....	<b>5</b>
<b>Елумеева Т. Г., Чередниченко О. В., Гаврилова Т. М.</b> Стабилизация и скорость разложения стандартного материала в травяных сообществах лесной зоны .....	<b>12</b>
<b>Лапкина Е. З., Тирранен Л. С., Савельева Е. Е., Булгакова Н. А.</b> Изучение динамики численности эколого-трофических групп микроорганизмов эпифитной микробиоты <i>Stellaria media</i> и <i>Urtica dioica</i> .....	<b>22</b>
<b>Шадрин Н. В., Ануфриева Е. В.</b> Менеджмент окружающей среды и экология водоемов в поисках ответов на вызовы времени.....	<b>30</b>
<b>Бондаренко Л. В., Тимофеев В. А.</b> Таксоцэн Malacostraca акватории бухты Ласпи (Чёрное море).....	<b>41</b>
<b>Евстигнеева И. К., Танковская И. Н.</b> Сезонные состояния фитообрастания берегозащитного гидротехнического сооружения (бухта Круглая, Черное море) .....	<b>49</b>
<b>Комулайнен С. Ф., Барышев И. А., Круглова А. Н., Галахина Н. Е., Никерова К. М.</b> Современное состояние рек бассейна озера Сегозеро (Сегозерское водохранилище, Республика Карелия).....	<b>60</b>
<b>Базарова Б. Б., Куклин А. П.</b> О современном состоянии и многолетней динамике флоры и растительности озера Гусиное (Республика Бурятия) .....	<b>72</b>
<b>Герасимович Л. В.</b> Морфометрическая изменчивость видов рода <i>Cypripedium</i> в коллекции Центрального сибирского ботанического сада СО РАН.....	<b>82</b>
<b>Гусев А. П., Соколов А. С.</b> Вторжение чужеродной лианы <i>Parthenocissus quinquefolia</i> в лесные фитоценозы юго-востока Белоруссии .....	<b>92</b>
<b>Савицкий Е. В., Третьякова А. С.</b> Коллекция тропических и субтропических лиан в оранжереях Ботанического сада Уральского отделения Российской академии наук.....	<b>98</b>
<b>Давудова Э. З.</b> Панцирные клещи (Acariformes, Oribatida) Внутригорного Дагестана (Гунибский район).....	<b>105</b>
<b>Кидов А. А., Петровский А. Б., Шпагина А. А., Степанкова И. В.</b> Современное распространение обыкновенного ( <i>Lissotriton vulgaris</i> ) и гребенчатого ( <i>Triturus cristatus</i> ) тритонов в «старой» Москве и перспективы их сохранения.....	<b>114</b>
<b>Волкова О. Н.</b> Перспективные экологические профессии в условиях нарастания экологического кризиса .....	<b>125</b>
<b>Салтыков А. Н.</b> Поливариантность пространственно-возрастной структуры ценопопуляции подроста сосны крымской ( <i>Pinus pallasiana</i> D. Don).....	<b>135</b>

## CONTENT

<b>Novikova L. A., Vasjukov V. M., Gorbushina T. V., Mikhailova E. V.</b> Transformation of the halophytic vegetation of the “Serdobsky solonets” Serdobsky district, Penza region).....	<b>5</b>
<b>Elumeeva T. G., Cherednichenko O. V., Gavrilova T. M.</b> Stabilization and decomposition rate of standard material in herbaceous communities of the forest zone .....	<b>12</b>
<b>Lapkina E. Z., Tyrranen L. S., Saveleva E. E., Bulgakova N. A.</b> The study of population dynamics of ecological groups of microorganisms epiphytic microbiota <i>Stellaria media</i> and <i>Urtica dioica</i> .....	<b>22</b>
<b>Shadrin N. V., Anufrieva E. V.</b> Environmental management and aquatic ecology in search of answers to the challenges of the time.....	<b>30</b>
<b>Bondarenko L. V., Timofeev V. A.</b> Taxocene Malacostraca of Laspi Bay water area (Black Sea).....	<b>41</b>
<b>Evstigneeva I. K., Tankovskaya I. N.</b> Seasonal conditions of phyto-fouling of a coastal protection hydrotechnical structure (Kruglaya Bay, Black Sea).....	<b>49</b>
<b>Komulaynen S. F., Barihshev I. A., Kruglova A. Galakhina N. E., Nikerova K. M.</b> The current state of the watercourses of the Lake Segozero Basin (Segozero Reservoir, Republic of Karelia, Russia).....	<b>60</b>
<b>Bazarova B.B., Kuklin A.P.</b> On the current state and long-term dynamics of the flora and vegetation of Lake Gusinoe (Republic of Buryatia) .....	<b>72</b>
<b>Gerasimovich L. V.</b> The genus <i>Cypripedium</i> in the collection of the Central Siberian Botanical Garden of the Siberian Branch Russian Academy of Sciences.....	<b>82</b>
<b>Gusev A. P., Sokolov A. S.</b> Invasion of alien liana <i>Parthenocissus quinquefolia</i> in forest phytocenoses of South-Eastern Belarus.....	<b>92</b>
<b>Savitsky E. V., Tretyakova A. S.</b> Greenhouse collection of tropical and subtropical lianas in the Botanical Garden of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences .....	<b>98</b>
<b>Davudova E. Z.</b> Shell mites (Acariformes, Oribatida) Intra-mountain Dagestan (Gunib district).....	<b>105</b>
<b>Kidov A. A., Petrovskiy A. B., Shpagina A. A., Stepankova I. V.</b> Modern distribution of the smooth ( <i>Lissotriton vulgaris</i> ) and crested ( <i>Triturus cristatus</i> ) newts in "Old" Moscow and perspectives of their conservation.....	<b>114</b>
<b>Volkova O. N.</b> Perspective environmental professions in the flower of an environmental crisis .....	<b>125</b>
<b>Saltykov A. N.</b> Polyvariance of the spatial-age structure of the coenopopulation of the Crimean pine undergrowth .....	<b>135</b>