

БОТАНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ТОМ 108

5

май



RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCE

**BOTANICHESKII
ZHURNAL**

Volume 108

№ 5

MOSCOW
2023

Founders:

RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES
BRANCH OF BIOLOGICAL SCIENCES RAS
RUSSIAN BOTANICAL SOCIETY
BOTANICHESKII ZHURNAL

Periodicity 12 issues a year

Founded in December 1916

Journal is published the algis of the Branch of Biological Sciences RAS

Editor-in-Chief

L. V. Averyanov, Doctor of Sciences (Biology)

EDITORIAL BOARD

- O. M. Afonina** (Deputy Editor-in-Chief, Doctor of Sciences (Biology), St. Petersburg, Russia),
I. N. Safronova (Deputy Editor-in-Chief, Doctor of Sciences (Biology), St. Petersburg, Russia),
I. I. Shamrov (Deputy Editor-in-Chief, Doctor of Sciences (Biology), St. Petersburg, Russia),
A. K. Sytin (Deputy Editor-in-Chief, Doctor of Sciences (Biology), St. Petersburg, Russia),
D. S. Kessel (Executive Secretary, St. Petersburg, Russia),
N. V. Bitjukova (Secretary, St. Petersburg, Russia),
O. G. Baranova (Doctor of Sciences (Biology), St. Petersburg, Russia),
S. Volis (PhD, Kunming, China),
A. V. Herman (Doctor of Sciences (Geology and Mineralogy), Moscow, Russia),
T. E. Darbayeva (Doctor of Sciences (Biology), Uralsk, Kazakhstan),
L. A. Dimeyeva (Doctor of Sciences (Biology), Almaty, Kazakhstan),
M. L. Kuzmina (PhD, Guelph, Canada),
M. V. Markov (Doctor of Sciences (Biology), Moscow, Russia),
T. A. Mikhaylova (Candidate of Sciences (Biology), St. Petersburg, Russia),
A. A. Oskolski (Doctor of Sciences (Biology), St. Petersburg, Russia; Johannesburg, RSA),
Z. Palice (PhD., Prùhonice, Czech Republic),
A. A. Pautov (Doctor of Sciences (Biology), St. Petersburg, Russia),
M. G. Pimenov (Doctor of Sciences (Biology), Moscow, Russia),
R. E. Romanov (Candidate of Sciences (Biology), St. Petersburg, Russia),
A. N. Sennikov (Candidate of Sciences (Biology), Helsinki, Finland),
D. D. Sokoloff (Doctor of Sciences (Biology), Moscow, Russia),
I. V. Sokolova (Candidate of Sciences (Biology), St. Petersburg, Russia),
M. J. Tikhodeeva (Candidate of Sciences (Biology), St. Petersburg, Russia),
A. C. Timonin (Doctor of Sciences (Biology), Moscow, Russia),
V. S. Shneyer (Doctor of Sciences (Biology), St. Petersburg, Russia),
G. P. Yakovlev (Doctor of Sciences (Biology), St. Petersburg, Russia)

Managing editor M. O. Gongalskaya
Executive editor of the issue O. M. Afonina

E-mail: botzhurn@mail.ru, mari.gongalskaya@gmail.com

Moscow

2023

СОДЕРЖАНИЕ

Том 108, номер 5, 2023

Сообщения

- Морфология и таксономия *Aulacoseira alpigena* (Basidiomycota) и его распространение в России
С. И. Генкал 401
- Мхи западной части Чукотского нагорья.
3. Взаимозависимость проективного покрытия мхов и сосудистых растений
С. С. Холод, О. М. Афонина 409
- Menegazzia terebrata* (Parmeliaceae) на северной границе ареала (заповедник “Кивач”, Республика Карелия)
В. Н. Тарасова, А. В. Сони́на, В. И. Андросова 427
- Конспект папоротников Кемеровской области – Кузбасса
А. В. Климов, Б. В. Прошкин 443
- Особенности адсорбции взвешенных частиц хвоей и листьями деревьев городских лесов Иркутска
Т. А. Михайлова, О. В. Шергина, А. С. Миронова 455
-

Флористические находки

- Дополнение к флоре мхов Южных Курил (Российский Дальний Восток)
Е. А. Игнатова, Т. И. Коротеева, В. Э. Федосов, М. С. Игнатов, Е. Ю. Кузьмина, Н. С. Ликсакова, А. В. Шкурко, А. К. Ежкин, В. В. Каганов 473
- Современная находка *Vuxbaumia viridis* (Vuxbaumiaceae) на Северо-Западе России
Г. Я. Дорошина, Л. Е. Курбатова 484
-

Методика ботанических исследований

- Геоданные гербария МГУ: структура данных и методика геопривязки
А. П. Серёгин, В. Н. Пашкина, И. Н. Поспелов 491
-

Хроника

- Всероссийская научная конференция с международным участием “XII Галкинские Чтения – типы болот регионов России”
В. А. Смагин, Т. Г. Ивченко, О. В. Галанина, Т. К. Юрковская 506
-
-

Contents

Vol. 108, No. 5, 2023

COMMUNICATIONS

- Morphology and taxonomy of *Aulacoseira alpigena* (Bacillariophyta) and its distribution in Russia
S. I. Genkal 401
- Mosses of the western part of the Chukchi Highlands.
3. Interdependence of percent cover values of mosses and vascular plants
S. S. Kholod, O. M. Afonina 409
- Menegazzia terebrata* (Parmeliaceae) at the northern border of its range (Kivach Nature Reserve, Republic of Karelia)
V. N. Tarasova, A. V. Sonina, V. I. Androsova 427
- Synopsis of ferns of Kemerovo Region – Kuzbass
A. V. Klimov, B. V. Proshkin 443
- Features of adsorption of particulate matter by needles and leaves of trees in Irkutsk urban forests
T. A. Mikhailova, O. V. Shergina, A. S. Mironova 455
-

FLORISTIC RECORDS

- Addition to the moss flora of the Southern Kurile Islands (Russian Far East)
E. A. Ignatova, T. I. Koroteeva, V. E. Fedosov, M. S. Ignatov, E. Yu. Kuzmina, N. S. Liksakova, A. V. Shkurko, A. K. Ezhkin, V. V. Kaganov 473
- New record of *Buxbaumia viridis* (Buxbaumiaceae) in the North-West of Russia
G. Ya. Doroshina, L. E. Kurbatova 484
-

METHODS OF BOTANICAL RESEARCH

- Geodata of the Moscow University Herbarium: data structure and geo-linking methodology
A. P. Seregin, V. N. Pashkina, I. N. Pospelov 491
-

CHRONICLES

- All-Russian scientific conference with international participation
“XII meeting in memoriam of Ekaterina Alexeevna Galkina –
Types of mires of Russian regions”
V. A. Smagin, T. G. Ivchenko, O. V. Galanina, T. K. Yurkovskaya 506
-
-

МОРФОЛОГИЯ И ТАКСОНОМИЯ *AULACOSEIRA ALPIGENA* (BACILLARIOPHYTA) И ЕГО РАСПРОСТРАНЕНИЕ В РОССИИ

© 2023 г. С. И. Генкал

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН
п. Борок, Некоузский р-н, Ярославская обл., 152742, Россия
e-mail: genkal@ibiw.ru

Поступила в редакцию 30.10.2020 г.
После доработки 17.04.2023 г.
Принята к публикации 18.04.2023 г.

Изучение материалов из Западной и Восточной Сибири, Дальнего Востока выявило у *Aulacoseira alpigena* значительную изменчивость формы шипов и более широкий ареал вида. Настоящее исследование и анализ литературных данных позволили расширить диагноз *A. alpigena* и свести в синониму сходный по морфологии вид *A. helvetica*.

Ключевые слова: водоемы, водотоки, Западная и Восточная Сибирь, Дальний Восток, Bacillariophyta, *Aulacoseira alpigena*, *Aulacoseira helvetica*, морфология, электронная микроскопия

DOI: 10.31857/S0006813623050034, **EDN:** YYNSPB

Melosira distans var. *alpigena* Grunow относится к широко распространенным водорослям, характерным для северных и горных водоемов (Opredelitel'..., 1951). Разновидность была переведена в род *Aulacoseira* как *A. distans* var. *alpigena* (Grunow) Simonsen (Simonsen, 1979), а позднее как *A. lirata* var. *alpigena* (Grunow) Haworth (Haworth, 1988), затем ее таксономический ранг был повышен до видового — *A. alpigena* (Grunow) Krammer (Krammer, 1991).

Согласно одной из первых отечественных систематических сводок, диаметр створки *Aulacoseira alpigena* варьирует от 4 до 20 мкм, ее высота — от 3 до 8 мкм, число рядов ареол на загибе в 10 мкм — от 16 до 20 (Opredelitel'..., 1951). Позднее были опубликованы первые электронные иллюстрации *Aulacoseira alpigena* (Krammer, 1991) и результаты подробного исследования морфологии этого вида, в том числе с использованием сканирующего электронного микроскопа (СЭМ) (Houk et al., 2017).

Исследования водоемов и водотоков России подтвердили широкое распространение *Aulacoseira alpigena* и приуроченность этого вида преимущественно к северным и горным водоемам, а также показали более широкую вариабельность количественных морфологических диагностических признаков (Genkal, Bondarenko, 2004; Genkal, Kulikovskiy, 2006; Genkal, Trifonova, 2009; Genkal et al., 2015; Genkal, Yarushina, 2018; и др.).

Цель исследования: на основе изучения новых материалов и анализа изображений створки

из иконотеки С.И. Генкала получить новые данные по морфологии, таксономии и распространению *Aulacoseira alpigena* в водоемах и водотоках России.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Пробы фитопланктона и обрастаний были собраны в водоемах и водотоках Западной (озера Малое и Большое Сядатато (Полярный Урал), VIII 2001, Ярушина М.И.) и Восточной Сибири (оз. Фролиха, VIII-1963, Поповская Г.И.; реки Аку, Нижние Акули и безымянные озера (Баргузинский хребет), VII 2001, Лихошвай Е.В.; озера Чининские (бассейн р. Витим), VIII 1999, Бондаренко Н.А.) и Дальнего Востока (безымянное тундровое озеро, VII 1979, Харитонов В.Г.; р. Ола, безымянный ручей в бассейне р. Ола, VIII 1979, Харитонова А.В.). Препараты хранятся в коллекции Генкала С.И. в Институте биологии внутренних вод РАН.

Освобождение створок диатомей от органического вещества проводили методом холодного сжигания (Balonov, 1975). Приготовленные препараты изучали в сканирующем электронном микроскопе JSM-25S. Полученные в процессе этих исследований негативы с изображением створок диатомовых водорослей хранятся в иконотеке С.И. Генкала.

Таблица 1. Диапазоны изменчивости количественных морфологических признаков *Aulacoseira alpigena* по нашим данным**Table 1.** Ranges of variation in quantitative morphological characteristics of *Aulacoseira alpigena* according to original data

Диаметр створки, мкм Valve diameter, μm	Высота створки, мкм Valve height, μm	Число рядов ареол в 10 мкм на загибе створки Number of areolae rows in 10 μm	Число ареол в 10 мкм Number of areolae in 10 μm	Водоем/водоток Waterbody/watercourse
6.7–13.5	5.0–8.2	14–20	12–20	Оз. Фролиха Frolikha Lake
4.1–7	3.5–7.0	17–20	25–30	Р. Нижние Акули Nizhnie Akuli River
5.0–12.7	5.4–8.2	12–20	18–25	Р. Ола Ola River
5.9–8.2	3.4–5.9	20–22	25–30	Оз. Безымянное № 6 Nameless lake № 6
4.7–12.3	3.2–7.9	14–20	18–30	Безымянное тундровое озеро Nameless tundra lake
7.3–11.1	1.8–5.3	16–20	14–20	Р. Аку + безымянные озера Aku River + nameless lakes
5.0–11.4	2.9–8.6	14–20	18–30	Безымянный ручей в бассейне р. Ола Nameless stream in the Ola River basin
4.4–8.6	3.5	17–20	22–30	Оз. Малое Сядатато Maloe Syadatato Lake
5.0–12.7	3.6–6.4	16–20	20–30	Оз. Сядатато Большое Syadatato Bolshoe Lake
6.2–10.4	3.8–5.9	16–20	20	Оз. Чининское Lake Chininskoe
4.1–12.7	1.8–8.6	12–22	12–30	Суммарные данные Summarized data

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В исследованных популяциях *Aulacoseira alpigena* диапазоны изменчивости количественных признаков (табл. 1) соответствовали литературным данным (табл. 2). В работе V. Houk et al. (2017) приведены данные изучения лектотипа и других материалов, и указанный ими диапазон изменчивости высоты загиба створки (табл. 2) значительно меньше полученного по нашим наблюдениям (табл. 1). Кроме этого, у указанных выше авторов в диагнозе отсутствуют сведения по числу ареол в 10 мкм, а наши данные практически совпали с другими литературными источниками (сравни табл. 1 и 2). Ареолы на лицевой части створки расположены по краю створки в один ряд (рис. 2, 4), иногда имеется второй ряд или несколько беспорядочно расположенных ареол близ края створки, что соответствует литератур-

ным данным (Haworth, 1988; Krammer, 1991; Houk, 2003; Houk, Klee, 2007; Buczkó et al., 2010; Houk et al., 2017).

К важному дифференциальному качественному признаку этого вида относится форма шипов. В литературе приводятся разные варианты: от небольших заостренных до более крупных лопатовидных (Haworth, 1988); якоревидные на конце с боковыми отростками (Krammer, 1991; Buczkó et al., 2010); небольшие лопатовидные с расширением на конце (Houk, 2003); соединительные — лопатовидные или ветвящиеся, разделительные — заостренные (Houk, Klee, 2007; Houk et al., 2017). В исследованных популяциях наблюдали остроконечные разделительные шипы и значительную изменчивость формы соединительных шипов в пределах даже одной створки: притупленные на конце, остроконечные или остроконечные с боковыми отростками, лопатовидные с отростками

Таблица 2. Диапазоны изменчивости количественных морфологических признаков *Aulacoseira alpigena* по литературным данным

Table 2. Ranges of variation in quantitative morphological characteristics of *Aulacoseira alpigena* according to published data

Диаметр створки, мкм Valve diameter, μm	Высота створки, мкм Valve height, μm	Число рядов ареол в 10 мкм на загибе створки Number of areolae rows in 10 μm	Число ареол в 10 мкм Number of areolae in 10 μm	Источник Reference
3–8	3–4	16–20		Hustedt, 1930
4–20	3–8	16–20		Opredelitel'..., 1951 (as <i>Melosira distans</i> var. <i>alpigena</i>)
4–11	3–6	15–24	(4–15)***	Haworth, 1988(as <i>Aulacoseira lirata</i> var. <i>alpigena</i>)
		15–22	15–22	Krammer, 1991
4–15	4–7	15–22	15–22	Krammer, Lange–Bertalot, 1991
4–15	4–7	15–22		Houk, 2003
6.1–10.9	4.7–8.1	16–22	20–27	Genkal, Bondarenko, 2004
4.8–7.2	5.5–5.9	18–30*	20–40**	Genkal, Stenina, 2005
6.7	4.4	20	16	Genkal, Kulikovskiy, 2006
5–12.7	1.8–6.8	14–22	20–27	Yarushina, Genkal, 2007
4–15	4–7	15–22		Houk, Klee, 2007
7.1–7.9	2.2–7.9	14–18	16–32	Genkal, Kulikovskiy, 2008
5–7.7	6.3–8.5	18–20	20–28	Popovskaya, Genkal, 2008
5.3–23	3.8–12	12–20	14–24	Genkal et al., 2009
5.3–9	4.4–7.3	15–16	20–22	Genkal, Trifonova, 2009
5.8–7.0	4.4–6.7	15–20	17–25	Komulaynen, Genkal, 2009
4–15	4–7	15–22		Buczko et al., 2010
9.5–12.8	4.5–7.1	14	20–24	Genkal, Bondarenko, 2011
6.1–12.8	4.5–8.1	14–22	20–27	Genkal et al., 2011
4–8.2	3.4–9	16–20	17–30	Kharitonov, Genkal, 2012
7.3–11.3	2.7–5.4	12–16	16–20	Genkal, Kulikovskiy, 2014
6.7–11.4	2.6–10	12–20	18–25	Genkal et al., 2015
8.1–8.2	5–5.4	12–13	20	Genkal, Denisov, 2016
4–15	4–7	15–22		Houk et al., 2017
4.3–14.3	5.5–10	14–22	16–25	Genkal, Yarushina, 2018
4–14	1.8–10	12–22	16–30	Genkal et al., 2020
–23	1.8–12	12–22	14–32	Summary data

Примечание. Уточненные данные согласно измерениям по фотографиям: * – 22, ** – 25, *** – 15–25.

Note. Refined data according to the measurements from photographs: * – 22, ** – 25, *** – 15–25.

в верхней части, ветвящиеся в верхней части, якоревидные на конце, якоревидные на конце с боковыми отростками (рис. 1, 2).

В изученном материале небольшие ареолы на загибе створки расположены преимущественно в наклонных рядах (рис. 1, 1–4, 6; 2), иногда в прямых (рис. 1, 5), что совпадает с литературными данными (Haworth, 1988; Krammer, 1991; Houk, 2003; Houk, Klee, 2007; Houk et al., 2017).

В исследованных популяциях створки имели широкую кольцевидную диафрагму (рис. 1, 1, 5, 6; рис. 2, 1, 5). По одним литературным источникам эта диафрагма широкая (Haworth, 1988), по другим – узкая (Krammer, 1991; Buczkó et al., 2010). Многие исследователи при описании *Aulacoseira alpigena* не указывают размер диафрагмы, но на иллюстрациях можно отметить широкие кольцевидные диафрагмы (Houk, 2003; Houk, Klee, 2007; Houk et al., 2017).

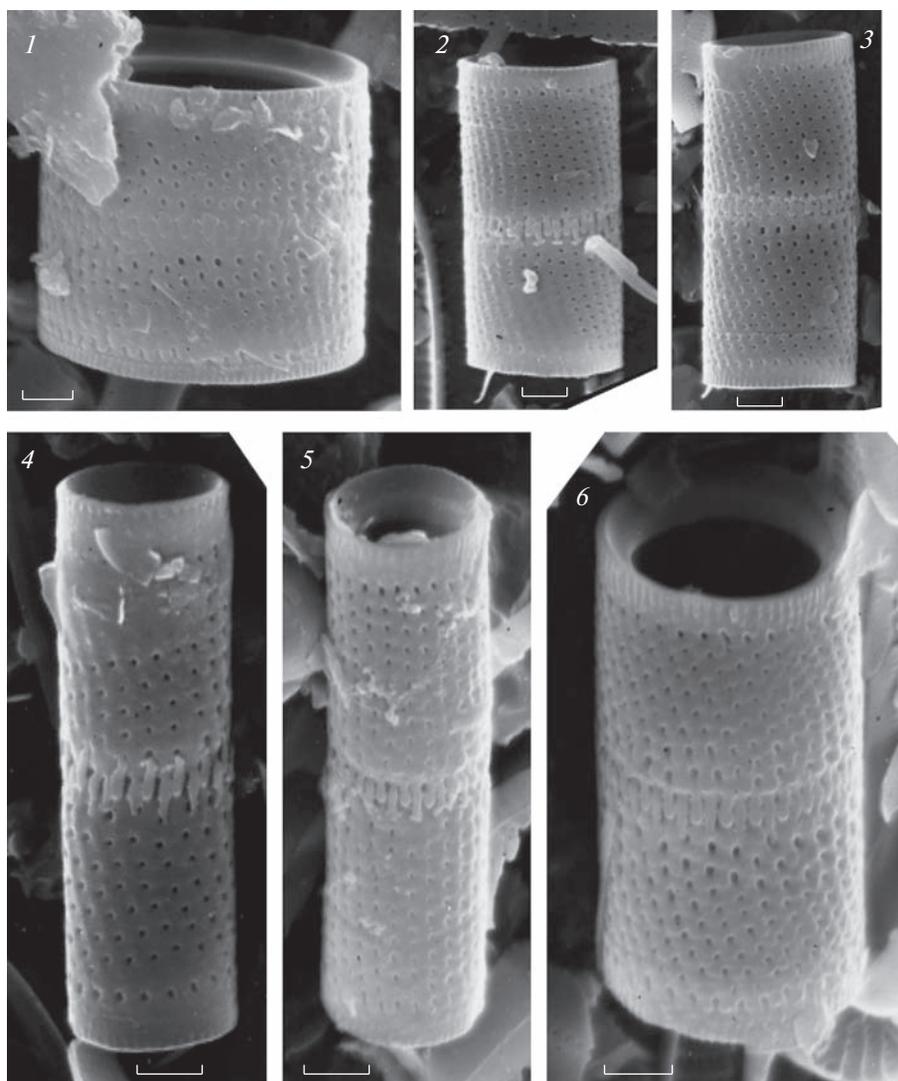


Рис. 1. 1–6 – *Aulacoseira alpigena*. Безымянный ручей в бассейне р. Ола. 1–6 – створка с наружной поверхности. Масштаб: 1–6 – 2 мкм.

Fig. 1. 1–6 – *Aulacoseira alpigena*. Nameless stream in the Ola River basin. 1–6 – external view of a valve. Scale bars: 1–6 – 2 μm .

Важным диагностическим признаком для представителей рода *Aulacoseira* является число, форма и расположение двугубых выростов. Имеется всего две публикации, в которых приведены эти данные и одинаковые иллюстрации двугубых выростов – Houk, Klee (2007, Tab. LXXXV, Figs 2, 3) и Houk et al. (2017, Plate 191, Figs 5–7). Эти исследователи отмечают наличие одного-нескольких выростов, расположенных на кольцевидной диафрагме, их внутренняя часть в виде трубки с щелью на конце выходит за пределы внутреннего края диафрагмы. Можно отметить, что на некоторых иллюстрациях хорошо видно, что выросты выходят за пределы края диафрагмы (Houk et al., 2017, Plate 191, Fig. 5), на других их не видно (Houk et al., 2017, Plate 191, Fig. 8). В исследованных по-

пуляциях эти выросты не наблюдали (например рис. 1, 6; рис. 2, 1).

Распространение *Aulacoseira alpigena*. Вид известен из водоемов и водотоков европейской части России и Сибири (Genkal, Bondarenko, 2004; Genkal, Kulikovskiy, 2006; Genkal, Trifonova, 2009; Genkal et al., 2015; Genkal, Yarushina, 2018; и др.). Наши исследования показали, что этот вид также встречается в водоемах и водотоках Дальнего Востока. В отечественной монографии по центрическим диатомовым водорослям для *A. alpigena* (приводится как *A. distans* var. *alpigena*) указано распространение “ныне – по всему СССР”, однако на СЭМ иллюстрациях приведен другой вид – *A. subarctica* (O. Müller) Haworth (Davydova, Moiseeva, 1992, Табл. 60, 2–4), что необходимо иметь в виду при идентификации.

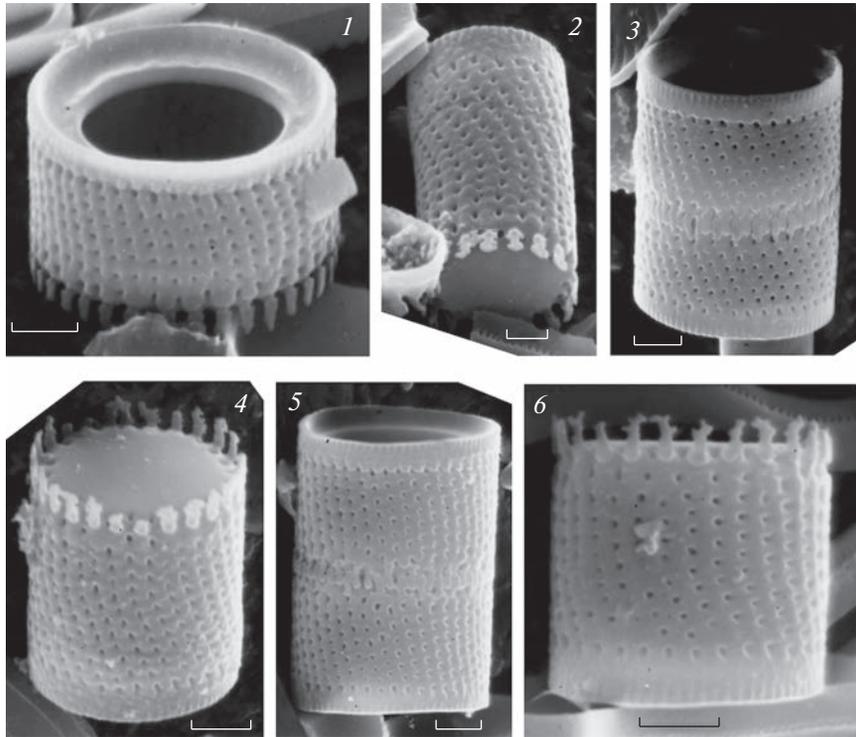


Рис. 2. 1–6 – *Aulacoseira alpigena*. Р. Ола. 1–6 – створка с наружной поверхности. Масштаб: 1–6 – 2 мкм.
Fig. 2. 1–6 – *Aulacoseira alpigena*. Ola River. 1–6 – external view of a valve. Scale bars: 1–6 – 2 μm.

Недавно были опубликованы результаты изучения сходного по морфологии вида *A. helvetica* (Hudt) Houk, Klee et Tanaka с помощью световой и электронной микроскопии (Houk et al., 2017). Эти исследователи привели иллюстрации типового образца (Houk et al., 2017, Plate 219) и современного материала (1983 г.) из Словакии (Houk et al., 2017, Plate 220). По световым иллюстрациям *Melosira distans* var. *alpigena* из коллекции Грунова (Houk et al., 2017, Plate 190, Fig. 22) имеет большое сходство с *Melosira distans* var. *helvetica* Hustedt из коллекции последнего (Houk et al., 2017, Plate 219, Figs 1–6). В диагнозе *Aulacoseira helvetica* приведены только размерные характеристики (диаметр створки 6–12 мкм, ее высота 10–13 мкм), которые совпадают с таковыми для *A. alpigena* (табл. 2). Наши подсчеты числа рядов и ареол в 10 мкм на загибе створки по опубликованным микрофотографиям (Houk et al., 2017, Plate 219) (соответственно 14–22 в 10 мкм и 18–20 в 10 мкм) показали, что и эти количественные признаки также совпадают с литературными данными для *A. alpigena* (табл. 2).

Расположение ареол на лицевой части створки и ее загибе, размер кольцевидной диафрагмы, форма шипов (Houk et al., 2017, Plate 219) соответствуют таковым для *Aulacoseira alpigena* (рис. 1, 2; Houk et al., 2017, Plate 191). В диагнозе *A. helvetica* также указаны от одного до нескольких двугубых выростов на кольцевой диафрагме, но на приве-

денных микрофотографиях створок с внутренней поверхности выросты не видны (Houk et al., 2017, Plate 219, Figs 13–15), как и в нашем материале (рис. 1, 6, рис. 2, 1; Houk et al., 2017, Plate 191, 8). Совпадение количественных и качественных признаков у *A. alpigena* и *A. helvetica* позволяет нам сделать вывод о конспецифичности этих двух видов и соответственно необходимости сведения последнего в синоним *A. alpigena*.

Форма, приведенная в другой фототаблице, имеет очень большое сходство с *A. alpigena* по количественным признакам (согласно измерениям по микрофотографиям диаметр створки варьирует от 5.8 до 8.3 мкм, ее высота – от 1.8 до 2.2 мкм, число рядов ареол в 10 мкм – от 22 до 25), расположению ареол на лицевой части створки и ее загибе, размерам кольцевидной диафрагмы. Однако, по длине и форме шипов (длинные, конические, заостренные или притупленные на конце) она отличается от *A. alpigena* и, по нашему мнению, относится к другому виду.

Наши предыдущие исследования *A. alpigena*, результаты которых опубликованы, результаты настоящей работы и имеющиеся литературные данные показывают, что этот вид проявляет более широкую морфологическую изменчивость по сравнению с литературными данными, что позволяет нам расширить его диагноз (табл. 2).

Aulacoseira alpigena (Grunow) Krammer 1991, Nova Hedwigia, 52: 93 emend. Genkal (рис. 1, 2).

Basionym: *Melosira distans* var. *alpigena* Grunow in Van Heurck 1882, Synopsis des Diatomées de Belgique: 56.

Synonyms: ≡ *Melosira polymorpha* subsp. *distans* var. *alpigena* (Grunow) Bethge 1925, Pflanzenforschung 3: 40; ≡ *Melosira italica* var. *alpigena* (Grunow) Cleve-Euler 1934, Societas Scientiarum Fennica Commentationes Biologicae 4(14): 10; ≡ *Aulacoseira distans* var. *alpigena* (Grunow) Simonsen 1979, Bacillaria 2: 57;

≡ *Aulacoseira lirata* var. *alpigena* (Grunow) Hawthorth 1990: 140.

= *Aulacoseira helvetica* (Hustedt) Houk, Klee et Tanaka 2017, Fottea, 17: 66, Plate 219.

Клетки цилиндрические, плотно соединенные в длинные цепочки короткими соединительными шипами. Створки плоские, диаметром 3–23 мкм, высотой 1.8–12 мкм, по краю створки кольцо ареол между шипами, иногда присутствуют ареолы, беспорядочно расположенные по краю створки. На границе лицевой части створки с ее загибом расположены шипы. Разделительные шипы – заостренные, соединительные варьируют по форме: притупленные на конце, остроконечные или остроконечные с боковыми отростками, лопатовидные с отростками в верхней части, ветвящиеся в верхней части, якоревидные на конце, якоревидные на конце с боковыми отростками. На загибе створки круглые или слегка овальные ареолы расположены в продольных правозакрученных рядах, 12–22 в 10 мкм, ареол в ряду 14–32 в 10 мкм. Сулькус V-образный, кольцевидная диафрагма варьирует по ширине. От одного до нескольких двугубых выростов, расположенных на кольцевидной диафрагме, их концы могут выступать за пределы края диафрагмы. Имеется несколько гладких вставочных ободков.

Предпочитает северные и горные олиготрофные водоемы и водотоки.

Распространение в России: европейская часть, Западная и Восточная Сибирь, Дальний Восток.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена в рамках государственного задания по теме № 121051100099-5.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[Balonov] Балонов И.М. 1975. Подготовка водорослей к электронной микроскопии. – В кн.: Методика изучения биогеоценозов. М. С. 87–89.

Buczko K., Ognjanova-Rumenova, Magyari E. 2010. Taxonomy, morphology and distribution of some *Aulacoseira* taxa in glacial lake in the south Carpathian region. – Polish Botanical Journal. 55 (1): 149–163.

[Davydova, Moiseeva] Давыдова Н.Н., Моисеева А.И. 1992. Роды: *Aulacosira* Thw. Диатомовые водоросли СССР (ископаемые и современные). Т. II. Вып. 2. СПб. С. 76–85.

[Genkal, Bondarenko] Генкал С.И., Бондаренко Н.А. 2004. Bacillariophyta горных озер бассейна реки Лены. 1. Centrophyceae. – Бот. журн. 89 (10): 1588–1596.

[Genkal, Bondarenko] Генкал С.И., Бондаренко Н.А. 2011. Диатомовые водоросли горных озер Дзержинского заповедника (Прибайкалье). 1. Centrophyceae. – Поволжский экологический журнал. (2): 127–136.

[Genkal, Denisov] Генкал С.И., Денисов Д.Б. 2016. Центрические диатомовые (Bacillariophyta) озера Имандра (Кольский полуостров). – Бот. журн. 101 (10): 1133–1144.
<https://doi.org/10.1134/S0006813616100021>

[Genkal, Kulikovskiy] Генкал С.И., Куликовский М.С. 2006. Центрические диатомовые водоросли сфагновых болот Приволжской возвышенности (Пензенская область). – Бот. журн. 91 (10): 1485–1499.

[Genkal, Kulikovskiy] Генкал С.И., Куликовский М.С. 2008. Центрические диатомовые (Bacillariophyta) Полистово-Ловатского сфагнового массива (Государственный природный заповедник “Рдейский”). – Бот. журн. 93 (8): 1200–1208.

Genkal S.I., Kulikovskiy M.S. 2014. Centric diatoms from Lake Frolikha (Transbaikal area) and peculiarities of some taxa in Asia. – Inland Water Biology. 7 (3): 201–210.
<https://doi.org/10.1134/S1995082914030079>

[Genkal et al.] Генкал С.И., Куликовский М.С., Дорофеюк Н.И. 2009. Центрические диатомовые (Centrophyceae) сфагнового болота Нур (Монголия). – Бот. журн. 94 (11): 1700–1705.

Genkal S.I., Stenina A.S. 2005. Interesting records of centric diatoms in reservoirs of the Malozemel'skaya tundra (Russia). – Int. J. Algae. 7 (4): 363–373.
<https://doi.org/10.1615/InterJAlgae.v7.i4.50>

[Genkal, Trifonova] Генкал С.И., Трифонова И.С. 2009. Диатомовые водоросли планктона Ладожского озера и водоемов его бассейна. Рыбинск. 72 с.

[Genkal, Yarushina] Генкал С.И., Ярушина М.И. 2018. Диатомовые водоросли слабоизученных водных экосистем Крайнего Севера Западной Сибири. М. 212 с.

[Genkal et al.] Генкал С.И., Бондаренко Н.А., Щур Л.А. 2011. Диатомовые водоросли озер юга и севера Восточной Сибири. Рыбинск. 72 с.

[Genkal et al.] Генкал С.И., Чекрыжева Т.А., Комулайнен С.Ф. 2015. Диатомовые водоросли водоемов и водотоков Карелии. М. 202 с.

[Genkal et al.] Генкал С.И., Куликовский М.С., Кузнецова И.В. 2020. Современные пресноводные центрические диатомовые водоросли России. Ярославль. 433 с.

Haworth E.Y. 1988. Distribution of diatom taxa of the old genus *Melosira* (now mainly *Aulacoseira*) in Cumbrian waters. – In: Algae and the aquatic environment. Bristol. P. 138–167.

- Houk V. 2003. Atlas of freshwater centric diatoms with a brief key and descriptions. Part. I. Melosiraceae, Orthoseraceae, Paraliaceae and Aulacoseiraceae. — Czech Phycology Supplement. 1. 27 p.
- Houk V., Klee R. 2007. Atlas of freshwater centric diatoms with a brief key and descriptions. Part. II. Melosiraceae (Supplement to Part 1). *Fottea*. 7 (2): 85–108.
- Houk V., Klee R., Tanaka H. 2017. Atlas of freshwater centric diatoms with a brief key and descriptions. Second emended edition of Part I and II. Melosiraceae, Orthoseraceae, Paraliaceae and Aulacoseiraceae. — *Fottea*. 17(Supplement): 1–616.
- Hustedt F. 1930. Die Kieselalgen. 1. — In: Rabenhorst's Kryptogamen-Flora Deutschland Österreichs und der Schweiz Leipzig. P. 1–920.
- [Kharitonov, Genkal] Харитонов В.Г., Генкал С.И. 2012. Диатомовые водоросли озера Эльгыгытгын и его окрестностей (Чукотка). Магадан. 402 с.
- [Komulainen, Genkal] Комулайнен С.Ф., Генкал С.И., 2009. Материалы к флоре Bacillariophyta приграничной реки Пасвик (Патсойки, Мурманская область, Россия). I. Centrophyceae. — *Альгология*. 19 (3): 273–283.
- Krammer K. 1991. Morphology and taxonomy of some taxa in the genus *Aulacoseira* Thwaites (Bacillariophyceae). — *Nova Hedwigia*. 52 (1–2): 89–112.
- Krammer K., Lange-Bertalot H. 1991. Bacillariophyceae 3. Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. — *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Stuttgart, Jena. 2/3: 1–576.
- [Opredelitel'...] Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 4. Диатомовые водоросли. 1951. М. 619 с.
- [Popovskaya, Genkal] Поповская Г.И., Генкал С.И. 2008. Материалы к флоре диатомовых водорослей (Centrophyceae) озер Прибайкалья и Забайкалья. — *Биология внутренних вод*. 4: 3–11.
- Simonsen R. 1979. The diatom system: ideas on phylogeny. — *Bacillaria*. 2: 9–71.
- [Yarushina, Genkal] Ярушина М.И., Генкал С.И. 2007. К изучению флоры центрических диатомовых водорослей (Centrophyceae) водоемов восточного склона Полярного Урала. — *Альгология*. 17 (2): 237–248.

MORPHOLOGY AND TAXONOMY OF *AULACOSEIRA ALPIGENA* (BACILLARIOPHYTA) AND ITS DISTRIBUTION IN RUSSIA

S. I. Genkal

*Papanin Institute for Biology of Inland Waters RAS
Borok, Nekouzskii Distr., Yaroslavl Region, 152742, Russia
e-mail: genkal@ibiw.ru*

The study of materials from Western and Eastern Siberia and the Far East has revealed a significant variability of an important diagnostic feature (the shape of spines) in *Aulacoseira alpigena* and a wider range of the species. This study and published data make it possible to emend the diagnosis of *A. alpigena* and reduce it to the synonyms of a morphologically similar species *A. helvetica*.

Keywords: reservoirs, watercourses, Western Siberia, Eastern Siberia, Far East, Bacillariophyta, *Aulacoseira alpigena*, *Aulacoseira helvetica*, morphology, electron microscopy

ACKNOWLEDGEMENTS

This research was carried out within the state assignment theme №121051100099-5.

REFERENCES

- Balonov I.M. 1975. Podgotovka vodorosley k elektronnoy mikroskopii [Preparation of algae for electron microscopy]. — In: *Methods for the study of biocenoses*. Moscow. P. 87–89 (In Russ.).
- Buczko K., Ognjanova-Rumenova, Magyari E. 2010. Taxonomy, morphology and distribution of some *Aulacoseira* taxa in glacial lake in the south Carpathian region. — *Polish Botanical Journal*. 55 (1): 149–163.
- Davydova N. N., Moiseeva A. I. 1992. Genera: *Aulacosira* Thw. Diatomovye vodorosli SSSR (iskopaemye i sovremennye) [The diatoms of the USSR (fossil and recent)]. Vol. II. Fasc. 2. St. Petersburg: 76–85 (In Russ.).
- Genkal S.I., Bondarenko N.A. 2004. Bacillariophyta in plankton of mountain lakes of the Lena River basin. 1. Centrophyceae. — *Bot. Zhurn.* 89 (10): 1588–1596 (In Russ.).
- Genkal S.I., Bondarenko N.A. 2011. Diatom algae in mountain lakes of the Dzherginskiy reserve (the Baikal area). 1. Centrophyceae. — *Povolzhskiy Journal of Ecology*. 2: 127–136 (In Russ.).
- Genkal S.I., Bondarenko N.A., Shchur L.A. 2011. Diatomovye vodorosli ozer yuga i severa Vostochnoj Sibiri [Diatoms of lakes in the south and north of Eastern Siberia]. Rybinsk. 72 p. (In Russ.).
- Genkal S.I., Chekryzheva T.A., Komulainen S.F. 2015. Diatomovye vodorosli vodoemov i vodotokov Karelii. [Diatom algae in waterbodies and watercourses of Karelia]. Moscow. 202 p. (In Russ.).
- Genkal S.I., Denisov D.B. 2016. Centric diatoms (Bacillariophyta) of Lake Imandra (Kola Peninsula). — *Bot. Zhurn.* 101 (10): 1133–1144 (In Russ.). <https://doi.org/10.1134/S0006813616100021>

- Genkal S.I., Kulikovskiy M.S. 2006. Centric diatoms in the sphagnum bogs of Privolzhskaya hills (Penza region). – Bot. Zhurn. 91 (10): 1485–1499 (In Russ.).
- Genkal S.I., Kulikovskiy M.S. 2008. Centrophyceae (Bacillariophyta) from Polistovo-Lovatsky sphagnum tract (Rdeisk State Nature Reserve). – Bot. Zhurn. 93 (8): 1200–1208 (In Russ.).
- Genkal S.I., Kulikovskiy M.S. 2014. Centric diatoms from Lake Frolikha (Transbaikal area) and peculiarities of some taxa in Asia. – Inland Water Biology. 7 (3): 201–210.
<https://doi.org/10.1134/S1995082914030079>
- Genkal S.I., Kulikovskiy M.S., Kuznetsova I.V. 2020. The recent freshwater centric diatoms of Russia. Yaroslavl. 433 p.
- Genkal S.I., Stenina A.S. 2005. Interesting records of centric diatoms in reservoirs of the Malozemelskaya tundra (Russia). – International Journal on Algae. 7 (4): 363–373.
<https://doi.org/10.1615/InterJAlgae.v7.i4.50>
- Genkal S.I., Trifonova I.S. 2009. Diatomovye vodorosli planktona Ladozhskogo ozera i vodoemov ego basseyna. [Diatom algae of the plankton of Lake Ladoga and water-bodies of its basin]. Rybinsk. 72 p. (In Russ.).
- Genkal S.I., Yarushina M.I. 2018. Diatomovye vodorosli slaboizuchennykh vodnykh ekosistem Kraynego Severa Zapadnoy Sibiri. [Diatom algae of poorly studied aquatic ecosystem in the Far North of Western Siberia]. Moscow. 212 p. (In Russ.).
- Haworth E.Y. 1988. Distribution of diatom taxa of the old genus *Melosira* (now mainly *Aulacoseira*) in Cumbrian waters. – In: Algae and the aquatic environment. Bristol. P. 138–167.
- Houk V. 2003. Atlas of freshwater centric diatoms with a brief key and descriptions. Part. I. Melosiraceae, Orthoseraceae, Paraliaceae and Aulacoseiraceae. – Czech Phycology Supplement. 1. 27 p.
- Houk V., Klee R., Passauer U. 2007. Observations on taxa of *Melosira* sensu lato among the slides from the Grunow diatom collection in Vienna (Austria). Part 1. Diatom Research. 22 (1): 57–80.
<https://doi.org/10.1080/0269249X.2007.9705695>
- Houk V., Klee R., Tanaka H. 2017. Atlas of freshwater centric diatoms with a brief key and descriptions. Second emended edition of Part I and II. Melosiraceae, Orthoseraceae, Paraliaceae and Aulacoseiraceae. – Fottea. 17 (Supplement): 1–616.
- Hustedt F. 1930. Die Kieselalgen. 1. – In: Rabenhorst's Kryptogamen-Flora Deutschland Österreichs und der Schweiz Leipzig. P. 1–920.
- Kharitonov V.G., Genkal S.I. 2012. Diatomovye vodorosli ozera Elgygytgyn i ego okrestnostey [Diatoms of the Elgygytgyn and its vicinities (Chukotka). Magadan. 402 p.
- Komulaynen S.F., Genkal S.I. 2009. Materials to the flora of Bacillariophyta in River Pasvik (Patsioki, Murman region, Russia). I. Centrophyceae. – Algologia. 19 (3): 273–283 (In Russ.).
- Krammer K. 1991. Morphology and taxonomy of some taxa in the genus *Aulacoseira* Thwaites (Bacillariophyceae). – Nova Hedwigia. 52 (1–2): 89–112.
- Krammer K., Lange-Bertalot H. 1991. Bacillariophyceae 3. Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. – Süßwasserflora von Mitteleuropa. Stuttgart, Jena. 2/3: 1–576.
- Opredelitel' presnovodnykh vodorosley SSSR. Vyp. 4. Diatomovye vodorosli [Key to freshwater algae of the USSR. Iss.4. Diatom algae]. 1951. Moscow. 619 p. (In Russ.).
- Popovskaya G.I., Genkal S.I. 2008. Materials to the flora diatoms algae (Centrophyceae) from Baikal Region. – Biology Inland Water. 4: 3–11 (In Russ.).
- Simonsen R. 1979. The diatom system: ideas on phylogeny. – Bacillaria. 2: 9–71.
- Yarushina M.I., Genkal S.I. 2007. A contribution to studies of the flora of centric diatoms (Centrophyceae) in reservoirs of the eastern mountainside of the Polar Urals (Russia). – Algology. 17 (2): 237–248 (In Russ.).
<https://doi.org/10.1615/InterJAlgae.v8.i4.20>

МХИ ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЧУКОТСКОГО НАГОРЬЯ. 3. ВЗАИМОЗАВИСИМОСТЬ ПРОЕКТИВНОГО ПОКРЫТИЯ МХОВ И СОСУДИСТЫХ РАСТЕНИЙ

© 2023 г. С. С. Холод^{1,*}, О. М. Афонина^{1,**}

¹Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН
ул. Проф. Попова, 2, г. Санкт-Петербург, 197022, Россия

*e-mail: sergeikhokolod@yandex.ru

**e-mail: stereodon@yandex.ru

Поступила в редакцию 02.03.2023 г.

После доработки 17.04.2023 г.

Принята к публикации 18.04.2023 г.

В предыдущих публикациях (Kholod, Afonina, 2023 *a, b*) рассматривались зависимости числа видов и проективного покрытия мхов в западной части Чукотского нагорья от ряда абиотических факторов. В данной статье обсуждается взаимозависимость проективного покрытия мхов и сосудистых растений на этой территории. На склонах большинства экспозиций увеличение проективного покрытия сосудистых растений до величины 65–75% сопровождается увеличением проективного покрытия мхов (до 40–70%), которое при дальнейшем увеличении проективного покрытия сосудистых растений уменьшается. Две группы бриоценоотипов, из которых одна формируется на сухих, относительно крутых склонах южных и западных экспозиций с быстро сходящим снегом, другая — на влажных, многоснежных пологих склонах северных и восточных экспозиций, характеризуют два типа природных обстановок плейстоцен-голоцена: похолодания с активным промерзанием рыхлых толщ склонов и потепления с интенсивным таянием мерзлоты и активизацией склоновых процессов. Линейная зависимость между величинами проективного покрытия сосудистых растений и мхов — с одной стороны, и площадью незадернованного грунта — с другой, рассмотрена как модель освоения мхами грунтов при переходе от холодных климатических эпох к теплым. В такие переходные эпохи преимущество в проективном покрытии на начальном этапе имеют сосудистые растения, затем, при нарастании мхов, возрастание проективного покрытия сосудистых растений замедляется, в чем проявляется регулирующее влияние мхов через наличие доступной воды и ряд других параметров.

Ключевые слова: мхи, сосудистые растения, проективное покрытие, незадернованный грунт, природные обстановки, плейстоцен-голоцен, Чукотское нагорье

DOI: 10.31857/S0006813623050058, **EDN:** YUTVIJ

В предыдущих публикациях (Kholod, Afonina, 2023 *a, b*) были предложены зависимости числа видов и проективного покрытия мхов от ряда абиотических факторов. Здесь мы рассматриваем взаимозависимость проективного покрытия мхов и сосудистых растений, в частности, на фоне изменения доли незадернованных грунтов. В заключительной части работы обсуждаются выявленные закономерности и предлагается модель (реконструкция) процесса освоения мхами элементов горного рельефа исследованной территории в условиях перехода от холодных климатических эпох к теплым.

В данном сообщении при построении зависимостей использованы функции разного вида: линейная, степенная, полиномиальная, экспоненциальная. При реконструкции природных обстановок

плейстоцен-голоцена использовано представление о бриоценоотипах — наборах видов мхов, присущих одному типу местообитания. Ниже указаны основные виды мхов, диагностирующие тот или иной бриоценоотип, и основные характеристики местообитания: 1 — *Racomitrium lanuginosum*, *Aulacomnium turgidum*, *Hylocomium splendens*, *Rhytidium rugosum* на горных склонах с движущейся осыпью, террасах на склонах, щебнисто-каменистых; 2 — *Rhytidium rugosum*, *Abietinella abietina*, *Encalypta raptocarpa*, *Syntrichia ruralis* на хорошо прогреваемых, сухих склонах, относительно закрепленных, в нижнем поясе гор, щебнисто-суглинистых; 3 — *Rhytidium rugosum*, *Dicranum acutifolium*, *D. elongatum* на сухих склонах и террасах в нижнем поясе гор, мелкоземисто-щебнистых; 4 — *Aulacomnium turgidum*, *Hylocomium splendens*,

Rhytidium rugosum на плоских вершинах невысоких гряд, краевых частях нагорных террас, мелкощебнистых, с примесью песка; 5 — *Rhytidium rugosum*, *Hylocomium splendens*, *Dicranum acutifolium*, *Aulacomnium turgidum*, *Racomitrium lanuginosum* на склонах или нагорных террасах, слабоувлажненных, щебнисто-суглинистых; 6 — *Aulacomnium turgidum*, *Hylocomium splendens*, *Tomentypnum nitens*, *Dicranum elongatum* на низких горных и надпойменных террасах, нижних, выположенных частях склонов, покатых водоразделах, дренируемых, щебнисто-мелкоземистых; 7 — *Aulacomnium turgidum*, *Hylocomium splendens*, *Sphagnum warnstorffii*, *Tomentypnum nitens* на покатых ложбинах склонов, террасах, иногда со слабым пластовым стоком, щебнисто-суглинистых; 8 — *Aulacomnium turgidum*, *A. palustre*, *Hylocomium splendens*, *Sphagnum warnstorffii* на террасах склонов, шлейфах, водоразделах, щебнисто-суглинистых с застойным увлажнением; 9 — *Brachythecium cirrosomum*, *Bryum cryophilum*, *Myurella julacea*, *Scorpidium revolvens*, *Sphagnum fimbriatum*, *S. lenense*, *Sarmentypnum sarmentosum* на террасах, в т.ч. пойменных, ложбинах стока на шлейфах и предгорных равнинах; 10 — *Hylocomium splendens*, *Tomentypnum nitens*, *Aulacomnium turgidum* на верхних частях склонов в нижнем поясе гор, перегибах террас с относительно долго лежащим снегом; 11 — *Sanionia uncinata*, *Hylocomium splendens*, *Tomentypnum nitens* в тыловых частях террас, нижних частях склонов с долго лежащим снегом; 12 — *Hylocomium splendens*, *Tomentypnum nitens*, *Bryum pseudotriquetrum* на покатых склонах, шлейфах с проточным увлажнением, пойменных террасах, с долго лежащим снегом.

Соотношение “сосудистые растения-мхи”
в разных типах местообитаний

Соотношение проективного покрытия мхов и сосудистых растений по типам местообитания представлено на рис. 1. В типах местообитаний и бриоценотипах 5, 7 и 10 прослеживается положительная монотонная связь между проективным покрытием сосудистых растений и мхов, где увеличение проективного покрытия первых сопровождается увеличением проективного покрытия вторых. В местообитаниях типа 5 (полиномиальная связь: рис. 1a) среди сосудистых растений доминирует *Dryas punctata* с проективным покрытием, достигающим 70%, из других растений покрытие 15% отмечено у ивы *Salix glauca*. Увеличение проективного покрытия указанных видов сопровождается одновременным возрастанием проективного покрытия мхов до 50–55%, которые активно нарастают между шпалерами дриады и побегами ивы. Подобная ситуация отмечена и для типа 10 (степенная связь: рис. 1b), где наряду с дриадой в составе сосудистых растений значительную долю составляют кустарнички *Diapensia obovata*, *Cassi-*

ope tetragona, *Salix tschuktschorum*, а также *Ledum decumbens*. Проективное покрытие кустарничков вместе с *Dryas punctata* здесь достигает 95%, а мхов — 60–70%. Мхи активно поселяются не только между плотно прижатыми к грунту шпалерами *Dryas punctata* и *Diapensia obovata*, но и под теневой защитой полуполегающих или прямостоячих кустарничков *Ledum decumbens*, *Cassiope tetragona*, *Salix tschuktschorum*, которые (особенно два последних) часто приурочены к небольшим западинкам с залеживающимся снегом. Несколько иная ситуация наблюдается в местообитании 7, где в составе сосудистых растений доминирует кочкообразующая осока *Carex lugens* (полиномиальная связь: рис. 1c). Разные части кочки — вершина, боковины разного гипсометрического уровня, а также межкочье — образуют микроместообитания, в каждом из которых происходит нарастание мхов: при увеличении проективного покрытия *Carex lugens* до 40–45% площадь таких микроместообитаний существенно увеличивается. Важное значение в формировании местообитаний имеет кустарничек *Betula exilis*, создающий затенение в разных частях межкочий. Также положительная связь между проективным покрытием сосудистых растений и мхов отмечена для трех типов местообитаний, не получивших отражение на приведенном рисунке. Первый из них — тип 8 (террасы склонов, шлейфы, водоразделы, щебнисто-суглинистые, с застойным увлажнением), где среди сосудистых растений доминирует кочкообразующая пушица *Eriophorum vaginatum*. Здесь увеличение проективного покрытия пушицы до 90% сопровождается увеличением суммарного проективного покрытия мхов до 70%, а в ряде случаев — до 85%. На кочке создается ситуация, близкая вышеописанной с осоковым кочкарником *Carex lugens*: пушица, достигая высоты 25–30 см, способствует созданию ряда микроместообитаний мхов. Другая ситуация — в типе местообитаний 1, где максимальное проективное покрытие сосудистых составляет 60–65%. Здесь увеличение проективного покрытия мхов происходит медленно: до отметки в 50% у сосудистых растений этот показатель для мхов не превышает 20%, и только тогда, когда проективное покрытие сосудистых растений в данном местообитании достигает 80%, покрытие мхов увеличивается до 45–55%. В группе 4 проективное покрытие мхов возрастает экспоненциально, но здесь при предельных значениях показателя сосудистых растений, равных 85–90%, и при абсолютном доминировании *Empetrum subholarcticum* проективное покрытие мхов довольно сильно варьирует — от 40% до 95%.

Полиномиальная связь между проективным покрытием рассматриваемых бриоценотипов, где у мхов оно сначала возрастает, а затем, при дальнейшем нарастании покрытия сосудистых — снижается, отмечена для типов 3 и 6. В первом из них

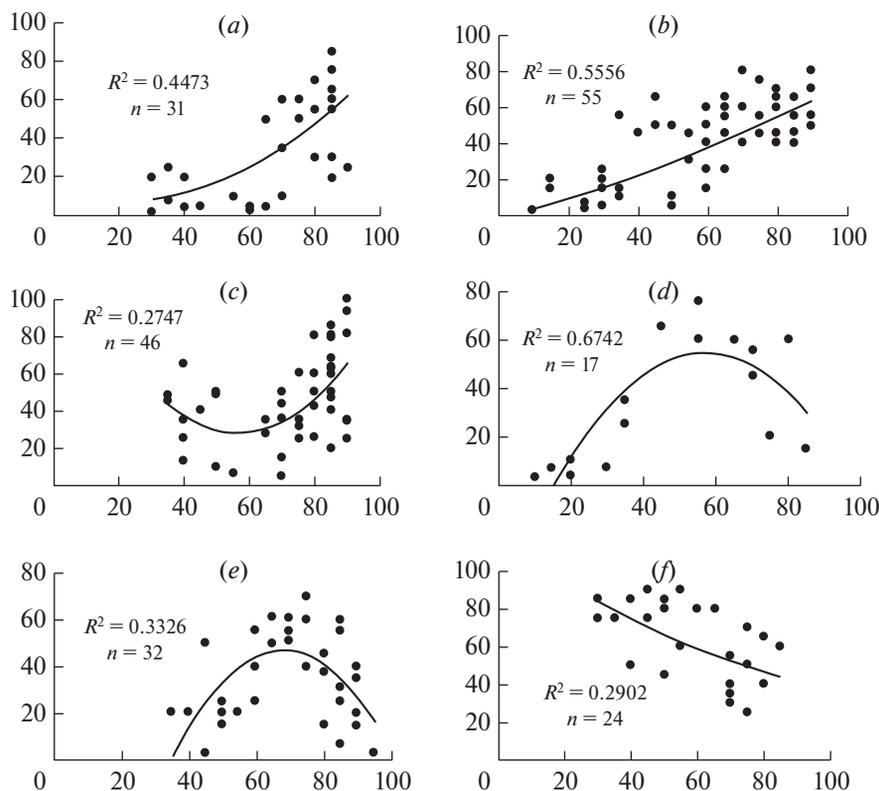


Рис. 1. Зависимость между проективными покрытиями мхов и сосудистых растений в разных типах местообитаний: *a* – склоны или нагорные террасы, слабоувлажненные, щебнисто-суглинистые (5); *b* – верхние части склонов в нижнем поясе гор, перегибы террас с относительно долго лежащим снегом (10); *c* – покатые ложбины склонов, террасы, иногда со слабым пластовым стоком, щебнисто-суглинистые (7); *d* – сухие склоны и террасы в нижнем поясе гор, мелкоземисто-щебнистые (3); *e* – низкие горные и надпойменные террасы, нижние, выположенные части склонов, покатые водоразделы, дренируемые, щебнисто-мелкоземистые (6); *f* – покатые склоны, шлейфы с проточным увлажнением, пойменные террасы, с долго лежащим снегом (12) (цифры – номера типов местообитаний). По оси ординат – проективное покрытие мхов, % (*a–f*), по оси абсцисс – проективное покрытие сосудистых растений, % (*a–f*).

Fig. 1. Relationship between the percent cover values of mosses and vascular plants in different types of habitats: *a* – slopes or upland terraces, slightly moistened, gravelly-loamy (5); *b* – upper parts of slopes in lower belt of mountains, bends of terraces with relatively long-lying snow (10); *c* – sloping hollows of slopes, terraces, sometimes with weak reservoir runoff, gravelly-fine-grained (7); *d* – dry slopes and terraces in lower mountain belt, gravelly-fine-grained (3); *e* – low mountain and above-floodplain terraces, lower, exposed parts of slopes, sloping watersheds, drained, gravelly-fine-grained (6); *f* – sloping slopes, plumes with flowing moisture, floodplain terraces with long-lying snow (12) (the numbers are those of habitat types). Y-axis – percent cover values of mosses, % (*a–f*), X-axis – percent cover values of vascular plants, % (*a–f*).

(рис. 1*d*) этот показатель для мхов увеличивается до значений 55–60% при увеличении покрытия сосудистых до 55%. Во втором (рис. 1*e*) пик проективного покрытия мхов – 40–50% – соответствует значению покрытия сосудистых растений, равному 70%. Близкая данной ситуации (полиномиальная связь) прослеживается для двух типов местообитаний, не нашедших отражения на рисунке – 2 и 11. В первом из этих случаев проективное покрытие мхов невелико – не более 20–22%, во втором, на пике проективного покрытия сосудистых растений, оно достигает величины 60%. Отрицательная (экспоненциальная) связь отмечена только в одном случае – в местообитании 12. Здесь увеличение показателя сосудистых до 80%, среди которых абсолютно доминирует *Salix lana-*

ta, приводит к монотонному уменьшению проективного покрытия мхов до 40–45% (рис. 1*f*).

Соотношение “сосудистые растения-мхи” на склонах разной экспозиции

На склонах всех восьми экспозиций, рассматриваемых в данной работе, установлен одинаковый характер связи – полиномиальный – между проективным покрытием сосудистых растений и мхов. В шести случаях из восьми при увеличении этого показателя у сосудистых растений вначале происходит увеличение проективного покрытия мхов, которое, достигнув определенного пика, идет на спад. Особенно ярко это проявляется на склонах юго-западной экспозиции: здесь пик

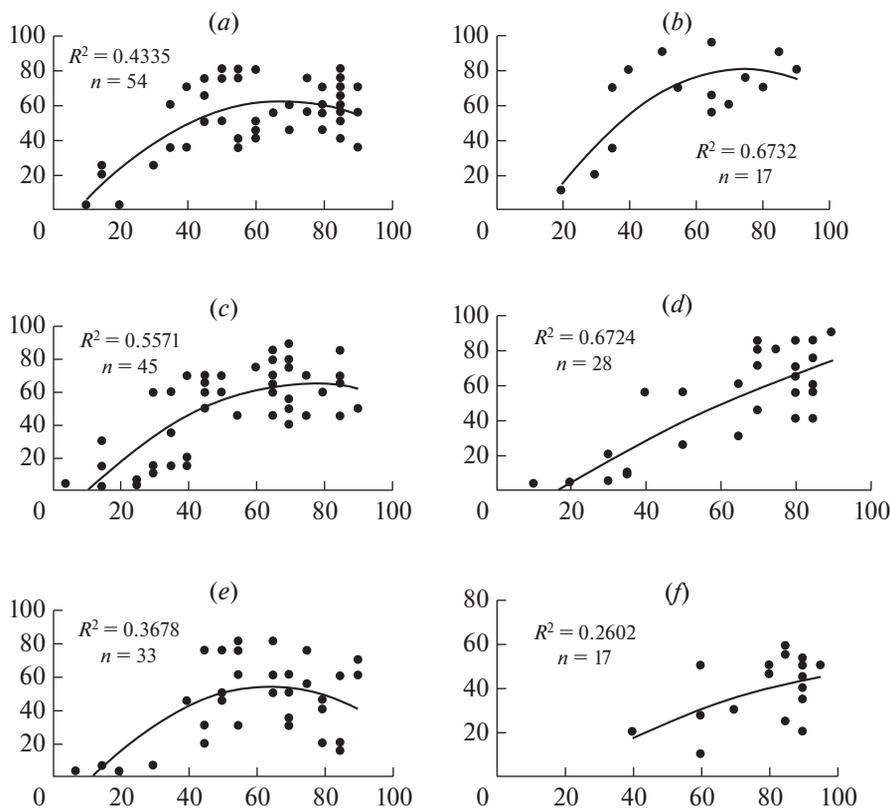


Рис. 2. Зависимость между проективными покрытиями мхов и сосудистых растений на склонах разной экспозиции: северной (а), северо-восточной (б), северо-западной (с), восточной (д), западной (е), юго-восточной (ф). По оси ординат – проективное покрытие мхов, % (а–ф), по оси абсцисс – проективное покрытие сосудистых растений, % (а–ф).

Fig. 2. Relationship between the percent cover values of mosses and vascular plants on slopes of different aspects: northern (a), north-eastern (b), north-western (c), eastern (d), western (e), south-eastern (f), Y-axis – percent cover values of mosses, % (a–f), X-axis – percent cover values of vascular plants, % (a–f).

проективного покрытия мхов – 40% – приходится на величину этого показателя для сосудистых, равному 65–70%; при дальнейшем увеличении проективного покрытия сосудистых до 95% проективное покрытие мхов резко уменьшается до 1–3%. На склонах северной, северо-западной, северо-восточной, западной и южной экспозиций максимальной величины проективное покрытие мхов достигает при покрытии сосудистых растений в диапазоне 65–70%. В трех из этих экспозиций показатель для мхов составляет 60% (рис. 2а, 2с, 2е), в одном – 80% (рис. 2б). Уменьшение проективного покрытия мхов во всех этих случаях не так заметно, как на юго-западных склонах: при максимальной величине проективного покрытия сосудистых растений, составляющей 95%, суммарное проективное покрытие мхов уменьшается до 45–55%, а на склонах северо-восточной экспозиции – до 75%. Несколько отличаются по характеру этих закономерностей восточные и юго-восточные склоны: на диаграммах здесь есть только левая, возрастающая ветвь полиномиальной кривой, которая соответствует увеличению проек-

тивного покрытия сосудистых растений до 90–95%. При этом на склонах восточной экспозиции проективное покрытие мхов увеличивается до 70–75% (рис. 2д), а на склонах юго-восточной – до 40–45% (рис. 2ф).

Соотношение “сосудистые растения-мхи” при разной степени задернованности грунта

Особенности изменения соотношений проективных покрытий мхов и сосудистых растений при увеличении площади незадернованного грунта исследованы с помощью линейной функции и сводятся к трем следующим вариантам: 1) параллельное изменение проективного покрытия мхов и сосудистых растений, 2) расхождение величин проективного покрытия этих двух групп, при котором уменьшение этого показателя у мхов происходит быстрее, чем у сосудистых растений, 3) сближение величин проективного покрытия, когда его уменьшение у мхов происходит медленнее, чем у сосудистых. Первый из этих случаев отмечен для двух типов местообитаний: 5 и 10 (в ти-

пе 5 параметр b_1 в линейных уравнениях равен -0.8070 и -0.8522 (рис. 3а), в типе 10 — -0.8618 и -0.9669 (рис. 3б) для сосудистых растений и мхов соответственно). Мхи практически полностью выпадают в типе 5, где площадь незадернованного грунта увеличивается до 60%, при этом проективное покрытие сосудистых растений составляет 35% (рис. 3а). В типе 10 мхи выпадают из покрова при площади незадернованного грунта, равной 50%, когда проективное покрытие сосудистых растений достигает 30% (рис. 3б). Вторая группа включает четыре типа местообитаний: 7, 6, 9, 12. На диаграммах двух типов местообитаний, близких к зональным — 7 и 6 — расхождение прямых, отражающих изменение проективного покрытия мхов и сосудистых растений, незначительно ($b_1 = -1.1567$ и -1.5703 для типа 7 (рис. 3с), -0.6171 и -1.3464 для типа 6 (рис. 3д)). В обоих случаях покрытие мхов приближается к минимальным значениям (5–7%) при площади незадернованного грунта, составляющей 35%: в типе 7 этот показатель для сосудистых растений уменьшается до 40% (рис. 3с), а в типе 6 — до 55% (рис. 3д). Несколько по-другому выглядит изменение соотношения проективных покрытий мхов и сосудистых растений у типов 9 и 12. Здесь, в отличие от предыдущих типов местообитаний, при минимальных величинах площади незадернованного грунта проективное покрытие мхов превышает таковое сосудистых растений. При резком уменьшении проективного покрытия мхов покрытие сосудистых снижается менее интенсивно ($b_1 = -0.4313$ и -0.9991 для сосудистых и мхов типа 9 соответственно: рис. 3е), а в типе 12 оно даже возрастает ($b_1 = 0.2971$ и -1.9503 : рис. 3ф). В третьей группе, в которую входят два типа местообитаний — 1 и 2 (на диаграмме не представлены), — максимальное сближение величин проективного покрытия мхов и сосудистых растений наблюдается при площади незадернованного грунта, равной 80–90% ($b_1 = -0.5861$ и -0.3581 для сосудистых растений и мхов в типе 1 и $b_1 = -0.6484$ и -0.3818 для этих же растений в типе 2 соответственно). В точке диаграмм, где проективное покрытие мхов не превышает 1–2%, проективное покрытие сосудистых растений также минимально: в типе 1 оно составляет 5–7%, а в типе 2 — 15%.

ОБСУЖДЕНИЕ

Отмеченные в трех сообщениях зависимости позволяют сделать ряд обобщений, касающихся взаимоотношений мхов с факторами абиотической среды и сосудистыми растениями.

Обсуждение активности видов (Kholod, Afonina, 2023 a) нами проведено на основе данных по распределению видов по местообитаниям, представленных в табл. 1 (Kholod, Afonina, 2023 b).

Из этой таблицы следует, что особо активные виды, в частности, относящиеся к подгруппе “а” (*Aulacomnium turgidum*, *Hylocomium splendens*, *Tomentypnum nitens*), чаще всего встречаются в высотном диапазоне 251–300 м. Все эти 3 вида резко (особенно, первые два из перечисленных) уменьшают свое присутствие в верхнем поясе гор (выше 450 м). Возможные причины этого — снижение устойчивости субстрата, связанное с увеличением крутизны склонов и широким развитием на высотах выше 450 м подвижных осыпей. Число встреч этих видов резко уменьшается при крутизне склонов более 15°. Сходная тенденция — у некоторых высокоактивных видов, в частности, *Pleurozium schreberi* и *Sphagnum warnstorffii*, которых нет на склонах с углом уклона более 15°. Распределение *Dicranum elongatum* также, по всей видимости, связано с крутизной поверхности и неустойчивостью субстрата на больших высотах: число встреч этого вида уменьшается на высотах выше 400 м и на склонах крутизной более 15°.

Другое распределение по элементам рельефа — у *Rhytidium rugosum* и *Racomitrium lanuginosum*. Первый из них чаще всего встречается в высотном диапазоне 301–350 м и при крутизне склона 0–15°, где он образует крупные дерновины в составе дриадовых сообществ. Последние формируются, как правило, на пологих склонах южных и юго-западных экспозиций, хорошо представленных в исследованном районе на высотах до 350 м. Второй из этих видов преобладает на высотах 251–350 м при крутизне склона до 15°, чаще его можно встретить на склонах северной и южной экспозиций. Этот вид, предпочитающий щебнисто-каменистые субстраты, может произрастать как на склонах (в наиболее закрепленных его частях — в небольших депрессиях с плитняком или, наоборот, на крайнем редко встречающемся выступах вулканических пород), так и, особенно, на нагорных террасах и плоских вершинах. Более частая его встречаемость на склонах северных экспозиций связана с развитием нагорных террас в результате перераспределения снега.

Постепенное уменьшение видового разнообразия мхов на высотном градиенте в целом означает пик видового богатства в нижнем конце такого градиента. В то же время для склонов трех экспозиций (северной, южной и юго-западной) зафиксирован максимум видового богатства в средней части всего высотного диапазона (“эффект средней области”: Kholod, Afonina, 2023 a). Если в первом случае максимум видового разнообразия мхов приходится на высоту 230–250 м (в некоторых случаях — 270–280 м), то во втором — 330–400 м. Среди причин уменьшения видового богатства (как мохообразных, так и сосудистых растений) обычно называются климат и разнообразие местообитаний (в первую очередь тех, которые “поддерживают” данную группу растений)

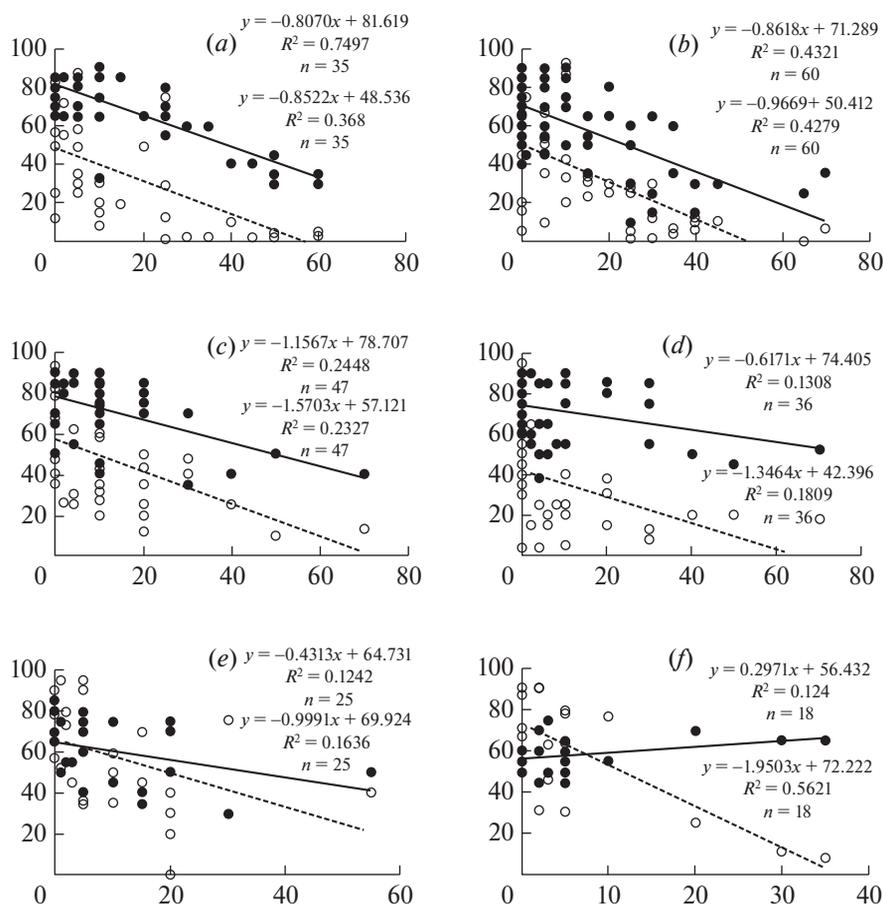


Рис. 3. Зависимость между проективным покрытием мхов, сосудистых растений и площадью незадернованного грунта в разных типах местообитаний: *a* – 5; *b* – 10; *c* – 7; *d* – 6 (см. подпись к рис. 1); *e* – террасы, в т. ч. пойменные, ложбины стока на шлейфах и предгорных равнинах, суглинистые (9); *f* – 12 (цифры – номера типов местообитаний). Заштрихованные кружки – сосудистые растения, незаштрихованные кружки – мхи; уравнения регрессии, помещенные на диаграммах, даны для: верхнее – сосудистых растений, нижнее – мхов. По оси ординат – проективное покрытие сосудистых растений и мхов, %, по оси абсцисс – площадь незадернованного грунта, %.

Fig. 3. Relationship between the percent cover values of mosses, vascular plants and the area of unpaved soil in different types of habitats: *a* – 5; *b* – 10; *c* – 7; *d* – 6 (see the caption to Fig. 1); *e* – terraces, including floodplain ones, runoff hollows on plumes and foothill plains, loamy (9); *f* – 12 (the numbers are those of habitat types). Shaded circles are for vascular plants, unshaded circles for mosses; the regression equations on the diagrams are given for: upper – vascular plants, lower – mosses. Y-axis – percent cover values of vascular plants and mosses, %, X-axis – area of unpaved soil, %.

(Bhattarai et al., 2004; Grau et al., 2007). На высотах более 400 м в западной части Чукотского нагорья происходит не только уменьшение общего числа местообитаний (выпадают пойменные террасы (6, 12), склоны нижнего пояса гор (10), частично – покатые ложбины с пластовым стоком (7) и водоразделы (8)), но и связанное с этим общее уменьшение площади их поверхности. Среди преобладающих в верхнем поясе гор местообитаний высока доля тех, в которых господствуют осыпные процессы, препятствующие закреплению мхов на склонах (1–4).

По данным Grau et al. (2007), максимальное разнообразие мхов наблюдается при среднегодовой температуре 13°C и 265 вегетационных днях. Разница температур в 3° самого теплого месяца на

высотах 250 и 697 м (Kholod, Afonina, 2023 *a*) может иметь некоторое значение для указанного выше тренда видового разнообразия. Однако, более существенное значение здесь имеет изменение с высотой не температуры, а режима влажности. На высоте 700 м ветры в течение всего года – более сильные, чем на нижележащих уровнях: зимой это способствует сдуванию снега с вершин в нижние части горных долин. Кроме того, на больших высотах снег весной при интенсивной инсоляции не тает, а испаряется, летом же сильные ветры способствуют усилению транспирации. В результате всего этого уменьшается доступность воды, необходимой для роста мхов. Некоторое увеличение числа мхов в середине градиента на склонах южной и юго-западной экспозиций

происходит на фоне низкого числа видов (2–4) в диапазоне 230–250 м: этот высотный интервал образован обрывами и крутыми осыпными склонами, ниспадающими к долине р. Паляваам.

Кривая, отражающая изменение видового богатства мхов по разным высотным диапазонам (рис. 2a₂: Kholod, Afonina, 2023 b), в целом соответствует основной тенденции изменения этого показателя на склонах разной экспозиции с пиком максимума в диапазоне 251–300 м. Незначительное увеличение числа видов на высотах более 450 м (по сравнению с интервалом 401–450 м), вероятнее всего, связано с экспозицией склонов, в частности, восточной, где в верхнем поясе гор немного увеличивается число нагорных террас со снежниками, способствующими развитию моховых покровов.

Распределение мхов по склонам разной экспозиции не проявляет видимой тенденции, с учетом того, что отмеченная выше (Kholod, Afonina, 2023 a) последовательность экспозиций отражает увеличение теплообеспеченности склонов. Это также подтверждает вышеупомянутое предположение, что температура воздуха и прогрев верхних горизонтов грунтов не является основным фактором, контролирующим распределение мхов по элементам рельефа.

Уменьшение видового богатства по признаку крутизны склона (рис. 2c₂: Kholod, Afonina, 2023 b) происходит в диапазоне от 1° до 20°. Эта тенденция связана с тем, что на склонах крутизной до 20° активно развивается солифлюкция. Такие склоны — это шлейфы в их верхней части, где интенсивно сползают почвенно-грунтовые блоки и возникают разного рода рытвины и эрозионные канавы, препятствующие формированию устойчивого мохового покрова. Но уже в диапазоне крутизны 20–40° число видов остается постоянным, что связано с тем, что на относительно крутых склонах с развитыми на них коллювиальными процессами число местообитаний (и, особенно, микроместообитаний) примерно одинаково. В основном, это — мелкоземистые “карманы”, микротеррасы и крайне редкие выходы коренных пород на месте останцов (“разборные скалы”).

Таким образом, на высотном градиенте преобладают виды, оптимум которых приурочен к нижней части горных склонов. Многие из этих видов выпадают на высотах более 400 м. Виды, охватывающие весь высотный диапазон, входят в группы особо- и высокоактивных. Отсутствие нескольких видов, относительно редко встречающихся в средней части градиента — *Dicranum fuscescens*, *D. spadiceum*, *Sphagnum fimbriatum*, *S. subsecundum* — в крайних частях градиента определяется, по-видимому, особенностями отбора проб (в т.ч. — и пропусками при сборах). Наконец, на высотном градиенте нет мхов, которые были бы присущи

только его верхней части. Есть один вид — *Racomitrium lanuginosum* — число встреч которого на больших высотах ненамного уменьшается по сравнению с низкими высотами. Связано это не с приспособлением этого вида к перенесению широкого спектра жестких климатических условий на больших высотах, а с его тяготением к щебнисто-каменистым грунтам, доля которых на высотах более 400 м значительно увеличивается. Некоторые виды мхов на этих высотах образуют ковры или маты (виды с высокой биомассой) (Roux et al., 2012).

Одна из основных закономерностей в распределении видов по фактору почвенного увлажнения — относительная равномерность в распределении пиков видов на соответствующей шкале. Экологических оптимумов видов достаточно много как в крайних частях шкалы (сухой — левой, и влажной — правой), так и в средней (Kholod, Afonina, 2023 b). В последней больше всего 2-х- и 3-х-вершинных пиков (хотя в последнем случае — при сближенности двух пиков и относительном отстоянии от них третьего). Одна из причин полимодальности видов — влияние другого фактора (Ramenskii, 1971). Двухвершинное распределение такого вида, как *Polytrichastrum alpinum*, связано с влиянием фактора нивальности. Этот фактор определяет и вторую вершину *Sphagnum girgensohnii*, предпочитающего, наряду с умеренным увлажнением, хорошее снеговое укрытие. Один из пиков *Racomitrium lanuginosum* определяется фактором гранулометрического состава. Особенно 2-х- и 3-х-вершинное распределение характерно для мхов зональных местообитаний — *Dicranum elongatum*, *D. fuscescens*, *Hylocomium splendens*, *Tomentypnum nitens*, — испытывающих воздействие сразу нескольких факторов, среди которых не представляется возможным выделить ведущий. У видов с одномодальным распределением вершина чаще всего приурочена к краевой части шкалы: это мхи, для которых на диаграмме уже можно проследить основной, ведущий фактор. Так, в левой части шкалы это: *Abietinella abietina*, *Bartramia pomiformis*, *Polytrichum hyperboreum*, *P. piliferum*, предпочитающие умеренно сухие условия. Кроме того, это еще два вида — *Roaldia revoluta* и *Syntrichia ruralis* — вершины которых находятся левее самого левого стандарта, т.е. соответствуют крайне сухим условиям. То же самое видно и в правой части диаграммы, к которой приурочены пики видов-гигрофитов: *Sphagnum teres*, *S. fimbriatum*, *Scorpidium revolvens*, *Drepanocladus sendtneri*. Здесь также (по аналогии с сухой частью шкалы) есть виды, оптимумы экологической амплитуды которых находятся правее самого правого стандарта, это: *Calliargon giganteum*, *Sarmentypnum sarmentosum*, покрытые в течение всего лета слоем воды.

Другая причина многовершинности распределения – гетерогенность среды на микроуровне (Ramenskii, 1971). В пределах контура одного растительного сообщества (или – пробной площади) может встретиться несколько микроместообитаний. Место стандарта на экологической шкале определяется большинством видов, которые отражают наиболее общие характеристики местообитания. В то же время в последнем могут встретиться и микроместообитания, которые по своим экологическим параметрам будут значительно отличаться от общего экологического фона. Виды, которые селятся в таких микроместообитаниях, будут иметь второй пик распределения в части шкалы, которая не соответствует оптимуму этого вида.¹ Особенно такая причина характерна для условий тундровой зоны: в исследованном районе гетерогенность среды определяется наличием ряда микроместообитаний, в частности, ячеями в рыхлом покрове из дресвы или щебня, деллями, а также – крупными кочками *Eriophorum vaginatum* или *Carex lugens*. О влиянии гетерогенности местообитания на распределение видов можно сделать вывод на основе довольно большого расстояния между двумя вершинами, отмеченного для некоторых видов. Так, один пик *Polytrichastrum alpinum* в средней части шкалы (рис. 3b: Kholod, Afonina, 2023 b) определяется фактором заснеженности местообитания, а пик в левой части – приуроченностью этого вида к сухим склонам. То же самое прослеживается и для *Sphagnum girgensohnii*, где левый пик распределения соответствует условиям относительного снегонакопления в ложбинах и ячеях сухих склонов (рис. 3c). Из двух вершин распределения *Hylocomium splendens* левая отвечает зональным местообитаниям, правая – микроместообитаниям верхушек кочек *Eriophorum vaginatum* или *Carex lugens* во влажной части шкалы. Участки с сообществами пушицы или осоки достаточно увлажнены (во втором случае иногда – с пластовым стоком между кочками), на верхушках же кочек создается мезоморфный режим, благоприятствующий поселению этого мха. Такое же двухвершинное распределение – у *Dicranum fuscescens* (рис. 3c), у которого один пик приходится на правую часть шкалы, соответствующую влажным условиям, в которых этот вид встречается крайне редко. Причина этого – приуроченность дерновинок этого вида к кочкам пушицы, формирующимся в условиях слабого стока.

Тенденция к уменьшению суммарного проективного покрытия мхов с высотой вполне ожидаема и связана, в основном, с увеличением подвижности субстрата на больших высотах. Так, на осыпных склонах выше 400 м мхи образуют небольшие дерновины только в ячеях (“карма-

нах”), диаметр которых обычно не превышает 60–70 см. Однако, и на нагорных террасах на гипсометрических уровнях 500 м и выше мхи не формируют крупных ковров: на среднеувлажненных участках таких террас на высотах 450–500 м встречаются небольшие ковры (1.0–1.5 м в поперечнике) *Aulacomnium turgidum* и *Hylocomium splendens*. Выше уровня 500–600 м они полностью выпадают из покрова, небольшие дерновины мхов есть только на влажных участках (*Bryum cryophilum*) или в местах залеживания снега (*Sanionia uncinata*). В то же время покровы *Racomitrium lanuginosum* можно встретить на высотах 600–650 м. Уменьшение проективного покрытия мхов на террасах по мере увеличения абсолютной высоты также во многом определяется эдафическим фактором: если на высотах 350–400 м в составе грунтов довольно много мелкоземистой фракции, то выше 500 м она почти полностью выпадает и уже абсолютно преобладает щебнисто-каменистая.

В уменьшении проективного покрытия мхов на градиенте высоты, безусловно, “участвует” и климатический фактор. Однако, при небольшом диапазоне гипсометрических уровней, который есть в районе, изменение проективного покрытия под влиянием температурного фактора значимо, в основном, на склонах южных румбов. При этом влияние температуры проявляется косвенно, через интенсивность протаивания мерзлоты. Поскольку на склонах южных экспозиций этот процесс происходит наиболее интенсивно, то здесь, на низких гипсометрических уровнях, больше всего талой воды, доступной для произрастания мхов. С увеличением высоты интенсивность протаивания мерзлоты уменьшается, соответственно, и доступной воды становится меньше, и как следствие, уменьшается и суммарное проективное покрытие мхов. Последняя тенденция проявляется также и при увеличении крутизны склонов (геоморфологический фактор), практически, всех экспозиций. В данном случае формированию крупных моховых покровов с высоким проективным покрытием препятствует высокая подвижность субстрата на крутых склонах.

Из анализа положения бриоценофитов в осях климатических и климато-орографических факторов (рис. 9a, 9b: Kholod, Afonina, 2023 b) следует, что основная масса мхов приурочена к более стабильным склонам, более характерным, с одной стороны, для низких высот, а с другой – ориентированным на запад, север и восток (рис. 9b: группы А, В). На низких высотах (230–400 м) склоны выполаживаются и здесь они максимально закреплены растительностью (мхами и сосудистыми растениями). Осыпной материал склонов северных и восточных румбов в минимальной степени подвижен, причина чего – неглубокое летнее протаивание мерзлоты, сковывающей рыхлый, плащеобразно залегающий слой дресвы,

¹ Подробнее об этом см.: Kholod, 2013.

щербня и мелкозема. На склонах южных экспозиций, особенно с крутизной более 15°, глубина протаивания в конце теплого периода достигает 90–110 см, в результате чего активно сползает вниз по склону щербнистая масса (в средней части склонов), а также отдельные блоки мелкоземистого грунта (в нижней части). К этим участкам приурочены и выходы минерализованных вод, которые усиливают процесс скольжения грунтовых масс и, тем самым, способствуют неустойчивости грунта. Температура воздуха, как отмечено выше, также влияет на распределение мхов и соответствующих бриоцено типов: основная масса мхов сосредоточена на низких высотах, где температура выше на 2.0–2.5°, чем на вершинах гряд (рис. 9а: группы А, В).

Существенное значение для распределения и проективного покрытия мхов в исследованном районе имеет снежный покров. Практически, все бриоцено типы группы В (рис. 9а) формируются в условиях умеренного или интенсивного снегонакопления. Большая часть этих бриоцено типов приурочена к склонам северных экспозиций (рис. 9б: В). При таянии снега местообитания, занимаемые этими бриоцено типами, подвергаются длительному увлажнению. Этого не происходит на местообитаниях типа 10 (верхние, прирвовочные части склонов), где высокий пласт снега сходит значительно быстрее и где в летнее время ветры более интенсивны (способствуют усиленному испарению), чем на местообитаниях бриоцено типов группы А.

Таким образом, в осях климатических и климато-орографических факторов достаточно хорошо выделяются 2 группы бриоцено типов: 1) группа бриоцено типов сухих местообитаний, умеренно теплых или умеренно холодных (занимающих склоны южных и нейтральных экспозиций), с быстро сходящим снегом, обычно – крутых склонов (бриоцено типы 3, 4, 5 с участием в том или ином случае типов 1 и 2: группа А на обеих диаграммах), 2) группа бриоцено типов влажных, умеренно холодных местообитаний с относительно долго лежащим снегом, чаще всего – пологих склонов, шлейфов и невысоких нагорных террас (бриоцено типы 7–9, 11, 12, с участием типа 10: группа В на обеих диаграммах). Два бриоцено типа, которые на диаграммах обозначены буквой С, отражают в целом не свойственную экологическим требованиям основной массы мхов района климатическую и геоморфологическую обстановку. Бриоцено тип 1 свойственен сухим и холодным условиям наиболее высоких горных гряд и вершин с постоянно осыпающимся материалом разрушения вулканических пород, бриоцено тип 2 формируется на крутых склонах южных экспозиций, которые в настоящее время занимают крайне небольшие площади по правому борту долины р. Паляваам. Эти склоны заняты

разреженными крио-ксерофитными группировками сосудистых растений, нигде более в данном районе не встречающимися.

Намеченные выше две основные группы бриоцено типов характеризуют два типа природных обстановок плейстоцен-голоценового времени, в которые получала преимущественное развитие та или иная группа мхов (бриоцено типов). Один тип таких обстановок соответствовал более сухим и относительно холодным условиям, при меньшей высоте снега, другой – более влажным, также умеренно холодным условиям, но при достаточном снеговом укрытии.

Первый из этих типов получал наибольшее развитие в эпохи плейстоценовых похолоданий, когда в горах Северо-Востока Азии формировались горно-долинные и каровые ледники (Biske, 1978; Gluschkova, 1984; Verkhovskaya, 1986; Shpolyanskaya, 2015), либо сетчатое оледенение, в горных узлах переходящее в горно-покровное (Gluschkova, Smirnov, 2021). В эти эпохи уменьшалось снегонакопление, ледники и снежники летом таяли медленно, все нижние части склонов и шлейфов (которых было значительно меньше) были более сухими, чем в современную эпоху.² В соответствии с одной из точек зрения на оледенение Северо-Востока Азии (Galanin, 2012), формирование ледников в этом регионе тесно связано не столько с общим похолоданием, сколько с увеличением влажности на фоне морских трансгрессий и сопутствовавшим этому усилением циклонической активности. По мнению С.А. Лаухина с соавт. (Laukhin et al., 2006), последнее, сартанское, оледенение особенно ярко проявилось на востоке Чукотки, и здесь оно по времени совпало с трансгрессиями моря, когда общий уровень увлажнения был выше современного. Только при отступании моря до 300 км к северу на арктическом побережье оледенение развивалось по североякутскому типу, т.е. как каровое или горно-долинное. Последний тип оледенения особенно характерен для западной Чукотки (к которой относится бассейн р. Паляваам), где в каждую из этих двух климатических эпох было суше, чем на востоке Чукотки. Из схем, приводимых в работе S.A. Elias, J. Brigham-Grette (2007: рис. 3 и 6), следует, что в верхнем и среднем течении р. Паляваам в эпоху зырянского оледенения получали развитие ледники горно-долинного типа, а в эпоху сартанского – каровые. Необходимо принимать во внимание то обстоятельство, что многие палеогеографические реконструкции хода плей-

² В.П. и М.П. Гричук (Grichuk, Grichuk, 1960) предположили, что эпоха похолодания состояла из двух фаз: криогигротической и криоксеротической. На Северо-Востоке Азии первая стадия была кратковременной (Giterman, 1985) в силу того, что здесь в эпохи оледенения (особенно, во время последнего – сартанского) ледники не получили значительного развития.

стоценового оледенения основаны на данных по Восточной или Южной Чукотке, находящихся в зоне влияния тихоокеанских муссонов. Западная часть Чукотского нагорья в гораздо меньшей степени была подвержена влиянию муссонов. Именно это обусловило повсеместное развитие подземного оледенения, которое и нужно, в первую очередь, принимать во внимание при реконструкции палеогеографической и палеоботанической обстановок западной части Чукотского нагорья в плейстоцене и начале голоцена. Результатом такого развития подземного оледенения было близкое залегание мерзлоты на всех склонах, включая вершины и гребни гор, а также шлейфы, низины и водоемы. В горах в эту эпоху интенсифицировались процессы морозного выветривания, в результате которых в нижних частях склонов нарастали промерзавшие толщи лессовидных отложений (Shpolyanskaya, 2015). Летнее оттаивание мерзлоты было крайне незначительным: в таких условиях стабилизировались коллювиальные и делювиальные процессы, рыхлый материал склонов был более устойчив, в меньшей степени проявлялась солифлюкция.

Вопрос о выживании растительности в это время напрямую связан с проблемой существования в ряде областей Арктики крупных неоледеневших территорий. При этом, как отмечает А.И. Толмачев (Tolmachev, 1986), «важно не то, было ли оледенение в определенное время в определенной стране, а подвергалась ли она сплошному оледенению» (с. 130). Если, в соответствии с этим автором, оледенение было частичным, то оледеневшая страна оставалась пристанищем жизни. Безусловно, ледники были барьером для распространения растений (Tregubov, 2009), однако, полностью исключить обмен между флорами (в т. ч. и флорами мхов) они не могли. Ранее (Brassard, 1971) была высказана точка зрения, в соответствии с которой мхи в эпохи оледенения выживали в ряде неоледеневших территорий высокой Арктики, в частности, на севере о-ва Элсмир в Канадском арктическом архипелаге. По мнению этого автора, мхи, сохранявшиеся во время оледенения в крупных рефугиумах как перигляциальные популяции, в межстадиалы расширяли ареалы и колонизировали освобождавшиеся территории. На выживании мохообразных в северо-восточной Гренландии в эпоху ледникового максимума акцентируется внимание в работе К. Hassel et al. (2014). Необходимо отметить и другую точку зрения (по данным из Восточной Гренландии: О. Bennike et al. (1999)), в соответствии с которой только самые холодостойкие виды могли пережить ледниковый период (или его отдельные эпизоды) на месте, а основная масса растений иммигрировала в Восточную Гренландию из Европы в начале голоцена (с помощью ветра, льда и птиц), когда краевая часть Грен-

ландского ледникового щита начала отступать вглубь острова. По мнению S.V. Young (Young, 1978), флористические связи между этой частью Гренландского субконтинента и Европой сформировались относительно недавно, в послеледниковое время, что подтверждается невысоким таксономическим рангом различий во флоре. Это — довод в пользу того, что вся эта часть острова была покрыта льдом в эпоху последнего оледенения и каких-либо крупных рефугиумов флоры (в т. ч. мхов) здесь не было. В то же время признается, что споровые, в частности, мохообразные, могли пережить максимум оледенения в мелких рефугиумах, в основном, на нунатаках — островных вершинных грядах и отдельных пиках, возвышавшихся над массой льда. Что же касается западного побережья Гренландии, то его связи с Европой значительно более слабые, и здесь есть много видов, общих с Канадским арктическим архипелагом, значительная часть которого в эпоху максимума оледенения была свободна ото льда.

Поскольку на территории Чукотского нагорья не было сплошного ледникового щита, то ареалы видов мхов в эти эпохи не уничтожались, а только сильно сокращались, фрагментировались вблизи узлов горно-долинного оледенения (скорее всего, в центральной части нагорья), а с началом межстадиалов — вновь расширялись и осваивали территории, до этого занятые ледниками. Все эти геологические и климатические события приводили к большему, чем в настоящее время, развитию на склонах бриоцено типов 3, 4 и 5. Главенствующие позиции в моховом покрове занимали такие виды, как *Aulacomnium turgidum*, *Hylocomium splendens*, *Rhytidium rugosum*, *Dicranum acutifolium*, площади распространения которых расширялись на плоских вершинах, нагорных террасах и шлейфах всех уровней. Увеличение таких площадей в верхнем поясе гор было результатом не повышенной доступности воды, а большей устойчивости склонов, многие из которых были скованы мерзлотой.

Второй тип природной обстановки формировался в условиях межледниковых потеплений, в первую очередь, в ближайшее к голоценовому — каргинское. В соответствии с одной из точек зрения (Sher, 1997), температуры этой эпохи были не выше современной.³ Авторы другой точки зрения (Kukla et al., 2002; Hedenäs, Bennike, 2003; Blinnikov et al., 2011) приводят данные, в соответствии с которыми в эемский межстадиал (132–115 тыс. лет назад), температуры были выше современных на 4–5°. Для Берингии этой эпохи указывается (Miller et al., 2010) превышение летних температур

³ По мнению А.В. Шера, наиболее губительными для биоты четвертичного времени были температурные условия последнего отрезка этого периода — голоцена, в течение которого в ландшафте резко уменьшились позиции тундростепной растительности.

относительно современных на 2–3°. Тем не менее, несмотря на различные оценки температурных условий межледникового времени, последнее характеризовалось интенсивным таянием ледников и снежников и протаиванием мерзлоты, в результате чего все склоны были обильно увлажнены тальми водами. При этом наибольшую долю в увлажнение поверхности склонов и водоразделов вносила последняя составляющая — протаивание мерзлоты (Washburn, 1988), что приводило к активизации коллювиальных и делювиальных процессов. В результате этих процессов получило дополнительное формирование чехлов рыхлых отложений склонов, сложенных дериватами вулканических пород. В нижних частях склонов активно образовывались шлейфы с пластовыми водотоками. В это же время активизировались и процессы солифлюкции, которые приводили к перемещению массы суглинистого материала, образованию рытвин, канав, участков оголенного грунта. На пологих склонах и шлейфах получали преимущественное развитие бриоценоотипы 7–9, 12. Мхи *Aulacomnium palustre*, *Sphagnum warnstorffii*, *Tomentypnum nitens* образовывали крупные ковры на участках пластовых водотоков, в ложбинах стока, неглубоких депрессиях. В условиях повышения нормы снегонакопления существенное значение приобретали и бриоценоотипы 10 и 11, формировавшиеся в нивальных местообитаниях. Здесь значительно увеличивались площади под коврами *Sanionia uncinata* и *Polytrichastrum alpinum*. Принимая во внимание первую точку зрения на температурные условия межледниковья, можно предположить, что площади развития этих бриоценоотипов не превышали современные. В случае более высоких температур в межледниковье по сравнению с современными при реконструкции ситуации в моховом покрове необходимо предположить гораздо более широкое развитие ковров, формируемых бриоценоотипами 7–12.

Бриоценоотип 2 с такими видами, как *Abietinella abietina*, *Syntrichia ruralis* не получал значительно развития в более теплые эпохи, поскольку в это время в ландшафте района преобладали склоны (в т. ч. и южных экспозиций), перекрытые с поверхности сплошными чехлами рыхлых отложений, где не могла закрепиться вообще какая-либо растительность (ситуация, близкая к современной). В более холодные эпохи мхи этого бриоценоотипа не образовывали крупных ковров из-за относительно низких летних температур, а также — как следствие близкого расположения небольших горно-долинных ледников. В настоящее время на местообитаниях этого бриоценоотипа сохраняются сообщества сосудистых растений, получившие название тундростепей (Yurtsev, 1981). Однако, в холодные эпохи на водоразделах господствовали не тундростепи (последняя точка зрения отстаи-

вается в работе Р.Е. Гитерман (Giterman, 1985)), а травянистые тундры. Б.А. Юрцев в упомянутой выше работе полагает, что тундростепная растительность в криоаридные эпохи плейстоцена только ненамного увеличивала площадь распространения, осваивая, помимо небольших участков склонов, еще и прибрежные части террас. Бриоценоотип 1 также, по-видимому, не осваивал большие площади в более теплые эпохи, как и предыдущий тип — вследствие развития коллювиальных процессов на вершинах и склонах гор. В эпохи похолоданий мхи этого типа могли занимать несколько большие площади, образуя разреженные группировки на вершинах и гребнях гор на относительно устойчивых чехлах рыхлых вулканических пород.

В холодные эпохи менялся “статус” тех или иных видов на шкале активности, в частности, особо- и высокоактивных. Особо активные *Aulacomnium turgidum*, *Tomentypnum nitens*, скорее всего, “понижали” свой ранг и “переходили” в разряд высокоактивных. В свою очередь, высокоактивные в современном растительном покрове *Rhytidium rugosum* и *Racomitrium lanuginosum* могли пополнять группу особо активных, хотя значительного увеличения площади, занимаемой ими, могло и не быть. Для первого из этих видов это определяется температурными пределами (оптимум его — на низких склонах южной экспозиции, где он образует сообщества с *Dryas punctata*), а для второго — химизмом почв (предпочитает субстраты с нейтральной или слабощелочной реакцией, которых в рассматриваемом районе почти нет).

На рис. 4а, 4б представлены обобщенные схемы (реконструкция) распределения бриоценоотипов в разные климатические эпохи на склоне юго-восточной экспозиции, ниспадающем к одному из притоков р. Паляваам. Ситуация в теплую климатическую эпоху (межстадиал) отражена для случая более высоких температур в межледниковье по сравнению с современными.

Существующие представления об изменении положения мхов в ландшафте, а также их сосуществования с сосудистыми растениями в разные климатические эпохи основаны на представлениях об освоении растениями полностью оголенных грунтов, образовавшихся на месте растаявшего льда (Jones, Henry, 2003), а также — роли мхов в экосистемах тундр (Turetsky et al., 2012) и их взаимоотношениях с сосудистыми растениями (Gornall et al., 2011; Roux et al., 2012). В соответствующих моделях принимается, что на первой стадии сукцессии на вновь освобожденных грунтах поселяются мхи, которые способствуют последующему произрастанию сосудистых растений за счет увеличения влагоудерживающей способности почвы, снижению рН и увеличению содержания органических веществ. Однако, для

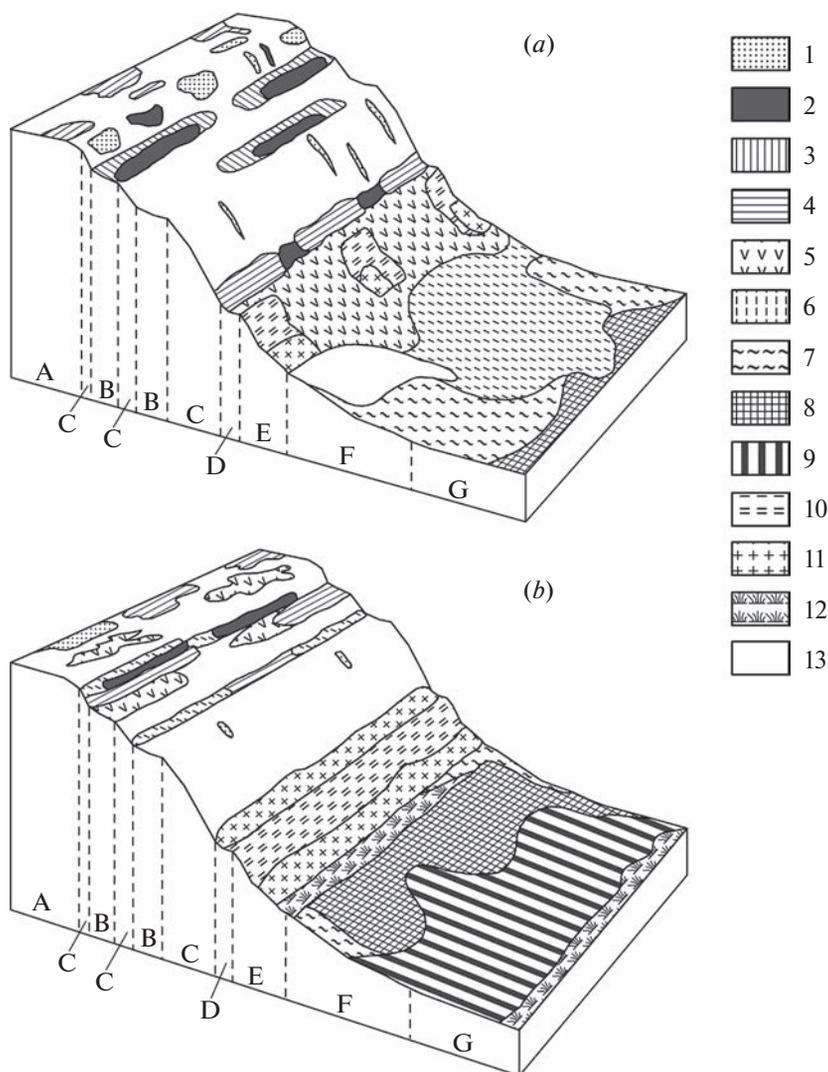


Рис. 4. Распределение бриоцено типов в разные климатические эпохи на склоне юго-восточной экспозиции (реконструкция). Цифры при условных обозначениях – бриоцено типы (1–12), 13 – грунты, не занятые растительностью; элементы склона: А – плоская вершина, В – терраса верхней части склона, С – средняя часть склона, наиболее крутая (или уступ нагорной террасы), с подвижной щебнистой осыпью, D – терраса нижней части денудационного склона, перекрытая рыхлым мелкощебнистым коллювием, E – контактная зона между денудационным и аккумулятивным склоном (шлейфом), F – верхняя и средняя части шлейфа с полосами и пятнами грунта, суглинистые, с небольшой примесью мелкого щебня и дресвы, G – нижняя часть шлейфа, суглинистая. Ситуация в климатические эпохи: *a* – похолоданий (стадиалов), *b* – потеплений (межстадиалов).

Fig. 4. Distribution of bryocenotypes in different climatic epochs on the slope of the south-eastern aspect (reconstruction). Numbers with symbols: bryocenotypes (1–12), soils not covered by vegetation (13). Slope elements: A – flat top, B – terrace of the upper part of the slope, C – middle part of the slope, the steepest one (or ledge of the upland terrace), with mobile gravelly scree, D – terrace of the lower part of a denudation slope, covered with a loose fine-grained colluvium, E – contact zone between the denudation and accumulative slope (plume), F – upper and middle parts of the plume with stripes and spots of soil, loamy, with a small admixture of fine gravel and grus, G – lower part of the plume, loamy. The situation in climatic epochs: *a* – cooling (stadials), *b* – warming (interstadials).

условий неоледеневавшей или частично оледеневавшей горной страны, каковой является западная часть Чукотского нагорья, необходимо за исходную принять другую точку зрения, а именно: 1) частично освоенных растительностью к началу процесса потепления грунтов, 2) равной со мхами или даже превышающей ее доли сосудистых растений в ландшафте.

О возможных тенденциях в изменении соотношения мхов и сосудистых растений в исследованном нами районе при переходе от холодных климатических эпох к более теплым можно делать вывод на основе диаграмм, приведенных на рис. 3, если при этом за тенденцию принимать изменение проективного покрытия этих двух групп растений в направлении справа налево, т.е. от

максимальной площади, занятой открытыми (незадернованными) грунтами, к минимальной. Нарастание мхов и сосудистых растений на этих диаграммах отражено отдельно для разных местообитаний и склонов различной экспозиции. На хорошо прогреваемых (тип 5, рис. 3a) и геминивальных участках (тип 10, рис. 3b) увеличение проективного покрытия обеих групп происходит параллельно, при постоянно большем проективном покрытии сосудистых растений. В четырех группах (6, 7, 9, 12; рис. 3c, 3d, 3e, 3f соответственно) проективное покрытие мхов увеличивается быстрее, чем сосудистых растений, хотя последние имеют более высокие “стартовые” величины проективного покрытия. Особенно ярко тенденция более интенсивного нарастания мхов прослеживается для типов 9 и 12, которые занимают пойменные террасы.

Приведенная выше модель позволяет сделать вывод, что во всех этих случаях с началом эпохи потепления как мхи, так и сосудистые растения увеличивали занимаемые площади (проективное покрытие). Но поскольку на большей части исследованного района в эпохи похолоданий не было более или менее крупных ледников, то здесь не было процесса освоения территорий “с нуля”, т.е., со стадии полностью свободных от растительности грунтов. На большинстве водоразделов, шлейфов, низких террас в холодные эпохи господствовали не кустарничково-моховые (как это следует из существующих моделей освоения первично оголенных грунтов в полярных районах), а травянистые тундры, выше по склонам переходящие в разреженные группировки сосудистых растений. В первой из этих групп преобладали виды, которые в настоящее время постоянно встречаются на оголенных суглинистых (с небольшой примесью щебня) грунтах, в рытвинах и эрозионных канавах, а также в мелкоземистых “карманах” склонов (*Festuca brachyphylla*, *Poa arctica*, *P. malacantha*, *Carex rupestris*, *Luzula confusa*, *Aconogonon tripterocarpum*, *Artemisia tilesii*). Во второй группе, которая была представлена как на склонах, так и на террасах и плоских вершинах, господствовали растения, успешно противостоящие постоянному их засыпанию щебнисто-древяным материалом (*Androsace chamaejasme* subsp. *arctisibirica*, *A. ochotensis*, *Artemisia glomerata*, *Saxifraga firma*, *Silene stenophylla*). Мхи, как это следует из диаграмм-моделей на рис. 3, в ряде случаев появляются тогда, когда площадь задернованного грунта (сосудистыми растениями) достигает 50–70%. По всей видимости, этим организмам, имеющим низкий порог светового насыщения (Van der Wal et al., 2005), требуется защита от прямых солнечных лучей: таковой является крона кустарничков или кустарников. Так, в условиях пойм — это кустарники *Salix lanata* subsp. *richardsonii*, *S. alaxensis*, которые образуют достаточно со-

мкнутый полог. Кроме того, в данном случае кустарники способствуют росту мхов в условиях интенсивного аллювиального режима, а также обеспечивают мхам снеговое укрытие. Однако, рост мхов сопровождается замедлением скорости роста сосудистых растений: особенно ярко это проявляется на террасах и ложбинах стока на шлейфах (местообитание 9, рис. 3e). Другая ситуация — в бриоценоטיפах 1 и 2: здесь нарастание проективного покрытия сосудистых растений происходит более интенсивно, чем у мхов, хотя “стартовая” позиция мхов соответствует крайне низкому проективному покрытию сосудистых растений. Особенно наглядно это прослеживается на местообитании 1: проективное покрытие обеих этих групп здесь увеличивается независимо друг от друга, решающее значение при освоении субстратов каждой из этих групп имеет давление среды (для сосудистых растений это упомянутый выше случай противостояния растений интенсивному коллювиальному режиму). При этом небольшие дерновинки мхов формируются в мелкоземистых “карманах” склонов и не контактируют с наземными частями сосудистых растений.

Предполагается (Jones, Henry, 2003), что конкуренция между мхами и сосудистыми растениями не является основным процессом, сопровождающим освоение растениями освобожденных из-под ледника территорий (а в нашем случае — увеличение проективного покрытия от некоторой исходной точки, когда на территории уже были как сосудистые растения, так и мхи). Характеристики жизненного цикла мхов, а также возможность использования ими ограниченных ресурсов выходят на первый план в условиях тундр. Эти положения могут найти подтверждение для растительности некоторых местообитаний исследованного района, в которых происходит одновременное увеличение проективного покрытия мхов и сосудистых растений. Из рис. 1 и 2 видно, что это характерно для условий, когда проективное покрытие сосудистых растений возрастает до величины 60–70%. Дальнейшее увеличение проективного покрытия сосудистых растений контролируется мхами: из диаграмм на рис. 3c–3f следует, что увеличение покрытия мхов сопровождается замедлением интенсивности увеличения проективного покрытия сосудистых растений. По-видимому, мхи в данном случае воздействуют на сосудистые растения посредством регуляции доступной воды, азота и через температуру почвы (Gornall et al., 2011). Мхи, в соответствии с упомянутой точкой зрения, структурируют тундровые сообщества, способствуя, в зависимости от толщины их слоя, поселению либо злаков и разнотравья, либо кустарничков. Нарастание мхов, являющееся результатом повышенной влажности грунтов, ведет к понижению температуры почвы и уменьшению горизон-

та сезонного протаивания. Слой мхов большой толщины препятствует произрастанию трав (в первую очередь, семейства Poaceae) и благоприятствует только кустарничкам (сем. Salicaceae, в меньшей степени — Ericaceae). В этом проявляется стабилизирующая роль мохового покрова (как в ледниковые, так и в межледниковые эпохи), при этом наибольший эффект имеет место на участках среднего по толщине слоя мхов — на местообитаниях, где получают развитие бриоценоотипы 6–8 (водоразделы, шлейфы, низкие нагорные террасы). На участках скопления снега (местообитания и бриоценоотипы 10–12) протаивание мерзлоты происходит интенсивно, здесь наблюдается довольно глубокий сезонно-талый слой,⁴ покрытие мхов невелико, поэтому эффекта стабилизации мхами мерзлых грунтов нет. По всей видимости, нарастание проективного покрытия обеих этих групп до некоторой переломной точки здесь происходит независимо, в процессе освоения грунтов в условиях довольно мощной снежной толщи. После “прохождения” этой точки мхами дальнейшее нарастание дерновины идет под влиянием увеличения доступной воды вследствие большой высоты снежного покрова. Проективное же покрытие сосудистых растений в этом случае уменьшается не столько в силу конкурентного исключения, сколько в результате резкого уменьшения продолжительности вегетационного периода.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Взятые вместе закономерности, полученные в данной работе, в целом согласуются с существующим набором эмпирических моделей распределения видового разнообразия и проективного покрытия мхов по градиентам ряда экологических факторов. Однако, полученные закономерности проявляются дифференцированно — в зависимости от экспозиции склона. На склонах разных экспозиций изменение числа видов на градиенте высоты отвечает одной из двух моделей: 1) монотонного уменьшения числа видов к верхнему концу высотного ряда или 2) увеличения числа видов до его середины и последующего монотонного уменьшения этого числа к верхней точке градиента. Проявления высотных закономерностей, носящих климатический характер, корректируются геоморфологической обстановкой: числом местообитаний (микроразнообразий) и подвижностью грунтов на склонах. Проективное покрытие мхов также дифференцированно изменяется в зависимости от экспозиции склона. В целом преобладает тенденция уменьшения этого показателя в верхнем конце высотного градиента, хотя на отдельных участках здесь встреча-

ются моховые ковры с покрытием до 80–90%. Увеличение крутизны поверхности проявляется одинаково на склонах всех экспозиций — в общей тенденции уменьшения числа видов.

Анализ распределения видов по градиенту почвенного увлажнения показал сильное влияние нескольких других факторов — нивальности и гранулометрического состава, которые определяют многовершинность распределения ряда видов. Последнее зависит также и от гетерогенности местообитания, характерной для тундровой зоны, где на небольшой территории пробной площади может встретиться несколько элементов микрорельефа. При оценке распределения видов по градиенту какого-либо фактора на основе экологической шкалы Л.Г. Раменского необходимо принимать во внимание ряд субъективных моментов, связанных с созданием такой шкалы: неравномерность объема исходных групп описаний, на основе которых выводятся стандарты, выбор вариантов ранжированного вариационного ряда для установления такого стандарта и др. Намеченные в пространстве парных факторов две группы бриоценоотипов позволили создать модели (реконструкцию) распределения мхов в ландшафте изученной территории для двух климатических эпох плейстоцен-голоценового времени, опираясь на существующие представления о палеогеографической и палеоботанической обстановках в эпохи похолоданий (стадиалы) и потеплений (межстадиалы). Ключевым моментом такой реконструкции стало представление о разной скорости нарастания мхов и сосудистых растений при переходе от более холодных эпох к более теплым. Решающим фактором в этом процессе является не столько освобождение территории из-под ледника (площади которых были крайне незначительными в западной части Чукотского нагорья), сколько протаивание мерзлоты на склонах с последующей активизацией склоновых (коллювиальных и делювиальных) процессов. Определенные трудности при реконструкции таких палеогеографических условий состоят в необходимости одновременного учета как температурного фона, так и общего увлажнения территории. При постепенном переходе к более теплым межледниковьям освоение растениями территорий начиналось не с полностью оголенных грунтов, а с участков, где уже были как сосудистые растения, так и мхи, причем, доля сосудистых растений (проективное покрытие) на начальный, стартовый момент была иногда существенно выше, чем мхов. В этом проявляется потребность последних в защите от прямых солнечных лучей — функции, которую выполняет полог сосудистых растений. При дальнейшем нарастании мхов они начинают контролировать проективное покрытие и видовой состав сосудистых растений через

⁴ Подробнее об этом см.: Kholod, Konoreva, 2022.

доступность воды и ряд других экологических параметров.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану БИН РАН по теме “Растительность Европейской России и северной Азии: разнообразие, динамика, принципы организации” (121032500047-1) и по теме “Флора и систематика водорослей, лишайников и мохообразных России и фитогеографически важных регионов мира” (121021600184-6). Авторы выражают благодарность сотруднице Лаборатории географии и картографии растительности БИН РАН Е.С. Деркач за оформление карты и блок-диаграмм. Авторы признательны рецензентам Ботанического журнала, замечания которых способствовали улучшению качества статьи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Bennike O., Björck S., Böcher J., Hansen L., Heinemeier J., Wohlfarth B. 1999. Early holocene plant and animal remains from North-East Greenland. — *J. Biogeography*. 26 (3): 667–677.
<https://doi.org/10.1046/j.1365-2699.1999.t01-1-00315.x>
- Bhattarai K.R., Vetaas O.R., Grytnes J.A. 2004. Fern species richness along a central Himalayan elevational gradient. — *J. Biogeography*. 31 (3): 389–400.
<https://doi.org/10.1046/j.0305-0270.2003.01013.x>
- [Biske] Бискэ С.Ф. 1978. Четвертичные отложения крайнего северо-востока СССР. — Труды института геологии и геофизики. Вып. 383. 114 с.
- Blinnikov M.S., Gaglioti B., Walker D.A., Wooller M.J., Zazula G.D. 2011. Pleistocene graminoid-dominated ecosystems in the Arctic. — *Quaternary Science Reviews*. XXX: 1–24.
<https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2011.07.002>
- Brassard G.R. 1971. The mosses of northern Ellesmere Island, arctic Canada. I. Ecology and phytogeography, with an analysis for the Queen Elizabeth Islands. — *The Bryologist*. 74 (3): 233–281.
<https://doi.org/10.2307/3241637>
- Elias S.A., Brigham-Grette J. 2007. Late Pleistocene events in Beringia. — In: *Encyclopedia of Quaternary science*. 2. Amsterdam. P. 1057–1066.
<https://doi.org/10.1016/B0-44-452747-8/00132-0>
- [Galanin] Галанин А.А. 2012. Возраст последнего ледникового максимума на северо-востоке Азии. — *Криосфера Земли*. 16 (3): 39–52.
- [Giterman] Гитерман Р.Е. 1985. История растительности Северо-Востока СССР в плиоцене и плейстоцене. — Тр. Геологического ин-та. Вып. 380. М. 96 с.
- [Glushkova] Глушкова О.Ю. 1984. Морфология и палеогеография позднплейстоценовых оледенений Северо-Востока СССР. — Плейстоценовые оледенения Востока Азии. Магадан. С. 28–42.
- [Glushkova, Smirnov] Глушкова О.Ю., Смирнов В.Н. 2021. Реконструкция масштабов и морфологических особенностей плейстоценовых оледенений на Северо-Востоке России. — *Вестник Северо-Восточного научного центра ДВО РАН*. 2: 50–67.
<https://doi.org/10.34078/1814-0998-2021-2-50-67>
- Gornall J.L., Woodin S.J., Jonsdottir I.S., Van der Wal R. 2011. Balancing positive and negative plant interactions: how mosses structure vascular plant communities. — *Oecologia*. 166 (3): 769–782.
<https://doi.org/10.1007/s00442-011-1911-6>
- Grau O., Grytnes J.-A., Birks H.J.B. 2007. A comparison of altitudinal species richness patterns of bryophytes with other plant groups in Nepal, Central Himalaya. — *J. Biogeography*. 34 (11): 1907–1915.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2007.01745.x>
- [Grichuk, Grichuk] Гричук М.П., Гричук В.П. 1960. О приледниковой растительности на территории СССР. — *Перигляциальные явления на территории СССР*. М. С. 66–100.
- Hassel K., Zechmeister H., Prestø T. 2014. Mosses (Bryophyta) and liverworts (Marchantiophyta) of the Zackenberg valley, northeast Greenland. — *Lindbergia*. 37: 66–84.
<https://doi.org/10.25227/linbg.01051>
- Hedenäs L., Bennike O. 2003. Moss remains from the last interglacial at Thule, NW Greenland. — *Lindbergia*. 28 (2): 52–58.
- Jones G.A., Henry G.H.R. 2003. Primary plant succession on recently deglaciated terrain in the Canadian high Arctic. — *J. Biogeography*. 30 (2): 277–296.
<https://doi.org/10.1046/j.1365-2699.2003.00818.x>
- [Kholod] Холод С.С. 2013. Растительность острова Врангеля на градиенте увлажнения. — *Бот. журн.* 98 (7): 828–847.
- [Kholod, Afonina] Холод С.С., Афонина О.М. 2023a. Мхи западной части Чукотского нагорья. 1. Распределение по типам местообитаний и их активность. — *Бот. журн.* 108 (3): 3–29.
<https://doi.org/10.31857/S0006813623030055>. EDN: VQBQJC
- [Kholod, Afonina] Холод С.С., Афонина О.М. 2023b. Мхи западной части Чукотского нагорья. 2. Число видов и проективное покрытие на градиентах экологических факторов. — *Бот. журн.* 108 (4): 3–21.
<https://doi.org/10.31857/S000681362304004X>. EDN: OZZCTE
- Kholod S.S., Konoreva L.A. 2022. Lichens in the polar deserts of the northern tip of the Novaya Zemlya archipelago. — *Doklady Biological Sciences*. 506: 212–238.
<https://doi.org/10.1134/S0012496622050052>
- Kukla G.J., Bender M.L., de Beaulieu J.-L., Bon C., Broecker W.C., Cleveringa P., Gavin J.E., Herbert T.D., Imbrie J., Jouzel J., Keigwin L.D., Knudsen K.-L., McManus J.F., Merkt J., Muhs D.R., Müller H., Poore R.Z., Porter S.C., Seret G., Shackleton N.J., Turner C., Tzedakis P.C., Vinograd I.J., 2002. Last interglacial climates. — *Quaternary research*. 58: 2–13.
<https://doi.org/10.1006/qres.2001.2316>
- [Laukhin et al.] Лаухин С.А., Чжимин Ц., Пушкарь В.С., Черепанова М.В. 2006. Последнее оледенение на севере восточной Чукотки и палеоокеанография северной Пацифики. — *Доклады Академии наук*. 411 (3): 405–409.

- Miller G.H., Brigham-Grette J., Alley R.B., Anderson L., Bauch H.A., Douglas M.S.V., Edwards M.E., Elias S.A., Finney B.P., Fitzpatrick J.J., Funder S.V., Herbert T.D., Hinsman L.D., Kaufman D.S., MacDonald D.M., Polyak L., Robock A., Serreze M.C., Smol J.P., Spielhagen R., White J.W.C., Wolfe A.P., Wolff E.W. 2010. Temperature and precipitation history of the Arctic. — *Quaternary science reviews*. 29: 1679–1715. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2010.03.001>
- [Ramenskii] Раменский Л.Г. 1971. Избранные работы. Проблемы и методы изучения растительного покрова. Л. 335 с.
- Roux P.C., Virtanen R., Heikkinen R.K., Luoto M. 2012. Biotic interactions affect the elevational ranges of high-latitude plant species. — *Ecography*. 35 (11): 1048–1056. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2012.07534.x>
- [Sher] Шер А.В. 1997. Природная перестройка в Восточно-Сибирской Арктике на рубеже плейстоцена и голоцена и ее роль в вымирании млекопитающих и становлении современных экосистем. — *Криосфера Земли*. Сообщение 1. 1 (1): 21–29. Сообщение 2. 1 (2): 3–11.
- [Shpolyanskaya] Шполянская Н.А. 2015. Плейстоцен-голоценовая история развития криолитозоны Российской Арктики “глазами” подземных льдов. М.—Ижевск. 344 с.
- [Tolmachev] Толмачев А.И. 1986. Методы сравнительной флористики и проблемы флорогенеза. Новосибирск. 197 с.
- [Tregubov] Трегубов О.Д. 2009. Геоморфологические, морские и гляциологические барьеры в истории формирования тундровых ландшафтов Чукотки. Мат-лы Междунар. науч. конф., посвященной 100-летию со дня рождения Д.Г. Панова. Ростов-на-Дону. С. 327–330.
- Turetsky M.R., Bond-Lamberty B., Euskirchen E., Talbot J., Frolking S., McGuire A.D., Tuittila E.-S. 2012. The resilience and functional role of moss in boreal and arctic ecosystems. — *The New Phytologist*. 196 (1): 49–67. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2012.04254.x>
- Van der Wal, Pearce I.S.K., Brooker R.W. 2005. Mosses and the struggle for in a nitrogen-polluted world. — *Oecologia*. 142 (2): 159–168. <https://doi.org/10.007/s00442-004-1706-0>
- [Verkhovskaya] Верховская Н.Б. 1986. Плейстоцен Чукотки. Владивосток. 116 с.
- [Washburn] Уошборн А.Л. 1988. Мир холода. Геокриологические исследования. М. 384 с.
- [Young] Янг С.Б. 1978. Фитогеография североамериканской Арктики. — *Арктическая флористическая область (Доклады, заслушанные на симпозиуме “Флористическое ограничение и разделение Арктики” 8 VII 1975, Ленинград, XII Международный ботанический конгресс. Л. С. 105–126.*
- [Yurtsev] Юрцев Б.А. 1981. Реликтовые степные комплексы Северо-Восточной Азии. (Проблемы реконструкции криоксеротических ландшафтов Берингии). Новосибирск. 168 с.

MOSES OF THE WESTERN PART OF THE CHUKCHI HIGHLANDS. 3. INTERDEPENDENCE OF PERCENT COVER VALUES OF MOSES AND VASCULAR PLANTS

S. S. Kholod^{a,*} and O. M. Afonina^{a,##}

^a*Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences
Prof. Popova Str., 2, St. Petersburg, 197376, Russia*

^{*}*e-mail: sergeikhokol@yandex.ru*

^{##}*e-mail: stereodon@yandex.ru*

In previous publications (Kholod, Afonina, 2023a, b) the dependences of the number of moss species and the values of moss percent cover in the western part of the Chukchi Highlands on a number of abiotic factors were considered. This article discusses the interdependence of the percent cover values of mosses and vascular plants in this area. On the slopes of most aspects, an increase in the percent cover values of vascular plants to a value of 65–75% is accompanied by an increase in the percent cover values of mosses (up to 40–70%), which decreases with a further increase in the percent cover values of vascular plants. Two groups of bryocenotypes, one of them being formed on dry, relatively steep slopes of the southern and western aspects with rapidly descending snow, and the other on wet, snow-covered gentle slopes of the northern and eastern aspects, characterize 2 types of natural environments of the Pleistocene-Holocene: cooling with active freezing of loose strata of slopes, and warming with intense permafrost melting and activation of slope processes, respectively. The linear relationship between the values of the percent cover of vascular plants and mosses, on the one hand, and the area of unpaved soil, on the other, is considered as a model of the settlement of soils by mosses during the transition from cold climatic epochs to warm ones. In such transitional epochs, vascular plants have an advantage in the percent cover values at the initial stage, then, with the growth of mosses, the increase in the percent cover values of vascular plants slows down, which is a manifestation of the regulatory influence of mosses through the availability of accessible water and a number of other parameters.

Keywords: mosses, vascular plants, percent cover values, unpaved soil, natural environments, Pleistocene-Holocene, Chukchi Highlands

ACKNOWLEDGMENTS

The work was carried out within the framework of the state task according to the thematic plan of the BIN RAS on the topics “Vegetation of European Russia and Northern Asia: diversity, dynamics, principles of organization” (121032500047-1) and “Flora and taxonomy of algae, lichens and bryophytes in Russia and phytogeographically important regions of the world” (121021600184-6). The authors express their gratitude to E.S. Derkach, an employee of the Laboratory of Geography and Cartography of the BIN RAS, for the design of the figures and block diagrams. The authors are grateful to the reviewers of the Botanical Journal, whose comments contributed to improving the quality of the article.

REFERENCES

- Bennike O., Björck S., Böcher J., Hansen L., Heinemeier J., Wohlfarth B. 1999. Early holocene plant and animal remains from North-East Greenland. — *J. Biogeography*. 26 (3): 667–677.
<https://doi.org/10.1046/j.1365-2699.1999.t01-1-00315.x>
- Bhattarai K.R., Vetaas O.R., Grytness J.A. 2004. Fern species richness along a central Himalayan elevational gradient. — *J. Biogeography*. 31 (3): 389–400.
<https://doi.org/10.1046/j.0305-0270.2003.01013.x>
- Biske S.F. 1978. Четвертичные отложения крайнего северо-востока СССР. [Quaternary deposits of the extreme north-East of the USSR]. — *Trudy instituta geologii i geofiziki*. 383. 114 p. (In Russ.).
- Blinnikov M.S., Gaglioti B., Walker D.A., Wooller M.J., Zazula G.D. 2011. Pleistocene graminoid-dominated ecosystems in the Arctic. — *Quaternary Science Reviews*. XXX: 1–24.
<https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2011.07.002>
- Brassard G.R. 1971. The mosses of northern Ellesmere Island, arctic Canada. I. Ecology and phytogeography, with an analysis for the Queen Elizabeth Islands. — *The Bryologist*. 74 (3): 233–281.
<https://doi.org/10.2307/3241637>
- Elias S.A., Brigham-Grette J. 2007. Late Pleistocene events in Beringia. — In: *Encyclopedia of Quaternary science*. 2. Amsterdam. P. 1057–1066.
<https://doi.org/10.1016/B0-44-452747-8/00132-0>
- Galanin A.A. 2012. Vozrast poslednego lednikovogo maksimuma na severo-vostoke Azii. [Age of the last glacial maximum in Northeast Asia]. — *Kriosfera Zemli*. 16 (3): 39–52 (In Russ.).
- Giterman R.E. 1985. Istoriya rastitel'nosti Severo-Vostoka SSSR v pliocene i pleistocene. [Vegetation history of the North-East of the USSR in the Pliocene and Pleistocene]. — *Trudy' Geologicheskogo instituta*. 380. Moscow. 96 p. (In Russ.).
- Glushkova O.Y. 1984. Morfologiya i paleogeografiya pozdneplejstocenovy'kh oledeneni' Severo-Vostoka SSSR. [Morphology and paleogeography of the Late Pleistocene glaciations of the North-East of the USSR]. — *Pleistocenovy'e oledeneniya Vostoka Azii*. Magadan. P. 28–42 (In Russ.).
- Glushkova O.Y., Smirnov V.N. 2021. Rekonstrukciya masshtabov i morfologicheskikh osobennostej plejstocenovy'kh oledeneni' na Severo-Vostoke Rossii. [Reconstruction of the scale and morphological features of Pleistocene glaciations in the North-East of Russia]. — *Vestnik Severo-Vostochnogo nauchnogo centra DVO RAN*. 2: 50–67 (In Russ.).
<https://doi.org/10.34078/1814-0998-2021-2-50-67>
- Gornall J.L., Woodin S.J., Jonsdottir I.S., Van der Wal R. 2011. Balancing positive and negative plant interactions: how mosses structure vascular plant communities. — *Oecologia*. 166 (3): 769–782.
<https://doi.org/10.1007/s00442-011-1911-6>
- Grau O., Grytnes J.-A., Birks H.J.B. 2007. A comparison of altitudinal species richness patterns of bryophytes with other plant groups in Nepal, Central Himalaya. — *J. Biogeography*. 34 (11): 1907–1915.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2007.01745.x>
- Grichuk M.P., Grichuk V.P. 1960. O prilednikovoy rastitel'nosti na territorii SSSR. [About the glacial vegetation on the territory of the USSR]. — *Periglacial'ny'e yavleniya na territorii SSSR*. Moscow. P. 66–100 (In Russ.).
- Hassel K., Zechmeister H., Prestø T. 2014. Mosses (Bryophyta) and liverworts (Marchantiophyta) of the Zackenberg valley, northeast Greenland. — *Lindbergia*. 37: 66–84. <https://doi.org/10.25227/linbg.01051>
- Hedenäs L., Bennike O. 2003. Moss Remains from the Last Interglacial at Thule, NW Greenland. — *Lindbergia*. 28 (2): 52–58.
- Jones G.A., Henry G.H.R. 2003. Primary plant succession on recently deglaciated terrain in the Canadian high Arctic. — *J. Biogeography*. 30 (2): 277–296.
<https://doi.org/10.1046/j.1365-2699.2003.00818.x>
- Kholod S.S. 2013. Vegetation of Wrangel Island on a moisture gradient. — *Bot. Zhurn*. 98 (7): 828–847 (In Russ.).
- Kholod S.S., Afonina O.M. 2023a. Mosses of the western part of the Chukchi Highlands. 1. Distribution by habitat types and their activity. — *Bot. Zhurn*. 108 (3): 3–29 (In Russ.).
<https://doi.org/10.31857/S0006813623030055>. EDN: VQBQJC
- Kholod S.S., Afonina O.M. 2023b. Mosses of the western part of the Chukchi Highlands. 2. The number of species and the cover on gradients of environmental factors. — *Bot. Zhurn*. 108 (4): 3–21 (In Russ.).
<https://doi.org/10.31857/S000681362304004X>. EDN: OZZCTE
- Kholod S.S., Konoreva L.A. 2022. Lichens in the polar deserts of the northern tip of the Novaya Zemlya archipelago. — *Doklady Biological Sciences*. 506: 212–238.
<https://doi.org/10.1134/S0012496622050052>
- Kukla G.J., Bender M.L., de Beaulieu J.-L., Bon C., Broecker W.C., Cleveringa P., Gavin J.E., Herbert T.D., Imbrie J., Jouzel J., Keigwin L.D., Knudsen K.-L., McManus J.F., Merkt J., Muhs D.R., Müller H., Poore R.Z., Porter S.C., Seret G., Shackleton N.J., Turner C., Tzedakis P.C., Vinograd I.J., 2002. Last interglacial climates. — *Quaternary research*. 58: 2–13.
<https://doi.org/10.1006/qres.2001.2316>
- Laukhin S.A., Chzhimin Tz., Pushkar' V.S., Cherepanova M.V. 2006. The last glaciation in the north of Eastern Chu-

- kotka and paleoceanography of the Northern Pacific. — *Doklady Akademii nauk*. 411 (3): 405–409 (In Russ.).
- Miller G.H., Brigham-Grette J., Alley R.B., Anderson L., Bauch H.A., Douglas M.S.V., Edwards M.E., Elias S.A., Finney B.P., Fitzpatrick J.J., Funder S.V., Herbert T.D., Hinsman L.D., Kaufman D.S., MacDonald D.M., Polyak L., Robock A., Serreze M.C., Smol J.P., Spielhagen R., White J.W.C., Wolfe A.P., Wolff E.W. 2010. Temperature and precipitation history of the Arctic. — *Quaternary science reviews*. 29: 1679–1715. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2010.03.001>
- Ramenskii L.G. 1971. *Izbranny'e raboty. Problemy' i metody' izucheniya rastitel'nogo pokrova*. [Selected works. Problems and methods of studying vegetation cover.]. Leningrad. 335 p. (In Russ.).
- Roux P.C., Virtanen R., Heikkinen R.K., Luoto M. 2012. Biotic interactions affect the elevational ranges of high-latitude plant species. — *Ecography*. 35 (11): 1048–1056. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2012.07534.x>
- Sher A.V. 1997. Prirodnaya perestroika v Vostochno-Sibirskoi Arktike na rubezhe pleystotsena i golotsena i ee rol' v vy'miranií mlekopitayushhikh i stanovlenii sovremenny'kh e'kosistem. [Natural restructuring in the East Siberian Arctic at the turn of the Pleistocene and Holocene and its role in the extinction of mammals and the formation of modern ecosystems]. — *Kriosfera Zemli. Soobshhenie 1*. 1 (1): 21–29. *Soobshhenie 2*. 1 (2): 3–11 (In Russ.).
- Shpolyanskaya N.A. 2015. Pleystotsen-golotsenovaya istoriya razvitiya kriolitozony' Rossiiskoi Arktiki "glazami" podzemny'kh l'dov. [Pleistocene-Holocene history of the development of the cryolithozone of the Russian Arctic through the "eyes" of underground ice.]. Moscow-Izhevsk. 344 p. (In Russ.).
- Tolmachev A.I. 1986. *Metody' sravnitel'noy floristiki i problemy' florigeneza*. Novosibirsk. [Methods of comparative floristics and problems of florogenesis]. Novosibirsk. 197 p. (In Russ.).
- Tregubov O.D. 2009. Geomorfologicheskie, morskíe i glaciologicheskie bar'ery' v istorii formirovaniya tundrovy'kh landshaftov Chukotki. [Geomorphological, marine and glaciological barriers in the history of the formation of tundra landscapes of Chukotka.]. In.: *Materialy mezhdunarodnoy nauchnoy konfrentsii, posvyashhennoi 100-letiyu so dnya rozhdeniya D.G. Panova*. Rostov-na-Donu. P. 327–330 (In Russ.).
- Turetsky M.R., Bond-Lamberty B., Euskirchen E., Talbot J., Frolking S., McGuire A.D., Tuittila E.-S. 2012. The resilience and functional role of moss in boreal and arctic ecosystems. — *The New Phytologist*. 196 (1): 49–67. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2012.04254.x>
- Van der Wal, Pearce I.S.K., Brooker R.W. 2005. Mosses and the struggle for in a nitrogen-polluted world. — *Oecologia*. 142 (2): 159–168. <https://doi.org/10.007/s00442-004-1706-0>
- Verkhovskaya N.B. 1986. Pleystotsen Chukotki. [Pleistocene of Chukotka.]. Vladivostok. 116 p. (In Russ.).
- Washburn A.L. 1988. *Geocryology*. Moscow. 384 p. (In Russ.).
- Young S.B. 1978. *Fitogeografiya severoamerikanskoy Arktiki*. [Phytogeography of the North American Arctic]. In.: *Arkticheskaya floristicheskaya oblast' (Doklady, zaslushanny'e na simpoziume "Floristicheskoe ogranichenie i razdelenie Arktiki" 8 VII 1975, Leningrad, XII Mezhdunarodny'i botanicheskii kongress*. Leningrad. P. 105–126 (In Russ.).
- Yurtsev B.A. 1981. Reliktovye stepnye komplekсы Severo-Vostochnoi Azii. (Problemy rekonstruktsii kriokseroticheskikh landshaftov Beringii). [Relict steppe complexes of Northeast Asia. (Problems of reconstruction of cryoxerotic landscapes of Beringia)]. Novosibirsk. 168 p. (In Russ.).

**MENEGAZZIA TEREBRATA (PARMELIACEAE)
НА СЕВЕРНОЙ ГРАНИЦЕ АРЕАЛА
(ЗАПОВЕДНИК “КИВАЧ”, РЕСПУБЛИКА КАРЕЛИЯ)**

© 2023 г. В. Н. Тарасова^{1,2,*}, А. В. Сони́на^{1,**}, В. И. Андросова^{1,***}

¹Петрозаводский государственный университет
ул. Ленина, 33, Петрозаводск, 185910, Россия

²Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН
ул. Профессора Попова, 2, Санкт-Петербург, 197022, Россия

*e-mail: tarasova1873@gmail.com

**e-mail: angella_sonina@mail.ru

***e-mail: vera.androsova28@gmail.com

Поступила в редакцию 14.03.2023 г.

После доработки 12.04.2023 г.

Принята к публикации 18.04.2023 г.

Исследование состояния ценопопуляций и особенностей экологии листоватого лишайника *Menegazzia terebrata* в сообществах заповедника “Кивач” выполнено на пробных площадях размером 625 м². Для каждой ценопопуляции определяли размер, число талломов, их онтогенетическое состояние, сопутствующие виды в лишайниковых синузиях. На территории Республики Карелия впервые за последние 80 лет обнаружены 4 местообитания *M. terebrata*. На основании литературных и собственных данных составлена карта распространения вида в Северной Европе. Обнаруженная популяция является самой северной из всех существующих в настоящее время на территории европейской части России. *M. terebrata* занимает вертикальные поверхности замшелых скал в лиственных лесах с давностью последнего пожара 93–120 лет. Выявлено 144 таллома *M. terebrata* общей площадью 1228 см², находящихся в прегенеративном (два варианта виргинильного состояния – v_1 , v_2) и постгенеративном (субсенильное – ss , сенильное – s) возрастных периодах. Ценопопуляции реализуют стратегию вегетативного размножения. Размеры талломов и преобладание виргинильных и субсенильных особей с обильными сораями говорят о высокой продолжительности существования, хорошей перспективе развития ценопопуляций и позволяют оценить состояние вида как нормальное. Существование на особо охраняемой территории, наличие подходящего субстрата, лесные сообщества с определенным микроклиматом (затенение, высокий уровень относительной влажности) создают необходимые условия для сохранения лишайника. Полученные результаты – основание для изменения статуса вида *M. terebrata* в Красной книге Республики Карелии с “0” (вероятно исчезнувший) на “1” (под угрозой исчезновения).

Ключевые слова: новые находки, Красная книга России, распространение, Северная Европа, тайга, экология популяций

DOI: 10.31857/S0006813623050101, **EDN:** YZSRNI

Менегазия пробуравленная (=продырявленная) (*Menegazzia terebrata* (Hoffm.) A. Massal.) – листоватый лишайник из семейства Parmeliaceae, порядка Lecanorales, класса Lecanoromycetes. Талломы формируют розетки до 10 см в диаметре, плотно прилегающие к субстрату. Лопасты на концах округленные, полые, разветвленные, до 2.5 мм шириной. Верхняя поверхность серая, серо-зеленая, часто становится коричневой вдоль края, гладкая, блестящая с округлыми, до 1 мм в диаметре, отверстиями. Сорали головчато- или манжетовидно разорваны, развиваются на краевых бугорках или на поверхности таллома. Нижняя поверхность очень складчатая, черная, голая, без ризин. Апотеции формируются редко (Rassadina, 1971; Westberg, Thell, 2011).

Вид встречается на всех континентах: в Европе (северная, средняя, атлантическая и восточная), Азии (Россия, Китай, Япония), Северной и Южной Америке, Африке, Австралии, а также на Мадагаскаре и Гавайских островах. В Европе распространён преимущественно в центральной части и на территории морских побережий. В Северной Европе вид отмечен в Прибалтике

(Литва, Латвия, Эстония) (Trass, 1998; Štikāne et al., 2017; Randlane et al., 2008) и Скандинавии (южные и центральные районы Финляндии, Швеции и Норвегии) (Westberg, Thell, 2011). На территории России выявлен в европейской части, на Кавказе, Урале, в Западной Сибири, но особенно широко распространен на Дальнем Востоке и Сахалине (Chabanenko, 2002; Ezhkin, Tsyrendorzhieva, 2012; Skirina, 2013; Rodnikova, 2020; Ezhkin, 2020; Motorikina, 2022).

Находки *M. terebrata* на Северо-Западе России отмечены в Калининградской (Ohlert, 1870; Lettau, 1912), Ленинградской (Himmelbrant, Andersson, 2008; Материалы гербария Н; Wei, 1962a; Wei, 1962b; Glazkova et al., 2018), Псковской (Savich, 1913; Istomina, Likhacheva, 2011), Новгородской (Savich, 1914; Polyanskaya et al., 1937; Kataeva, 2002) областях, известна одна находка в Республике Коми (Гербарий Института биологии Коми НЦ УрО РАН (SYKO) (Krasnaya... Komi, 2019). Несмотря на наличие вида во второй редакции региональной Красной книги Архангельской обл. (Red... Arkhangelsk..., 2008), местонахождения *M. terebrata* в регионе не известны.

Большинство находок в Европейской России имеют более чем 50-летний срок давности. Так, в соседней Ленинградской области местонахождения этого, ранее довольно широко распространенного вида, сохранились только в границах заказника “Кургальский” (Glazkova et al., 2018). Единственное местообитание вида в Республике Коми уничтожено в результате вырубок, а специальные поиски новых мест произрастания вида в аналогичных сообществах республики пока не принесли успеха (Krasnaya... Komi, 2019).

M. terebrata — стенотопный вид, для которого разнообразие подходящих биотопов ограничено, и поэтому нарушение местообитаний под влиянием природных и антропогенных факторов является основной причиной сокращения численности вида. Вид внесен в Красные книги большинства европейских стран (Белоруссия, Польша, Эстония, Латвия, Литва, страны Скандинавии и др.) со статусом “EN” (endangered, в опасности, или исчезающий вид) и в Красную книгу Российской Федерации (Krasnaya... Rossiyskoy..., 2008) со статусом “3” как таксон, с сокращающейся численностью в результате изменения условий существования. В Красных книгах Ленинградской (Krasnaya... Leningradskoy..., 2018) и Псковской (Krasnaya... Pskovskoy..., 2014) областей *M. terebrata* имеет статус вида, находящегося под угрозой исчезновения (CR, 1), в Новгородской области (Krasnaya... Novgorodskoy..., 2015) — статус уязвимого вида (3). В Красные книги Рес-

публики Коми (Krasnaya... Komi, 2019) и Республики Карелия (Red... Karelia, 2007) вид внесен со статусом “0” (вероятно исчезнувший).

На территории Республики Карелии зарегистрировано самое северное местообитание *M. terebrata* в Европейской России. Вид отмечен в средней и южной Карелии в середине XIX—сердине XX вв.: в 7 пунктах на северном побережье Ладожского озера (Nylander, 1866; Räsänen 1939; Alhner, 1941) и в 3 пунктах в Кондопожском районе (Norrlin, 1876; Vereshchagin et al., 1921). После этого находки вида на территории республики не регистрировались. В 2022 году состоялась экспедиция в западную, малообследованную часть территории государственного природного заповедника “Кивач” (Кондопожский район Республики Карелия), в ходе которой были обнаружены новые для территории Карелии местообитания охраняемого вида *M. terebrata*.

Целью настоящего исследования была оценка состояния ценопопуляций и особенностей экологии *M. terebrata* в сообществах заповедника “Кивач”.

ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЯ

Государственный природный заповедник “Кивач” образован в 1931 г., располагается в центральной Карелии, Кондопожском административном районе (62.267693° N, 33.981351° E) между крупными озерами Сундозеро, Мунозеро, Пертозеро и долиной р. Суна, занимает площадь около 110 км², протяженностью с севера на юг 12 км, с запада на восток — 14 км (рис. 1).

Территория заповедника “Кивач” расположена в юго-восточной части Балтийского кристаллического щита, в западной части Заонежского сельского района (Biske, 1959). Здесь представлены почти все генетические типы рельефа, свойственные юго-восточной Фенноскандии — структурно-денудационный, ледниковый и водно-ледниковый. Фундамент, сложенный докембрийскими горными породами возрастом от 2.2 до 1.7 млрд лет, перекрывается рыхлыми четвертичными отложениями в виде морен (смесь валунов, гравия и песка), занимающих до 60% площади заповедника, флювиогляциальных (пески) и озерно-ледниковых (супеси, глины, сапропель) структур (Demidov et al., 2006; Kulikov, Kulikova, 2008). Последний поздневалдайский ледниковый покров отступил около 11500 лет назад, но большая часть заповедника оставалась перекрытой водами древнего Онежского озера до середины бореального периода — 9000—8500 лет (Demidov et al., 2006). Основные черты рельефа — чередование узких и длинных, ориентированных с северо-запада на юго-восток, гряд, сложенных преимущественно твер-

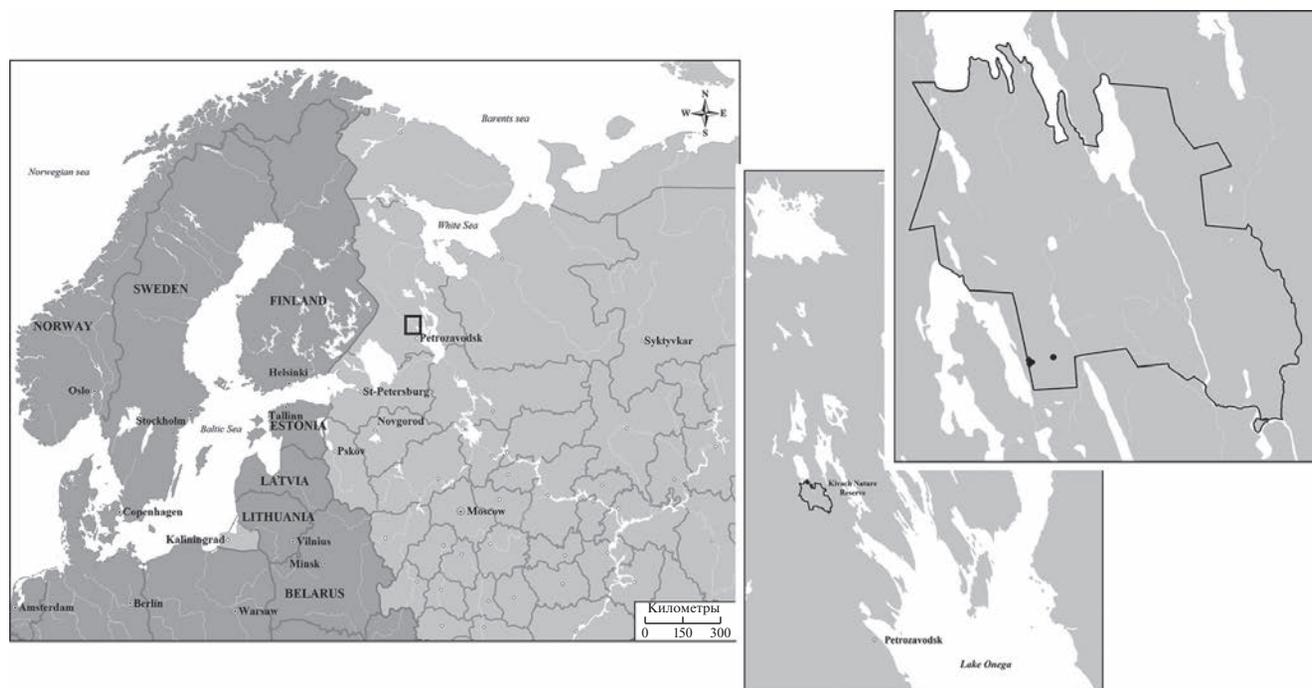


Рис. 1. Местоположение территории государственного заповедника “Кивач”.

Fig. 1. Location of the Kivach State Nature Reserve.

дыми дочетвертичными породами, с узкими понижениями с озерами или заливами Онежского озера; поверхность гряд на более возвышенных участках обнажена в результате древних тектонических процессов (складкообразованием и разломами) (Yakovlev, 1969).

Наиболее возвышенной частью территории заповедника (161 м над ур. м.) является Мунозерский кряж – водораздел между оз. Мунозеро и оз. Пертозеро. Кряж представляет собой куполообразную скалистую гряду, сложенную магматическими горными породами – габбро-долеритами, на которой бараны лбы образуют прерывистую цепь скал, возвышающихся над верхней частью кряжа на 10–30 м (Demidov et al., 2006).

Климат характеризуется продолжительной, относительно мягкой зимой и коротким прохладным летом, значительной облачностью, высокой влажностью и достаточным количеством осадков в течение всего года. Среднегодовая температура составляет 2.4°C; среднегодовое количество осадков – 619 мм. Эти условия климата обусловлены географическим, главным образом широтным, положением территории, близостью Балтийского, Белого и Баренцева морей и господством западного переноса воздушных масс (Ivanter, Tikhomirov, 1988).

Компонентный состав почвенного покрова представлен примитивными, подзолистыми, лесированными, буроземными, дерново-глебовыми,

торфяными типами (Fedorets et al., 2006). На наиболее высоких формах рельефа – вершинах сельг – сформировались фрагментарные почвы начальных стадий почвообразования, тогда как на их склонах – слаборазвитые, примитивные и мало развитые подзолы (Ivanter, Tikhomirov, 1988).

Территория заповедника находится в средне-таежной подзоне, относится к Заонежскому флористическому району (Ramenskaya, 1983) и к биогеографической провинции *Karelia onegensis* (Kon) согласно классификации финских ботаников (Mela, Cajander, 1906; Heikinheimo, Raatikainen, 1971). Растительность имеет типичный таежный облик, ее особенность – неоднородность и высокий уровень видового богатства, что обусловлено с одной стороны физико-географическим разнообразием территории, а с другой – длительной историей формирования современной флоры послеледникового периода и относительной старовозрастностью представленных лесных массивов (Ivanter, Tikhomirov, 1988). Преобладают хвойные леса естественного происхождения, сформированные сосной обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) и елью европейской (*Picea abies* (L.) Karst.). Среди коренных лиственных ассоциаций доминируют травяно-заболоченные березняки и черноольшаники (Zyabchenko et al., 1994).

Несмотря на небольшую площадь заповедника, его природные комплексы характеризуются высоким разнообразием видов флоры и фауны. Так, флора сосудистых растений заповедника на-

считывает более 790 видов (Kucherov et al., 2006). Лихенофлора составляет 379 видов (Tarasova et al., 2021) и является одной из самых богатых локальных лихенофлор Карелии — здесь произрастает почти 30% видового разнообразия лишайников республики (Fadeeva et al., 2007).

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Экспедиция в западную часть заповедника “Кивач”, в район Мунозерского кряжа, состоялась в мае 2022 г. Полевые исследования выполнены маршрутным и геоботаническим методами. Маршруты предварительно разрабатывались при помощи спутниковой карты и карты лесонасаждений с целью максимального охвата района исследований и типов растительности. В ходе работы были заложены пробные площади (ПП) размером 625 м², для каждой из которых фиксировали: географическое положение, координаты GPS, высоту над уровнем моря, тип сообщества, сомкнутость крон (%), относительную сумму площадей поперечных сечений стволов древостоя (м²га⁻¹) с учетом породного состава, доминантные виды напочвенного покрова, таксационные параметры древостоя (возраст, высота, диаметр ствола), давность нарушения (дендрохронологическим методом при помощи возрастного бурава). На пробных площадях фиксировали наличие всех типов субстратов и сплошным методом выявляли полное видовое разнообразие лишайников.

Всего было заложено и описано 8 пробных площадей, на 4 из которых обнаружен вид *M. terebrata* (табл. 1). В месте произрастания лишайника отмечали: размер субстрата (скального выхода), экспозицию к сторонам света, угол наклона поверхности субстрата (горным компасом). Для каждой ценопопуляции определяли размер — площадь покрытия на поверхности субстрата (см²), число талломов, их онтогенетическое состояние, а также сопутствующие виды в лишайниковых синузиях. Онтогенетическое состояние таллома определяли на основе схемы онтогенеза, разработанной для крупнолистоватого лишайника *Lobaria pulmonaria* (L.) Hoffm. (Ignatenko et al., 2020).

Определение видов выполнено в лаборатории кафедры ботаники и физиологии растений Петрозаводского государственного университета (ПетрГУ) согласно общепринятой в лихенологии методике: с использованием бинокля (Микромед МС2), микроскопа (МИКМЕД-6), ультрафиолетовой камеры (САМАГ UV Cabinet 4) и набора стандартных реактивов. В ходе исследования проанализировано ~2000 образцов лишайников. Коллекция хранится в гербарии ПетрГУ (PZV).

Названия видов лишайников даны в соответствии с базой Index Fungorum.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате проведенных исследований было обнаружено 4 местообитания вида *M. terebrata*, которые находятся в западной части заповедника, в пределах Мунозерского кряжа на высоте 134–147 м над ур. м. (рис. 1). Три точки (ПП 11, 12, 14) располагаются на западном склоне возвышенности, на расстоянии всего 100–130 м друг от друга, тогда как четвертая (ПП 10) — на восточной оконечности кряжа, в ~800 м от вышеупомянутых.

Местообитание выявленной популяции хорошо ложится в границы распространения вида, установленные по находкам середины XIX—начала XX вв. (Norrlin, 1876; Vereshchagin et al., 1921). Ближайшими к настоящим точкам (табл. 1) являются исторические упоминания о трех находках вида: южнее на ~13 км — мыс Пертнаволоок оз. Пертозера и ~23 км — в окр. д. Суна (Norrlin, 1876), а также восточнее на ~25 км — на побережье оз. Сандал (Vereshchagin et al., 1921).

На основе собственных и литературных данных была составлена карта распространения *M. terebrata* в северной Европе (рис. 2). Есть мнение, что вид имеет монтанное и субмонтанное распространение (Wirth, 1995), однако анализ исторического и современного ареала вида скорее свидетельствует об его океаническом распространении, по крайней мере, в Европе. Что касается широтной составляющей ареала, то вид определенно тяготеет к неморальным и южно-таежным лесам.

На территории Северо-Запада России вид в прошлом встречался гораздо чаще. Так, более 50 лет назад он был известен из 16 пунктов, в настоящее время известны данные о местонахождении *M. terebrata* только из 6 пунктов, время обнаружения которых не превышает 30 лет (рис. 2).

Настоящая находка вида на территории Карелии по широтному положению является самой северной среди современных в европейской части России. Ближайшая к ней находка отмечена в 2007 году в ~430 км южнее, в окр. д. Липово Кингисеппского р-на Ленинградской обл. в трех расположенных близко друг от друга местонахождениях (Glazkova et al., 2018) (рис. 2).

Местонахождения вида в заповеднике “Кивач” были обнаружены в четырех сообществах двух лесных формаций: три — в осинниках и одно — в черноольшанике (табл. 1). Черноольшаник болотно-травяной (ПП 10) произрастает по восточному краю Мунозерского кряжа, имеет сумму сечений стволов древостоя 26.5 м² га⁻¹ и сомкнутость крон 45%. Древостой на 58% сложен ольхой черной, а также березой (42%), с единичным участием ели. Диаметр стволов деревьев ольхи достигает 40 см, высота — 27 м. В напочвенном покрове доминируют таволга вязолистная (*Filipen-*

Таблица 1. Характеристика изученных лесных сообществ заповедника "Кивач"
Table 1. Characteristics of studied forest communities of the Kivach State Nature Reserve

№ ПП No. sample plot	Координаты GPS coordinate	Высота над ур. м. Alt., m. a. s. l.	Тип леса Forest type	Относительная сумма площадей поперечных сечений стволов деревьев, м ² га ⁻¹ Basal area, m ² ha ⁻¹	Сомкнутость крон, % Crown density, %	Формула древостоя, % Proportion of species in tree stand, %	Высота деревьев, м Height of trees, m	Давность последнего нарушения (пожара), число лет Time since last disturbance (fire), yrs.
10	62° 15' 18.6" N, 33° 53' 17.8" E	138	Черноольшаник болотно-травяной Paludified floodplain herb- rich black alder forest	26.5	45	58Al 42B S	B – 20 S – 19 Al – 27	93
11	62° 15' 12.8" N, 33° 52' 24.9" E	140	Осинник разнотравный скальный Aspen rocky herb-rich forest	23	50	31As 30B 17S 15P 7W	B – 28 S – 23 W – 18 As – 31 P – 29	115
12	62° 15' 10.9" N, 33° 52' 18.9" E	134	Осинник черничный зеленомошный скальный Aspen rocky forest of blue- berry-feather mosses type	22	75	52As 23S 20B 5P	B – 29 S – 22 As – 27 P – 30	111
14	62° 15' 15.5" N, 33° 52' 17.0" E	147	Осинник черничный зеленомошный скальный Aspen rocky forest of blue- berry-feather mosses type	25.5	65	55As 24B 12S 9P	B – 34.5 S – 34 As – 37	118

Примечание. Названия видов деревьев указаны следующими буквенными обозначениями: S – ель, B – береза, As – осина, W – ива козья (*Salix caprea* L.), P – сосна, Al – ольха черная (*Alnus glutinosa* (L.) Gaerth.).
Note. Tree species are indicated by the following letters: S – spruce, B – birch, As – aspen, W – willow (*Salix caprea* L.), P – pine, Al – black alder (*Alnus glutinosa* (L.) Gaerth.).



Рис. 2. Распространение вида *Menegazzia terebrata* на территории Северо-Запада России и в странах Северной Европы: черные точки – находки вида >50-ти лет назад, зеленые точки – находки вида <50-ти лет назад; синие точки – без учета даты находки.

Fig. 2. Distribution of *Menegazzia terebrata* in the territory of the North-Western Russia and in the countries of Northern Europe: black dots – species records more than 50 years ago, green dots – species records less than 50 years ago; blue dots – without the date of record.

dula ulmaria (L.) Maxim.), щитовник игольчатый (*Dryopteris carthusiana* (Vill.) Н.Р. Fuchs), хвощ лесной (*Equisetum sylvaticum* L.) и представители семейств осоковые (Cyperaceae) и злаковые (Poaceae). Давность последнего нарушения (предположительно, пожара) составляет 93 года. Согласно датировкам торфа (Kutenkov, 2006) сообщество с черной ольхой развилось здесь около 6400 лет назад, во время потепления в Атлантическом периоде голоцена.

Осиновые леса представлены разнотравным (ПП 11) и черничным зеленомошным (ПП 12, 14) типами леса и произрастают на западном склоне Мунозерского кряжа. Сумма сечений древостоя составляет 22–25.5 м²га⁻¹, сомкнутость крон – 50–75%. Древостои данных сообществ имеют

сложную видовую структуру, с участием осины (35–55%), березы (20–30%), ели (12–23%), сосны (5–15%) и иногда ивы козьей (до 7%). Деревья осины имеют максимальный диаметр 30–40 см и достигают 27–37 м в высоту. В напочвенном покрове с наибольшим покрытием встречаются черника (*Vaccinium myrtillus* L.), брусника (*Vaccinium vitis-idaea* L.), вейник лесной (*Calamagrostis arundinacea* (L.) Roth), щитовник иглистый, ожика волосистая (*Luzula pilosa* (L.) Willd.). Зеленые мхи занимают до 90% покрытия в мохово-лишайниковом ярусе. Давность нарушения (пожар), установленная для этих трех сообществ, составляет 111–118 лет (табл. 1). Учитывая небольшое расстояние между изученными сообществами и возможность ошибки при датировке пожара, мы



Рис. 3. Местообитания и синузии с участием *Menegazzia terebrata*: 1 – вертикальная поверхность скального выхода, 2 – синузии.

Fig. 3. Habitats and synusia with participation of *Menegazzia terebrata*: 1 – vertical surface of rocky outcrop, 2 – synusia.

предполагаем, что весь данный массив был пройден одним пожаром ~120 лет назад.

Все находки *M. terebrata* зарегистрированы только на одном типе субстрата – скальных выходах габбро-долеритов (рис. 3). Мы предполагаем, что этот неморальный вид лишайника появился на данной территории в теплом атлантическом периоде голоцена, примерно тогда же, когда здесь развились болотно-травяные черноольшаники (Kutenkov, 2006).

Известно, что *M. terebrata* является специализированным видом ненарушенных старовозрастных хвойных, березовых, черноольховых и смешанных лесов поздних стадий сукцессии (Anders-

son et al., 2009). В более южных районах вид предпочитает селиться на коре хвойных и лиственных деревьев (Andersson et al., 2009), однако на северном краю ареала, по-видимому, наиболее подходящим субстратом для него являются замшелые, влажные, затененные поверхности скальных выходов в лесах. Считается, что вид чувствителен к изменениям гидрологического режима и структуры древостоя лесных местообитаний (Andersson et al., 2009). Произрастание *M. terebrata* в сообществах с относительно небольшой (не превышающей 120 лет) давностью нарушения, вероятно, объясняется хорошей сохранностью больших по площади влажных, вертикальных скальных выходов,



Рис. 4. Талломы *Menegazzia terebrata* разных онтогенетических состояний: 1 – виргинильное 1 ($v1$), 2 – виргинильное 2 ($v2$), 3 – субсенильное (ss), 4 – сенильное (s).

Fig. 4. *Menegazzia terebrata* thalli of different ontogenetic states: 1 – virginile 1 ($v1$), 2 – virginile 2 ($v2$), 3 – subsenile (ss), 4 – senile (s).

не покрытых обильной растительностью, которые не были затронуты прямым влиянием огня во время последнего пожара.

В целом проанализировано состояние ценопопуляций *M. terebrata* на семи скальных фрагментах площадью 29 м², на которых выявлено 144 таллома лишайника с общей площадью покрытия 1228 см². Установлено, что чаще всего вид заселяет замшелые скальные выходы северных, а также восточных и западных экспозиций.

Изучение морфологии талломов показало, что все они могут быть отнесены к четырем вариантам онтогенетического состояния (табл. 2, рис. 4), от-

носящимся к двум возрастным периодам: прегенеративному (два варианта виргинильного состояния с органами вегетативного размножения – сораями и без них) (рис. 4.1, 4.2) и постгенеративному – субсенильное (с фрагментацией таллома в результате отмирания центральной части) и сенильное (с пятнами некрозов на талломе) (рис. 4.3, 4.4) состояния. Талломы ювенильного и имматурного состояний прегенеративного периода, которые характеризуются начальными этапами формирования морфологических структур таллома, не были обнаружены, вероятно, по причине небольших размеров и трудности их идентификации. Гене-



Рис. 4. Окончание

ративные талломы в изученной выборке также отсутствуют. Как известно, плодовые тела у *M. terebrata* образуются довольно редко (Westberg, Thell, 2011). Данные ценопопуляции реализуют стратегию вегетативного размножения, о чем свидетельствует наличие сорелей и фрагментация таллома. Мы предполагаем, что в изученных ценопопуляциях наблюдается постепенный переход от виргинильного состояния к субсенильному и, в последствии, к сенильному без генеративной стадии, по аналогии с другим листоватым

лишайником, редко образующим плодовые тела — *Lobaria pulmonaria* (Ignatenko et al., 2020).

В условиях черноольшаника (ПП 10) на одном скальном фрагменте встречен 41 таллом *M. terebrata* общей площадью 406 см². Талломы находятся в виргинильном (v_2) и субсенильном онтогенетических состояниях и имеют среднюю площадь 10 см². В осиннике разнотравном (ПП 11) на трех скальных фрагментах выявлено 47 талломов общей площадью 270 см², находящихся в вирги-

Таблица 2. Онтогенетические состояния *Menegazzia terebrata* в изученных сообществах
Table 2. Ontogenetic states of *Menegazzia terebrata* in the studied communities

Онтогенетическое состояние Ontogenetic state	Признаки Characteristics	Число талломов Number of thalli
Виргинильное 1 (v_1) Virginile 1 (v_1)	Таллом имеет характерную взрослую форму, хорошо сформированные лопасти и перфорации; стерильный, без репродуктивных структур Thallus has a characteristic adult shape, well-formed lobes and perforations; sterile, without reproductive structures	18
Виргинильное 2 (v_2) Virginile 2 (v_2)	Таллом с многочисленными головчатыми ламинальными и маргинальными соралиями Thallus with numerous capitata laminal and marginal soralia	99
Субсенильное (ss) Subsenile (ss)	Таллом с разрушенной центральной частью Thallus with destroyed central part	21
Сенильное (s) Senile (s)	Распад крупного таллома, наличие некротических образований Decay of large thallus, the presence of necrotic formations	6
Всего талломов Total amount of thalli		144

нильном (v_2) и субсенильном (ss) онтогенетических состояниях (табл. 2, 3). Большинство субсенильных талломов фрагментированы в результате отмирания центральной части; размер фрагментов варьирует от 6–7 см² (северная экспозиция) и 3 см² (западная экспозиция). Наибольшее число талломов обнаружено в осиннике черничном зеленомошном (ПП 12): на двух скальных фрагментах здесь произрастает 53 таллома общей площадью 490 см². На склонах разных экспозиций выявлены талломы разного онтогенетического спектра. На северо-восточном склоне – 28 талломов, находящихся в виргинильном (v_1 , v_2) и субсенильном (ss) онтогенетических состояниях со средней площадью 7 см². На склоне северо-западной экспозиции талломы более крупные (средняя площадь 12 см²) и находятся в субсенильном (ss) и сенильном (s) онтогенетических состояниях. В другом сообществе данного типа леса (ПП 14) зарегистрировано наименьшее число талломов – 30, общей площадью 62 см². Все талломы виргинильного (v_1 , v_2) состояния и имеют средние размеры всего 2 см² (табл. 3). Более крупные талломы находятся в виргинильном 2 (v_2) состоянии, а самые мелкие соответствуют состоянию v_1 .

M. terebrata тяготеет к более затененным и увлажненным условиям, занимая вертикальные поверхности (угол наклона в месте обитания составляет 0, реже +5–7°) скал. Лишайник встречается в сообществах с мохообразными, в лишайниковых синузиях с типичными видами тенистых местообитаний: *Lepraria* sp., *Cystocoleus ebeneus*, *Peltigera* sp. В целом синузии сложные (включают

лишайники разных жизненных форм), маловидовые. Вид, произрастая среди дернинок мохообразных, обеспечивает себе нужный режим влажности и практически не контактирует с талломами накипных (*Ochrolechia* sp., *Porpidia macrocarpa*) и листоватых (*Parmelia saxatilis*, *Cetrelia cetrarioides*) лишайников, не включаясь в конкурентные с ними отношения. Избегание конкуренции и медленный рост *M. terebrata* отмечены ранее авторами, изучавшими начальные этапы развития талломов из соралей на гладкой коре деревьев (Zoller et al., 2000), которые обращают внимание на то, что для этого вида важнее установить прочную связь с субстратом и удерживать дождевой сток, то есть обеспечить себе благополучие в абиотической среде.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполненное исследование в пределах Мунозерского кряжа на территории государственного природного заповедника “Кивач” позволило выявить самое северное на Северо-Западе России современное нахождение популяции вида *M. terebrata*. На северном краю ареала наиболее подходящим субстратом для него являются замшелые, влажные, затененные поверхности скальных выходов в листовенных лесах (черноольшаниках и осинниках). Выявленные ценопопуляции в пределах кряжа включают ~144 таллома, площадью 1228 см² и, по-видимому, представляют одну из самых крупных известных современных популяций вида на Северо-Западе России. Размеры талломов и

Таблица 3. Условия местобитания и состояние популяций *Menegazzia terebrata* на обследованных скальных выходах
 Table 3. Habitat conditions and the state of *Menegazzia terebrata* coenopopulations on the studied rock outcrops

№ ПП/ скального выхода No. of sample plot/ rock outcrop	Экспозиция скального выхода; размер (длина × × высота, м) Exposure of rock outcrop; size (length × height, m)	Угол наклона, градусы Angle of slope, degree	Общая площадь талломов, см ² Total area of thalli, cm ²	Число талломов/ онтогенетическое состояние Number of thalli / ontogenetic state	Средняя площадь таллома, см ² Average thallus area, cm ²	Сопутствующие виды Associated species
10/1	E; 2 × 3	0, +5	406	41/v ₂ , ss	10	<i>Ochrolechia</i> sp.
11/1	N; 2.2 × 0.55	0	133	19/v ₂ , ss	7	Мохообразные (mosses), <i>Cladonia</i> sp., <i>Cystocoleus ebeneus</i> (Dillwyn) Thwaites, <i>Hypogymnia vittata</i> (Ach.) Parrique, <i>Lepraria</i> sp.
11/2	N; 4.5 × 1.5	0	115	20/v ₂ , ss	6	<i>Cetrelia cetrarioides</i> (Duby) W.L. Culb. et C.F. Culb., <i>Cystocoleus ebeneus</i> , <i>Lepraria</i> sp., <i>Ochrolechia</i> sp., <i>Parmelia saxatilis</i> (L.) Ach.
11/3	W; 1.3 × 2	0	22	8/ss	3	Мохообразные (mosses), <i>Cystocoleus ebeneus</i> , <i>Hypogymnia vittata</i> , <i>Lepraria</i> sp., <i>Ochrolechia</i> sp., <i>Porpidia macrocarpa</i> (DC.) Hertel & A.J. Schwab
12/1	N-E; 2 × 2	0	200	28/v ₁ , v ₂ , ss	7	Мохообразные (mosses), <i>Cladonia</i> sp., <i>Lepraria</i> sp., <i>Ochrolechia</i> sp.
12/2	N-W; 2 × 1.2	0	290	25/ss, s	12	<i>Cystocoleus ebeneus</i> , <i>Diploschistes muscorum</i> (Scop.), <i>Lepraria</i> sp., <i>Ochrolechia</i> sp., <i>Parmelia saxatilis</i> , <i>Peltigera aphthosa</i> (L.) Willd.
14/1	N-E; 4 × 1.5	+7	62	30/v ₁ , v ₂	2	Мохообразные (mosses), <i>Diploschistes muscorum</i> , <i>Lepraria</i> sp., <i>Ochrolechia</i> sp.

Примечание: E – восток; N – север; W – запад; N-E – северо-восток; N-W – северо-запад.
 Note: E – east; N – north; W – west; N-E – northeast; N-W – northwest.

онтогенетическое состояние с преобладанием хорошо развитых виргинильных и субсенильных особей с обильными сораями говорит о продолжительности существования, хорошей перспективе развития и позволяет оценить состояние ценопопуляций вида как нормальное. Наличие подходящего субстрата, лесные сообщества определенного типа, существование на особо охраняемой территории создают необходимые условия — затенение, высокий уровень относительной влажности, защита от антропогенного вмешательства, для сохранения вида. Данные, полученные в ходе проведенного исследования, являются основанием изменения статуса вида *M. terebrata* в Красной книге Республики Карелии с категории “0” (вероятно исчезнувший) на “1” (под угрозой исчезновения).

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают сердечную благодарность администрации ФГБУ “Государственный природный заповедник “Кивач” и лично О.В. Фоминой, А.П. Кутенкову, а также государственным инспекторам — А.Ю. Плеханову и Д.В. Ленину за всестороннюю помощь в организации и проведении научных исследований на территории заповедника. Благодарим М.А. Шредерс за помощь в создании картографического материала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Ahlner S. 1941. Einige Flechtenfunde aus Karelien. — Svensk. Bot. Tidskr. 35 (3): 262–270.
- [Andersson et al.] Андерссон Л., Алексеева Н.М., Кузнецова Е.С. (ред.). 2009. Выявление и обследование биологически ценных лесов на Северо-Западе европейской части России. Т. 2: Пособие по определению видов, используемых при обследовании на уровне выделов. СПб. 258 с.
- [Biske] Бискэ Г.С. 1959. Четвертичные отложения и геоморфология Карелии. Петрозаводск. 321 с.
- [Chabanenko] Чабаненко С.И. 2002. Конспект флоры лишайников юга российского Дальнего Востока. Владивосток. 232 с.
- [Demidov et al.] Демидов И.Н., Лукашов А.Д., Ильин В.А. 2006. Рельеф заповедника “Кивач” и история геологического развития северо-западного Прионежья в четвертичном периоде. — Труды КарНЦ РАН. 10: 22–33.
- [Ezhkin] Ежкин А.К. 2020. Лишайники памятника природы “Высокогорья горы Чехова” (остров Сахалин). — Биота и среда заповедников Дальнего Востока. 4: 25–38. <https://doi.org/10.25808/26186764.2020.97.66.002>
- [Ezhkin, Tsyrendorzhieva] Ежкин А.К., Цырендоржиева О.Ж. 2012. Условия обитания и распространение рода *Menegazzia* A. Massal. в южной части острова Сахалин. — Изв. СамНЦ РАН. 14 (1–7): 1727–1730.
- [Fadееva et al.] Фадеева М.А., Голубкова Н.С., Витикайнен О., Ахти Т. 2007. Конспект лишайников и лишенофильных грибов республики Карелия. Петрозаводск. 194 с.
- [Fedorets et al.] Федоренко Н.Г., Морозова Р.М., Бахмет О.Н., Солодовников А.Н. 2006. Почвы и почвенный покров заповедника “Кивач”. — Труды КарНЦ РАН. 10: 131–152.
- [Glazkova et al.] Глазкова Е.А., Гимельбрант Д.Е., Степанчикова И.С., Доронина А.Ю., Гинзбург Э.Г., Потемкин А.Д., Дорошина Г.Я., Андреев М.П. 2018. Ценные ботанические объекты заказника “Кургальский” (Ленинградская область). 1. Редкие и охраняемые виды. — Труды КарНЦ РАН. Сер. Биогеография 8: 37–60. <https://doi.org/10.17076/bg767>
- Heikinheimo O., Raatikainen M. 1971. Paikan ilmoittamiin Suomesta talletetuissa biologisissa aineistoissa. — Ann. Ent. Fenn. 37 (1a): 1–27.
- Himelbrant D.E., Andersson L. 2008. Lichens of biologically valuable territory Kurgal’sky Peninsula, Leningrad Region. — In: XVII Symp. of the Baltic Mycologists and Lichenologists. Estonia, Saaremaa, Mändjala, 17–21 September. Abstracts. Tartu. P. 19–20.
- Ignatenko R.V., Tarasova V.N., Markovskaya E.F. 2020. Ontogenesis of the Lichen *Lobaria pulmonaria* (L.) Hoffm. in Plant Communities of the Boreal Zone. — Russian Journal of Developmental Biology. 51 (2): 115–124. <https://doi.org/10.1134/S1062360420020046>
- Index Fungorum. 2008–2011. <http://www.indexfungorum.org> IPNI: The International Plant Names Index. 2012. <http://www.ipni.org> (Accessed 08.03.2023).
- [Istomina, Likhacheva] Истомина Н.Б., Лихачева, О.В. 2011. Лишайники государственного мемориально-историко-литературного и природно-ландшафтного музея-заповедника А.С. Пушкина “Михайловское” (Псковская область). — Вестник Балтийского федерального ун-та им. И. Канта. Серия Естественные и медицинские науки. 7: 139–147.
- [Ivanter, Tikhomirov] Ивантер Э.В., Тихомиров А.А. 1988. Заповедник “Кивач”. — В кн.: Заповедники СССР. Заповедники европейской части РСФСР. I. М. С. 100–128.
- [Kataeva] Катаева (Катенина) О.А. 2002. Аннотированный список видов лишайников Новгородской области. — Новости сист. низш. раст. 36: 114–143.
- [Krasnaya... Leningradskoy...] Красная книга Ленинградской области. Объекты растительного мира. 2018. СПб. 847 с.
- [Krasnaya... Novgorodskoy...] Красная книга Новгородской области. 2015. СПб. 479 с.
- [Krasnaya... Pskovskoy...] Красная книга Псковской области. 2014. Псков. 543 с.
- [Krasnaya... Komi] Красная книга Республики Коми. 2019. Сыктывкар. 768 с.
- [Krasnaya... Rossiyskoy...] Красная книга Российской Федерации (растения и грибы). 2008. М. 885 с.

- [Kuchеров et al.] Кучеров И.Б., Кутенков С.А., Скороходова С.Б. 2006. Сосудистые растения заповедника “Кивач”: дополнения и уточнения к аннотированному списку видов. — Труды Государственного природного заповедника “Кивач”. 3: 156–159.
- [Kulikov, Kulikova] Куликов В.С., Куликова В.В. 2008. Геологическое строение докембрийского фундамента территории заповедника “Кивач”. — Геология и полезные ископаемые Карелии. 11: 103–118.
- [Kutenkov] Кутенков С.А. 2006. Болотные леса заповедника “Кивач”. — Труды Государственного природного заповедника “Кивач”. 3: 107–120.
- Lettau G. 1912. Beiträge zur Lichenenflora von Ost- und Westpreußen. — Festschriften des Preußischen Botanischen Vereins zu Königsberg. 53: 17–91.
- Mela A.J., Cajander A.K. 1906. Suomen kasvio. Helsinki. 763 p.
- [Motorikina] Моторыкина Т.Н. 2022. Новое местонахождение, оценка состояния и риски исчезновения охраняемого вида лишайника *Menegazzia terebrata* (Parmeliaceae) в Хабаровском крае. — Региональные проблемы. 25 (2): 56–61. <https://doi.org/10.31433/2618-9593-2022-25-2-56-61>
- Norrin J.P. 1876. Flora Kareliae Onegensis. II. Lichens. — Medd. Soc. Fauna et flora fennica. 1: 1–46.
- Nylander W. 1866. Lichenes Lapponianae orientalis. — Ibid. 8 (5): 101–192.
- Ohlert A. 1870. Zusammenstellung der Lichenen der Provinz Preussen. — Schriften der Phys.-ökon. Gesellschaft zu Königsberg i. Pr. 11: 1–51.
- [Polyanskaya et al.] Полянская О.С., Корнилов М.Ф., Трутнев А.Г. 1937. Почвенно-геоботанические исследования на территории колхозов Крестецкого района Ленинградской области. — Труды Ботанического института Академии наук СССР. Сер. 3. Геоботаника. 2: 491–608.
- [Ramenskaya] Раменская М.Л. 1983. Анализ флоры Мурманской области и Карелии. Л. 213 с.
- Randlane T., Jürjado I., Suija A., Lõhmus P., Leppik E. 2008. Lichens in the new Red List of Estonia. — Folia Cryptogamica Estonica. 44: 113–120.
- [Rassadina] Рассадина К.А. 1971. Семейство Parmeliaceae. — В кн.: Определитель лишайников СССР. Вып. 1. Пертузариевые, Леканоровые, Пармелиевые. Л. С. 282–386.
- Räsänen V. 1939. Die Flechtenflora der nördlichen Küstengegend am Laatokkasee. — Annales Botanici Societatis Zoologicae-Botanicæ Fennicæ “Vanamo”. 12(1): 1–240.
- [Red... Arkhangelsk...] Красная книга Архангельской области. 2008. Архангельск. 351 с.
- [Red... Arkhangelsk...] Красная книга Архангельской области. 2020. Архангельск. 478 с.
- [Red... Karelia] Красная книга Республики Карелия. 2007. Петрозаводск. 368 с.
- [Rodnikova] Родникова И.М. 2020. Использование экотопической дифференциации лишайникового покрова в экологическом мониторинге (на примере морского побережья Приморского края). — Успехи современного естествознания. 10: 121–125. <https://doi.org/10.17513/use.37500>
- [Savich] Савич В.П. 1913. К изучению лишайниковых формаций Восточного болотного района Псковской губернии. — Изв. СПб Ботанического сада. 13 (5–6): 132–148.
- [Savich] Савич В.П. 1914. К изучению лишайников Новгородской губернии. — Изв. Императорского Ботанического Сада им. Петра Великого. Приложение. I(XIV): 106.
- [Skirina] Скирина И.Ф. 2013. Новые местонахождения охраняемых лишайников юга Дальнего Востока России. — Turczaninowia. 2: 84–87. <http://turczaninowia.asu.ru/article/view/721>
- Štikāne K., Brūmelis G., Piterāns A., Moisejevs R. 2017. Epiphytic lichen diversity in broad-leaved tree forests in Latvia. — Acta Biologica Universitatis Daugavpiliensis. 17(1): 123–131.
- [Tarasova et al.] Тарасова В.Н., Андросова В.И., Сониная А.В. 2021. Лишайники заповедника “Кивач”: история изучения, основные направления и перспективы исследований. — В кн.: Заповедник “Кивач” — 90 лет на страже природы: история, достижения и перспективы. Петрозаводск. С. 35–42.
- Trass H. 1998. Lichen mapping in Europe: an experience with two species [Flechtenkartierung in Europa: Eine Erfahrung mit zwei Arten]. — Sauteria. 9: 181–219.
- [Vereshchagin et al.] Верещагин Г.Ю., Давыдов К.Н., Дьяконов А.М. и др. 1921. Олонечская научная экспедиция. Предварительный отчет о работах 1920 года. Ч. 2. Петроград. С. 1–41.
- [Wei] Вэй Ц. 1962а. Дополнения к флоре лишайников северо-восточной части Карельского перешейка Ленинградской области. — Ботанические материалы Отдела споровых растений Ботанического института АН СССР. 15: 8–12.
- [Wei] Вэй Ц. 1962б. Лихенофлора восточной части Карельского перешейка (Ленинградская область). — Бот. журн. 47 (6): 830–838.
- Westberg M., Thell A. 2011. *Menegazzia*. — In: Nordic Lichen Flora. Vol. 4. P. 81–83.
- Wirth V. 1995. Die Flechten Baden-Württembergs. Ulmer, Stuttgart. 527 p.
- [Yakovlev] Яковлев Ф.С. 1969. Географические комплексы заповедника “Кивач”. — Труды заповедника “Кивач”. 1: 3–21.
- Zoller S., Frey B., Scheidegger C. 2000. Juvenile Development and Diaspore Survival in the Threatened Epiphytic Lichen Species *Sticta fuliginosa*, *Leptogium saturninum* and *Menegazzia terebrata*: Conclusions for in situ Conservation. — Plant Biol. 2 (4): 496–504. <https://doi.org/10.1055/s-2000-5954>
- [Zyabchenko et al.] Зябченко С.С., Дьяконов В.В., Федоренко Н.Г., Синькевич Т.А. 1994. Лесные экосистемы заповедника “Кивач”. — В кн.: Структурно-функциональная организация лесных почв средне-таежной подзоны Карелии. Петрозаводск. С. 5–37.

***MENEGAZZIA TEREBRATA* (PARMELIACEAE)
AT THE NORTHERN BORDER OF ITS RANGE
(KIVACH NATURE RESERVE, REPUBLIC OF KARELIA)**

V. N. Tarasova^{a,b,#}, A. V. Sonina^{a,##}, and V. I. Androsova^{a,###}

^a*Petrozavodsk State University
Lenin Str., 33, Petrozavodsk, 185910, Russia*

^b*Komarov Botanical Institute of RAS
Prof. Popov Str., 2, St. Petersburg, 197022, Russia*

[#]*e-mail: tarasova1873@gmail.com*

^{##}*e-mail: angella.sonina@mail.ru*

^{###}*e-mail: vera.androsova28@gmail.com*

Menegazzia terebrata is a foliose macrolichen listed in the Red Data Books of most European countries and in the Red Book of the Russian Federation. The species is stenotopic, for which the variety of suitable biotopes is limited; therefore, habitat disturbance under natural and anthropogenic factors is the main reason for decreasing its population. Most records of the species in European Russia were made in the mid 19th – mid 20th centuries. The purpose of this study was to assess the state of coenopopulations and ecological features of *M. terebrata* in the communities of the Kivach Nature Reserve (Republic of Karelia). The studies were carried out in the territory of Kivach Nature Reserve on sample plots of 625 m², where general characteristics of plant communities and habitat characteristics were recorded. The size of each coenopopulation was determined as well as the coverage area on the surface of the substrate (cm²), the number of thalli, their ontogenetic state, associated species in lichen synusia. For the first time in the last 80 years, 4 habitats of *M. terebrata* were found on the territory of the Republic of Karelia. Based on literature and own data, a map of the species distribution in Northern Europe was compiled. The discovered population is the northernmost of all currently existing in the territory of the European part of Russia. *M. terebrata* prefers more shaded and humid conditions, occupying vertical surfaces of mossy rocks in deciduous forests with the last fire 93–120 years ago. The lichen occurs in communities with bryophytes, in lichen synusia with common species of shady habitats: *Lepraria* sp., *Cystocoleus ebeneus*, *Peltigera* sp. Totally 144 thalli of *M. terebrata* with a total area of 1228 cm² were identified at four ontogenetic states assigned to two age periods: pregenerative (two variants of virginal state – v_1 , v_2), and postgenerative (subsenile – ss , senile – s). These coenopopulations follow the strategy of vegetative reproduction, as evidenced from the presence of soralia and fragmentation of the thalli. The size of the thalli and the predominance of virginal and subsenile thalli with abundant soralia indicate a long-term good prospect for the development of the coenopopulations, and allow us to assess the state of the species as normal. The existence in a specially protected area, the presence of a suitable substrate (vertical rock outcrops of significant size), as well as forest communities with a certain microclimate (shading, high relative humidity) create the necessary conditions for the conservation of *M. terebrata*. The results obtained are the basis for changing the status of *M. terebrata* in the Red Data Book of the Republic of Karelia from “0” (probably extinct) to “1” (endangered).

Keywords: distribution, new records, Northern Europe, population ecology, Red Data Book of Russia, taiga

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors express their heartfelt gratitude to the administration of the Kivach State Nature Reserve and personally to O.V. Fomina, A.P. Kutenkov, as well as to inspectors A.Yu. Plekhanov and D.V. Lenin for their comprehensive assistance in organizing the research in the territory of the Reserve. We thank M.A. Shreders for help in creating the cartographic material.

REFERENCES

- Ahlner S. 1941. Einige Flechtenfunde aus Karelien. – Svensk. Bot. Tidskr. 35 (3): 262–270.
- Andersson L., Alekseeva N.M., Kuznetsova E.S. (Eds.). 2009. Vyyavlenie i obsledovanie biologicheski cennyh lesov na Severo-Zapade Evropejskoj chasti Rossii. T. 2: Posobie po opredeleniyu vidov, ispol'zuemyh pri obsledovanii na urovne vydolov [Identification and survey of biologically valuable forests in the North-West of the European part of Russia. Vol. 2: A Guide to Species Identification Used in Surveys at the Unit Level]. St. Petersburg. 258 p. (In Russ.).
- Biske G.S. 1959. Chetvertichnye otlozheniya i geomorfologiya Karelii [Quaternary deposits and geomorphology of Karelia]. Petrozavodsk. 321 p. (In Russ.).
- Chabanenko S.I. 2002. Konspekt flory lishaynikov yuga Rossiyskogo Dal'nego Vostoka [Conspectus of the lichen flora of the south of the Russian Far East]. Vladivostok. 232 p. (In Russ.).
- Demidov I.N., Lukashov A.D., Ilyin V.A. 2006. Rel'ef zapovednika “Kivach” i istoriya geologicheskogo razvitiya severo-zapadnogo Prionezh'ya v chetvertichnom period [Relief of the Kivach Reserve and the history of the geological development of the northwestern Onega

- region in the Quaternary]. — Trudy of Karelian Research Center of RAS. 10: 22–33 (In Russ.).
- Ezhkin A.K. 2020. Lichens of the natural monument “High Mountains of Chekhov Mountain” (Sakhalin Island). — Bioti i sreda zapovednikov Dal'nego Vostoka. 4: 25–38 (In Russ. and Engl.).
<https://doi.org/10.25808/26186764.2020.97.66.002>
- Ezhkin A.K., Tsyrendorzhieva O.Zh. 2012. Habitat and distribution of the genus *Menegazzia* A. Massal. in the southern part of Sakhalin Island. — Izvestia SamNC RAN. 14 (1–7): 1727–1730 (In Russ.).
- Fadeeva M.A., Golubkova N.S., Vitikainen O., Ahti T. 2007. Konspekt lishajnikov i lihenofil'nyh gribov respubliki Kareliya [Conspectus of lichens and lichenicolous fungi of the Republic of Karelia]. Petrozavodsk. 194 p. (In Russ.).
- Fedorets N.G., Morozova R.M., Bakhmet O.N., Solodovnikov A.N. 2006. Soils and soil cover of the “Kivach” strict nature reserve. — Trudy of KarRC RAS. 10: 131–152 (In Russ.).
- Glazkova E.A., Gimelbrant D.E., Stepanchikova I.S., Doronina A.Yu., Ginzburg E.G., Potemkin A.D., Doroshina G.Ya., Andreev M.P. 2018. Valuable botanical objects of the Kurgalsky reserve (Leningrad region). 1. Rare and protected species. — Trudy of KarRC RAS. Ser. Biogeography 8: 37–60 (In Russ.).
<http://dx.doi.org/10.17076/bg767>
- Heikinheimo O., Raatikainen M. 1971. Paikan ilmoittaminen Suomesta talletettuissa biologisissa aineistoissa. — Ann. Ent. Fenn. 37(1a): 1–27.
- Himelbrant D.E., Andersson L. 2008. Lichens of biologically valuable territory Kurgal'sky Peninsula, Leningrad Region. — In: XVII Symp. of the Baltic Mycologists and Lichenologists. Estonia, Saaremaa, Mändjala, 17–21 September. Abstracts. Tartu. P. 19–20.
- Ignatenko R.V., Tarasova V.N., Markovskaya E.F. 2020. Ontogenesis of the Lichen *Lobaria pulmonaria* (L.) Hoffm. in Plant Communities of the Boreal Zone. — Russian Journal of Developmental Biology. 51 (2): 115–124.
<https://doi.org/10.1134/S1062360420020046>
- Istomina N.B., Likhacheva, O.V. 2011. Lishajniki gosudarstvennogo memorial'nogo istoriko-literaturnogo i prirodno-landshaftnogo muzeya-zapovednika A.S. Pushkina “Mihajlovskoe” (Pskovskaya oblast') [Lichens of the State Memorial Historical, Literary and Natural Landscape Museum-Reserve of A.S. Pushkin “Mikhailovskoe” (Pskov Region)]. — Vestnik Baltijskogo federal'nogo universiteta im. I. Kanta. Seriya Estestvennye i medicinskie nauki. 7: 139–147 (In Russ.).
- Ivanter E.V., Tikhomirov A.A. 1988. Zapovednik “Kivach” [Reserve “Kivach”]. — In: Zapovedniki SSSR. Zapovedniki evropejskoj chasti RSFSR. I. Moscow. P. 100–128 (In Russ.).
- Kataeva (Katenina) O.A. 2002. Annotated list of lichen species in the Novgorod region. — Novosti Sist. Nizsh. Rast. 36: 114–143 (In Russ.).
- Krasnaya kniga Leningradskoy oblasti. Ob'yekty rastitel'nogo mira. 2018. [Red Data Book of the Leningrad Region. Objects of the plant world.]. St. Petersburg. 847 p. (In Russ.).
- Krasnaya kniga Novgorodskoy oblasti. 2015. [Red Book of the Novgorod region]. St. Petersburg. 479 p. (In Russ.).
- Krasnaya kniga Pskovskoy oblasti. 2014. [Red Book of the Pskov region]. Pskov. 543 p. (In Russ.).
- Krasnaya kniga Respubliki Komi. 2019. [Red Data Book of the Komi Republic]. Syktyvkar. 768 p. (In Russ.).
- Krasnaya kniga Rossiyskoy Federacii (rasteniya i griby). 2008. [Red Book of the Russian Federation (plants and fungi)]. Moscow. 885 p. (In Russ.).
- Kucherov I.B., Kutenkov S.A., Skorokhodova S.B. 2006. Sosudistye rasteniya zapovednika “Kivach”: dopolneniya i utochneniya k annotirovannomu spisku vidov [Vascular plants of the Kivach State Nature Reserve: additions and clarifications to the annotated list of species]. — Trudy zapovednika “Kivach”. 3: 156–159 (In Russ.).
- Kulikov V.S., Kulikova V.V. 2008. Geologicheskoe stroenie dokembrijskogo fundamenta territorii zapovednika “Kivach” [Geological structure of the Precambrian basement of the territory of the Kivach State Nature Reserve]. — Geologiya i poleznye iskopaemye Karelii. 11: 103–118 (In Russ.).
- Kutenkov S.A. 2006. Bolotnye lesa zapovednika “Kivach” [Swamp forests of the Kivach State Nature Reserve]. — Trudy zapovednika “Kivach”. 3: 107–120 (In Russ.).
- Lettau G. 1912. Beiträge zur Lichenenflora von Ost- und Westpreußen. — Festschriften des Preußischen Botanischen Vereins zu Königsberg. 53: 17–91.
- Mela A.J., Cajander A.K. 1906. Suomen kasvio. Helsinki. 763 p.
- Motorykina T.N. 2022. New location, status assessment and risks of extinction of the lichen *Menegazzia terebrata* (Parmeliaceae) protected species disappearance in the Khabarovsk territory Region. — Regional'nye problemy. 25 (2): 56–61 (In Russ.).
<https://doi.org/10.31433/2618-9593-2022-25-2-56-61>
- Norrllin J.P. 1876. Flora Kareliae Onegensis. II. Lichens. — Medd. Soc. Fauna et Flora Fennica. 1: 1–46.
- Nylander W. 1866. Lichenes Lapponianae orientalis. — Ibid. 8 (5): 101–192.
- Ohlert A. 1870. Zusammenstellung der Lichenen der Provinz Preussen. — Schriften der Phys.-ökon. Gesellschaft zu Königsberg i. Pr. 11: 1–51.
- Polyanskaya O.S., Kornilov M.F., Trutnev A.G. 1937. Pochvenno-geobotanicheskie issledovaniya na territorii kolhozov Kresteckogo rajona Leningradskoy oblasti [Soil-geobotanical studies on the territory of collective farms of the Krestetsky district of the Leningrad region]. — Trudy of the Botanical Institute of the Academy of Sciences of the USSR. Ser. 3 (2): 491–608 (In Russ.).
- Ramenskaya M.L. 1983. Analiz flory Murmanskoy oblasti i Karelii [Analysis of the flora of the Murmansk region and Karelia]. Leningrad. 213 p. (In Russ.).
- Randlane T., Jüriado I., Suija A., Lõhmus P., Leppik E. 2008. Lichens in the new Red List of Estonia. — Folia Cryptogamica Estonica. 44: 113–120.
- Rassadina K.A. 1971. Parmeliaceae. — In: Opredelitel' lishajnikov SSSR. Vyp. 1. Perthusariaceae, Lecanoraceae, Parmeliaceae. Leningrad. P. 282–386 (In Russ.).

- Red Data Book of the Arkhangelsk region. 2008. Arhangel'sk. 351 p. (In Russ.).
- Red Data Book of the Arkhangelsk region 2020. Arhangel'sk. 478 p. (In Russ.).
- Red Data Book of the Republic of Karelia. 2007. Petrozavodsk. 368 p. (In Russ.).
- Rodnikova I.M. 2020. Application of habitat differentiation of lichen cover in environmental monitoring (a case study on the coast of Primorsky Krai). — *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya*. 10: 121–125 (In Russ.). <https://doi.org/10.17513/use.37500>
- Räsänen V. 1939. Die Flechtenflora der nördlichen Küstengegend am Laatokkasee. — *Annales Societatis Zoologicae-Botanicæ Fennicæ "Vanamo"*. 12 (1): 1–240.
- Savich V.P. 1913. K izucheniyu lishajnikovyh formacij Vostochnogo bolotnogo rajona Pskovskoj gubernii [To the study of lichen formations of the Eastern swamp region of the Pskov province]. — *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo Botanicheskogo sada*. 13 (5–6): 132–148 (In Russ.).
- Savich V.P. 1914. K izucheniyu lishajnikov Novgorodskoj gubernii [To the study of lichens in the Novgorod province]. — *Izvestiya Imperatorskogo Botanicheskogo Sada im. Petra Velikogo. Prilozhenie. I(XIV)*: 106 (In Russ.).
- Skirina I.F. 2013. New locations of protected lichens of the south of the Russian Far East. — *Turczaninowia*. 2: 84–87 (In Russ.). <http://turczaninowia.asu.ru/article/view/721>
- Štikāne K., Brūmelis G., Piterāns A., Moisejevs R. 2017. Epiphytic lichen diversity in broad-leaved tree forests in Latvia. — *Acta Biologica Universitatis Daugavpiliensis* 17 (1): 123–131.
- Tarasova V.N., Androsova V.I., Sonina A.V. 2021. Lishajniki zapovednika "Kivach": istoriya izucheniya, osnovnye napravleniya i perspektivy issledovaniy. [Lichens of the Kivach Reserve: history of study, main directions and prospects of research]. — In: *Zapovednik "Kivach" — 90 let na strazhe prirody: istoriya, dostizheniya i perspektivy*. Petrozavodsk. P. 35–42 (In Russ.).
- Trass H. 1998: Lichen mapping in Europe: an experience with two species [Flechtenkartierung in Europa: Eine Erfahrung mit zwei Arten]. — *Sauteria*. 9: 181–219.
- Vereshchagin G.Yu., Davydov K.N., Dyakonov A.M. etc. 1921. Olonecka nauchnaya ekspeditsiya. Predvaritel'nyy otchet o rabotah 1920 goda [Olonetsk scientific expedition. Preliminary report on the work of 1920]. Part 2. Petrograd. P. 1–41 (In Russ.).
- Wei C. 1962a. Dopolneniya k flore lishajnikov severo-vostochnoy chasti Karel'skogo peresheyka Leningradskoy oblasti [Additions to the lichen flora of the northeastern part of the Karelian Isthmus of the Leningrad Region]. — *Botanicheskie materialy Otdela sporykh rasteniy Botanicheskogo instituta AN SSSR*. 15: 8–12 (In Russ.).
- Wei C. 1962b. Lichenoflora of the eastern part of the Karelian Isthmus (Leningrad Region). — *Bot. Zhurn.* 47 (6): 830–838 (In Russ.).
- Westberg M., Thell A. 2011. *Menegazzia*. — In: *Nordic Lichen Flora*. Vol. 4. P. 81–83.
- Wirth V. 1995. Die Flechten Baden-Württembergs. Ulmer, Stuttgart. 527 p.
- Yakovlev F.S. 1969. Geograficheskie komplekсы zapovednika "Kivach" [Geographical complexes of the reserve "Kivach"]. — *Trudy zapovednika "Kivach"*. 1: 3–21 (In Russ.).
- Zoller S., Frey B., Scheidegger C. 2000. Juvenile Development and Diaspore Survival in the Threatened Epiphytic Lichen Species *Sticta fuliginosa*, *Leptogium saturninum* and *Menegazzia terebrata*: Conclusions for in situ Conservation. — *Plant Biol.* 2 (4): 496–504. <https://doi.org/10.1055/s-2000-5954>
- Zyabchenko S.S., Dyakonov V.V., Fedorets N.G., Sinkevich T.A. 1994. Lesnye ekosistemy zapovednika "Kivach" [Forest ecosystems of the Kivach Reserve]. — In: *Strukturno-funktsional'naya organizatsiya lesnykh pochv srednetaezhnoy podzony Karelii*. Petrozavodsk. P. 5–37 (In Russ.).

КОНСПЕКТ ПАПОРОТНИКОВ КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ – КУЗБАССА

© 2023 г. А. В. Климов^{1,2}, Б. В. Прошкин^{3,*}

¹ИнЭКА-консалтинг ул. Лазо, 4, Новокузнецк, 654027, Россия

²Кузбасский гуманитарно-педагогический институт
Кемеровского государственного университета
ул. Циолковского, 23, Новокузнецк, 654041, Россия

³Кузбасский институт ФСИН России
Октябрьский пр., 49, Новокузнецк, 654066, Россия

*e-mail: boris.vladimirovich.93@mail.ru

Поступила в редакцию 04.07.2022 г.

После доработки 17.04.2023 г.

Принята к публикации 18.04.2023 г.

Папоротники играют важную роль во флоре и в сложении растительного покрова Кемеровской области. Активные исследования последних лет в регионе привели к выявлению новых таксонов, пересмотру состава отдельных родов и семейств, уточнению их местонахождений. Цель работы – уточнить современный систематический состав птеридофлоры Кузбасса и особенности распространения ее отдельных таксонов. Материалы для данной работы получены в ходе полевых исследований авторов, изучения коллекционных фондов Гербария им. П.Н. Крылова (ТК), г. Томск и Гербария Кузбасского ботанического сада (КУЗ), г. Кемерово. Птеридофлора Кемеровской области представлена 40 видами из 18 родов и 13 семейств. Анализ географических элементов птеридофлоры показал, что в ней преобладают виды с широким гомарктическим типом ареала. Экологический состав по режиму увлажнения отражает современные условия территории региона, на долю мезофитов и мезогигрофитов приходится 92.8% видового состава. По фактору каменистости субстрата выделяются две приблизительно равные группы: петрофиты и непетрофиты. Наиболее высокий вклад в состав птеридофлоры вносят группы петрофитных (47.5%) и лесных (40.0%) видов. К травянистым монокарпикам относится *Salvinia natans*, остальные являются многолетними растениями. Анализ реликтового компонента показал, что 26 таксонов относятся к третичным реликтам, большинство из которых в своем происхождении связаны с лесной растительностью палеоген-неогена, девять относятся к реликтовому элементу петрофитона. На территории области 19 видов папоротников занесены в Красную книгу Кузбасса.

Ключевые слова: птеридофлора, папоротники, таксоны, реликты, анализ флоры

DOI: 10.31857/S000681362305006X, **EDN:** YZFJQC

Одним из древнейших элементов флоры Кемеровской области являются папоротники. Несмотря на относительно небольшую их долю по числу таксонов, они играют очень важную роль в сложении растительного покрова региона, участвуя в формировании многочисленных коренных сообществ, от пионерных петрофитных группировок на скалах, разнотравья лесостепи Кузнецкой котловины, высокотравья черневой тайги низкогорий до уникальных папоротниковых полей высокогорий Кузнецкого Алатау (Lashchinsky, 1999).

Полный список видов папоротников региона был впервые приведен в “Определителе растений Кемеровской области” (Opredelitel..., 2001). По данным этой сводки на территории отмечалось 37

видов, относящихся к 10 семействам. За прошедший период были проведены значительные исследования флоры региона и ее районов (Buko, 2002; Krasnoborov, 2006; Lashchinsky et al., 2007; Sheremetova, Sheremetov, 2020; Sheremetova et al., 2021, 2022). Среди папоротников обнаружены новые и пересмотрен систематический состав отдельных таксонов, уточнено распространение ряда видов (Buko et al, 2009; Kupriyanov, 2009; Klimov, Romanov, 2009; Buko, 2010; Klimov et al., 2011; Gulyaeva et al., 2013; Klimov, Gulyaeva, 2015). Цель настоящей работы – уточнить современный систематический состав птеридофлоры Кемеровской области и особенности распространения ее отдельных таксонов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалы для данной работы получены в ходе полевых исследований авторов, изучения коллекционных фондов Гербария им. П.Н. Крылова (ТК), г. Томск, Гербария Кузбасского ботанического сада (КУЗ), г. Кемерово.

Латинские названия видов сосудистых растений приведены по сводке С.К. Черепанова (Czerepanov, 1995) и уточнены согласно электронным базам по номенклатуре растений (The International Plant Names Index, <http://www.ipni.org>; Tropicos, <http://www.tropicos.org>). Таксономический состав родов, объем и трактовка видов приводятся в соответствии с системой, предложенной А.И. Шмаковым (Shmakov, 2009), виды внутри родов расположены по алфавиту. По результатам наблюдений и изучения литературных источников для каждого вида указано распространение в Кемеровской области и сведения об охране. Трактовка и классификация реликтовых элементов приводится по С.А. Шереметовой, Р.Т. Шереметову (Sheremetova, Sheremetov, 2020).

Флористическое районирование региона дано по С.А. Шереметовой (Sheremetova, 2019): Горная Шория – ГШ, Кузнецкий Алатау – КА, Салаирский кряж – СК, Кузнецкая котловина – КК, Колывань-Томская возвышенность – КТ, Кия-Чулымский район Западно-Сибирской равнины – КЧ.

Встречаемость видов по флористическим районам приводится по пятибалльной шкале: “очень редко” – известно 1–2 местонахождения; “редко” – 3–5 местонахождений; “изредка” – вероятность находки в подходящих ценозах невелика, известно 6–10 местонахождений; “часто” – более 10 местонахождений в районе, вид можно встретить со значительной долей вероятности; “обычно” – вид распространен почти на всех участках указанных для него местообитаний, по всей территории района и нередко является доминантом растительных сообществ. Для очень редких видов приводятся конкретные местонахождения и места хранения гербарных образцов с указанием года сбора и ФИО коллектора или ссылка на источник, если вид приведен в конспекте по литературным данным.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

ОТДЕЛ POLYPODIOPHYTA

КЛАСС OPHIOGLOSSOPSIDA

Семейство *Ophioglossaceae* Martinov –
Ужовниковые

Род *Ophioglossum* L. – Ужовник

1. *Ophioglossum vulgatum* L. 1753, Sp. Pl. 2: 1062–1063; Крылов, 1927, Фл. Зап. Сиб. 1: 2; Фомин, 1934, Фл. СССР, 1: 92; Красноборов, 1988,

Фл. Сиб. 1: 48; Шмаков, 2009, Определ. папорот. России: 14; Малышев, 2012, Консп. Фл. Аз. России: 14. – У. обыкновенный.

Многолетнее летнезеленое кистекорневое растение. На сырых лугах, опушках леса, в зарослях кустарников, на отвалах. Прабореальный реликтовый элемент (Sheremetova, Sheremetov, 2020).

Очень редко в СК (окр. п. Тайгинский Леспромхоз – Красная..., 2021); редко в ГШ (окр. пп. Кузедеево, Чувашка, Усть-Кабырза – (Красная..., 2021).

Красная книга Кузбасса (Красная..., 2021), категория 3.

Семейство *Botrychiaceae* Horan. – Гроздовниковые
Под *Botrychium* Sw. – Гроздовник

2. *Botrychium lunaria* (L.) Sw. 1802, Journ. Bot. (Gotting.), 2: 110; Крылов, 1927, Фл. Зап. Сиб. 1: 3; Фомин, 1934, Фл. СССР, 1: 98; Красноборов, 1988, Фл. Сиб. 1: 50; Шмаков, 2009, Определ. папорот. России: 14; Малышев, 2012, Консп. Фл. Аз. России: 14. – Г. полулунный.

Многолетнее летнезеленое кистекорневое растение. В затененных смешанных и хвойных лесах, на влажных лугах и болотах. Встречается в местах с нарушенным растительным покровом (заросшие обочины лесных дорог, выемки земли и т.п.), включая отвалы горных пород на угольных разработках в лесной зоне. Прабореальный реликтовый элемент – реликт миоценовых и плиоценовых полидоминантных хвойно-широколиственных лесов (Sheremetova, Sheremetov, 2020).

Очень редко в СК (Салаирский рудн. – Krylov, 1927), КК (Кедровский разрез – Ю.А. Манаков, С.А. Скобликов, 1995, КУЗ; окр. с. Каракан – Красная..., 2021), редко в КТ и КА.

Красная книга Кузбасса (Красная..., 2021), категория 3.

3. *B. multifidum* (S.G. Gmel.) Rupr. 1859, Beitr. Pflanzenk. Russ. Reich. 11: 40; Фомин, 1934, Фл. СССР, 1: 99; Красноборов, 1988, Фл. Сиб. 1: 51; Шмаков, 2009, Определ. папорот. России: 18; Малышев, 2012, Консп. Фл. Аз. России: 14. – Г. многораздельный.

Многолетнее летнезеленое кистекорневое растение. В затененных смешанных и хвойных лесах, на влажных лугах и болотах, иногда на старых отвалах. Прабореальный реликтовый элемент (Sheremetova, Sheremetov, 2020).

Редко в КК, СК и КА.

Красная книга Кузбасса (Красная..., 2021), категория 3.

4. *B. virginianum* (L.) Sw. 1800, Journ. Bot. (Gotting.), 2: 111; Крылов, 1927, Фл. Зап. Сиб. 1: 7; Фомин, 1934, Фл. СССР, 1: 100; Красноборов, 1988, Фл. Сиб. 1: 51; Малышев, 2012, Консп. Фл. Аз. России: 14. – *B. anthemoides* C. Prese, Шмаков,

2009, Определ. папорот. России: 18. — Г. виргинский.

Многолетнее летнезеленое кистекорневое растение. В смешанных лесах, на полузатененных лесных опушках, обычно на богатых, хорошо дренированных почвах, а также на окраинах низинных лесных болот с кальцефильными местообитаниями. Прабореальный реликтовый элемент (Sheremetova, Sheremetov, 2020).

Редко в КЧ, СК; очень редко в КК (окр. с. Байрак — С.А. Шереметова, Т.Е. Буко, А.Л. Эбель, Н.Н. Лашинский, 2011, КУЗ).

Красная книга Кузбасса (Krasnaya..., 2021), категория 3.

Класс *POLYPODIOPSIDA* Cronquist,
Takht. et Zimmerm.

Семейство *Cryptogrammaceae* Pichi Sermolli —
Криптограммовые

Род *Cryptogramma* R. Br. ex Richards. —
Криптограмма

5. *Cryptogramma stelleri* (S.G. Gmel.) Prantl, 1882, Bot. Jahrb. 3 (5): 413; Крылов, 1927, Фл. Зап. Сиб. 1: 42; Фомин, 1934, Фл. СССР, 1: 78; Красноборов, 1988, Фл. Сиб. 1: 71; Шмаков, 2009, Определ. папорот. России: 31; Малышев, 2012, Консп. Фл. Аз. России: 15. — К. Стеллера.

Многолетнее летнезеленое длиннокорневищное растение. В верхней части лесного пояса и в высокогорьях на затененных и открытых скалах, каменных россыпях, в горных тундрах по берегам ручьев, на моренах ледников и субальпийских лугах. Реликтовый элемент петрофитона — реликтовый элемент хвойно-широколиственных плиоценовых лесов, перешедший к обитанию на скалах.

Обычно в КА, редко в ГШ.

Красная книга Кузбасса (Krasnaya..., 2021), категория 1.

Семейство *Polypodiaceae* J. Presl et C. Presl —
Многоножковые

Род *Polypodium* L. — Многоножка

6. *Polypodium sibiricum* Sipl. 1974, Novosti Sist. Vyssh. Rast. 11: 329; Шмаков, 2009, Определ. папорот. России: 37; Доронькин, 2003, Фл. Сиб. 14: 15; Малышев, 2012, Консп. Фл. Аз. России: 16. — *P. virginianum* auct. non L.: Фомин, Фл. СССР, 1: 85; Красноборов, 1988, Фл. Сиб. 1: 74. — М. сибирская.

Многолетнее вечнозеленое длиннокорневищное растение. В лесном поясе на тенистых и открытых скалах, каменных россыпях, заходит в высокогорья. Реликтовый элемент петрофитона.

Очень редко в КЧ (с-в оконечность Арчекасского кряжа, окр. оз. Кабедат — Т.Е. Буко, Д.В. Чусовлянов, 2004; там же — С.А. Шереметова,

Т.Е. Буко, 2005, КУЗ), СК (пос. Салаир — Красноборов, 1988), редко в КА и ГШ.

Красная книга Кузбасса (Krasnaya..., 2021), категория 3.

7. *P. vulgare* L. 1753, Sp. Pl.: 1085; Крылов, 1927, Фл. Зап. Сиб. 1: 44; Фомин, 1934, Фл. СССР, 1: 85; Красноборов, 1988, Фл. Сиб. 1: 75; Шмаков, 2009, Определ. папорот. России: 37; Малышев, 2012, Консп. Фл. Аз. России: 16. — М. обыкновенная.

Многолетнее вечнозеленое длиннокорневищное растение. В лесном поясе на тенистых замшелых скалах, валунах, каменных россыпях, речных утесах. Реликтовый элемент петрофитона.

Изредка в СК (Лашинский, Лашинская, 2007), редко в КА и ГШ.

Красная книга Кузбасса (Krasnaya..., 2021), категория 3.

Семейство *Hypolepidaceae* Pichi-Sermolli —
Подчешуйниковые

Род *Pteridium* Gled. ex Scop. — Орляк

8. *Pteridium pinetorum* C.N. Page et R.R. Mill, 1995, Bot. J. Scotl., 47, 1: 140; Гуреева, Пейдж, 2008, Бот. журн. 93, 6: 939; Шмаков, 2009, Turczaninowia, 12 (3–4): 104; Шмаков, 2009, Определ. папорот. России: 43; Малышев, 2012, Консп. Фл. Аз. России: 17. — *P. aquilinum* auct. non (L.) Kuhn.: Фомин, 1934, Фл. СССР, 1: 83; Красноборов, 1988, Фл. Сиб. 1: 73. — О. сосняковый.

Многолетнее летнезеленое длиннокорневищное растение. В смешанных, хвойных и лиственных лесах, на лесных лугах, вырубках, гарях, открытых склонах.

Часто во всех районах.

Семейство *Thelypteridaceae* Pichi Sermolli —
Телиптерисовые

Род *Oreopteris* Holub — Горнопапоротник

9. *Oreopteris limbosperma* (All.) Holub, 1969, Folia Geobot. Phytotax. Praha, 4: 48; Данилов, 1988, Фл. Сиб. 1: 65; Шмаков, 2009, Определ. папорот. России: 46; Малышев, 2012, Консп. Фл. Аз. России: 23 — *Dryopteris oreopteris* (Ehrh.) Maxon, 1901, Proc. U. S. Nat. Mus. 23: 638; Фомин, 1934, Фл. СССР, 1: 34. — Г. горный.

Многолетнее летнезеленое короткорневищное растение. В хвойных лесах, высокотравных лугах, зарослях кустарников, курумах. Кверцетальный реликтовый элемент — лесной реликт дубравных систем (Sheremetova, Sheremetov, 2020).

Редко в КА, очень редко в ГШ (перевал Консинский разлом — Т.Е. Буко, 2001, КУЗ).

Красная книга Кузбасса (Krasnaya..., 2021), категория 3.

Под *Phegopteris* (*C. Presl*) Fee – *Фезонтерис*,
Буковник

10. *Phegopteris connectilis* (Michx.) Watt, 1866, *Canad. Nat. (Geol.)*, N. S., 3: 159; Данилов, 1988, Фл. Сиб. 1: 65; Шмаков, 2009, *Опред. папорот. России*: 51; Малышев, 2012, *Консп. Фл. Аз. России*: 23. – *Dryopteris phegopteris* (L.) C. Chr. 1906, *Index Fil.*: 284; Крылов, 1927, Фл. Зап. Сиб. 1: 29; Фомин, 1934, Фл. СССР, 1: 44. – Ф. обыкновенный.

Многолетнее летнезеленое длиннокорневищное растение. В хвойных и смешанных лесах, на затененных скалах. Прабореальный реликтовый элемент.

Обычно во всех районах.

Под *Thelypteris* *Schmidel* – *Телинтерис*

11. *Thelypteris palustris* Schott, 1834, *Gen. Fil. pl.*: 10; Данилов, 1988, Фл. Сиб. 1: 64; Шмаков, 2009, *Опред. папорот. России*: 46; Малышев, 2012, *Консп. Фл. Аз. России*: 24. – *Dryopteris thelypteris* (L.) A. Gray, 1848, *Man. Bot.*, ed. 1: 630; Крылов, 1927, Фл. Зап. Сиб. 1: 21; Фомин, 1934, Фл. СССР, 1: 33. – Т. болотный.

Многолетнее летнезеленое длиннокорневищное растение. По окраинам торфяных и осоковых болот, на заболоченных лугах, по берегам водоемов в заболоченных лесах. Болотно-лесной реликтовый элемент.

Редко во всех районах.

Семейство *Aspleniaceae* *Newman* – *Костенцовые*

Под *Asplenium* *L.* – *Костенец*

12. *Asplenium ruta-muraria* L. 1753, *Sp. Pl.*: 1081; Крылов, 1927, Фл. Зап. Сиб. 1: 39; Фомин, 1934, Фл. СССР, 1: 66; Красноборов, 1988, Фл. Сиб. 1: 67; Шмаков, 2009, *Опред. папорот. России*: 53; Малышев, 2012, *Консп. Фл. Аз. России*: 18. – К. постенный.

Многолетнее вечнозеленое короткокорневищное растение. В трещинах известковых скал. Реликтовый элемент петрофитного комплекса (Sheremetova, Sheremetov, 2020).

Редко в ГШ; очень редко в КА (гора Марганцевая – Климов, Романов, 2010), КК (гора Крутая окр. с. Артышта – А.Л. Эбель, Ю.А. Манаков, Ю.В. Морсакова, 2006, KUZ), СК (окр. г. Гурьевска – Lashchinsky et al., 2007).

13. *A. sajanense* Gudoschn. et Krasnob., 1967, *Sist. zam. Gerb. Tomsk. univ.* 84: 1; Красноборов, 1988, Фл. Сиб. 1: 69; Шмаков, 2009, *Опред. папорот. России*: 55; Малышев, 2012, *Консп. Фл. Аз. России*: 18. – К. саянский.

Многолетнее вечнозеленое короткокорневищное растение. На задернованных участках между мелко- и крупнокаменистыми карбонатными россыпями. Реликтовый элемент хвойно-широколиственных плиоценовых лесов, перешедший к обитанию на скалах.

Очень редко в КА (заповедник “Кузнецкий Алатау”, хребет Бархатный – Н.Н. Лашинский, Н.В. Демиденко, 2001; там же – Н. Демиденко, 2005; там же – А.В. Климов, 2010, KUZ).

Красная книга Кузбасса (Krasnaya..., 2021), категория 1.

14. *A. septentrionale* (L.) Hoffm. 1795, *Deutsch. Fl.* 2: 12–13; Крылов, 1927, Фл. Зап. Сиб. 1: 36; Фомин, 1934, Фл. СССР, 1: 64; Красноборов, 1988, Фл. Сиб. 1: 69; Шмаков, 2009, *Опред. папорот. России*: 51; Малышев, 2012, *Консп. Фл. Аз. России*: 18. – К. северный.

Многолетнее вечнозеленое короткокорневищное растение. В лесном поясе в расщелинах и трещинах скал, на каменистых и щебнистых склонах. Реликтовый элемент петрофитного комплекса (Sheremetova, Sheremetov, 2020).

Очень редко в ГШ (окр. ст. Учulen, среднее течение р. Мундыбаш – С.А. Шереметова, Т.Е. Бучко, А.Л. Эбель, 2007, KUZ).

Красная книга Кузбасса (Krasnaya..., 2021), категория 1.

15. *A. trichomanes* L. 1753, *Sp. Pl.*: 1080; Крылов, 1927, Фл. Зап. Сиб. 1: 37; Фомин, 1934, Фл. СССР, 1: 65; Красноборов, 1988, Фл. Сиб. 1: 69; Шмаков, 2009, *Опред. папорот. России*: 53; Малышев, 2012, *Консп. Фл. Аз. России*: 18. – К. волосовидный.

Многолетнее вечнозеленое короткокорневищное растение. На карбонатных скалах в лесном поясе. Реликтовый элемент хвойно-широколиственных плиоценовых лесов, перешедший к обитанию на скалах.

Очень редко в КА (в долине реки Уса, на южном склоне горы Марганцевая – Klimov et al., 2011).

Красная книга Кузбасса (Krasnaya..., 2021), категория 1.

16. *A. viride* Huds. 1762, *Fl. Angl.*: 385; Крылов, 1927, Фл. Зап. Сиб. 1: 38; Фомин, 1934, Фл. СССР, 1: 65; Красноборов, 1988, Фл. Сиб. 1: 69; Шмаков, 2009, *Опред. папорот. России*: 53; Малышев, 2012, *Консп. Фл. Аз. России*: 18. – К. зеленый.

Многолетнее вечнозеленое короткокорневищное растение. На карбонатных скалах в лесном поясе. Реликтовый элемент горных лесов плиоцена (Gureyeva, 2001).

Редко в КА.

Красная книга Кузбасса (Krasnaya..., 2021), категория 3.

Семейство *Cystopteridaceae* (Payer) Schmakov –
Пузырниковые

Под *Cystopteris* Bernh. – Пузырник

17. *Cystopteris altajensis* Gureyeva, 1985, Sist. Zametki. Mater. Gerb. Krylova Tomsk. Univ. Kuzybcheva 87: 5; Доронькин, 2003, Фл. Сиб. 14: 12; Шмаков, 2009, Определ. папорот. России: 59; Малышев, 2012, Консп. Фл. Аз. России: 21. – П. алтайский.

Многолетнее летнезеленое короткокорневищное растение. В лесном поясе в нишах затененных скал.

Редко в КА и ГШ.

Красная книга Кузбасса (Krasnaya..., 2021), категория 1.

18. *C. dickieana* R. Sim. 1848, Gard. Farmers' J. 2: 308; Крылов, 1927, Фл. Зап. Сиб. 1: 16; Фомин, 1934, Фл. СССР, 1: 25; Данилов, 1988, Фл. Сиб. 1: 56; Шмаков, 2009, Определ. папорот. России: 58; Малышев, 2012, Консп. Фл. Аз. России: 21. – П. Дайка.

Многолетнее летнезеленое короткокорневищное растение. На скалах, каменистых склонах, в лесном поясе.

Редко в КА, ГШ и СК.

19. *C. fragilis* (L.) Bernh. 1805, Neues J. Bot., 1(2): 27; Крылов, 1927, Фл. Зап. Сиб. 1: 15; Фомин, 1934, Фл. СССР, 1: 24; Данилов, 1988, Фл. Сиб. 1: 56; Шмаков, 2009, Определ. папорот. России: 59; Малышев, 2012, Консп. Фл. Аз. России: 21. – П. ломкий.

Многолетнее летнезеленое короткокорневищное растение. На скалах, осыпях, каменистых склонах в лесном поясе.

Часто в КА, ГШ, редко в СК, КК, очень редко в КЧ (окр. г. Мариинск, Арчекаский край – С.А. Шереметова, Т.Е. Буко, 2007, KUZ).

20. *C. montana* (Lam.) Bernh. 1827, Mem. Soc. Linn. Paris, 6: 264; Крылов, 1927, Фл. Зап. Сиб. 1: 17; Фомин, 1934, Фл. СССР, 1: 25; Данилов, 1988, Фл. Сиб. 1: 57; Шмаков, 2009, Определ. папорот. России: 59. – *Rhizomatopteris montana* (Lam.) A. Khokhr. 1985, Фл. Магадан. обл.: 347; Малышев, 2012, Консп. Фл. Аз. России: 22. – П. горный.

Многолетнее летнезеленое длиннокорневищное растение. В хвойных и смешанных лесах, в зарослях кустарников, на скалах. Лесной неморальный реликтовый элемент (Sheremetova, Sheremetov, 2020).

Редко в КА и КТ.

21. *C. sudetica* A. Braun et Milde, 1855, Jahresh. Schles. Ges. Vaterl. Cult.: 92; Крылов, 1927, Фл. Зап. Сиб. 1: 18; Фомин, 1934, Фл. СССР, 1: 26; Данилов, 1988, Фл. Сиб. 1: 57; Шмаков, 2009, Определ. папорот. России: 59. – *Rhizomatopteris sudetica* (A. Br. et Milde) A. Khokhr. 1985, Фл. Магадан.

обл.: 347; Малышев, 2012, Консп. Фл. Аз. России: 22. – П. судетский.

Многолетнее летнезеленое длиннокорневищное растение. В хвойных и смешанных лесах, на затененных скалах. Прабореальный реликтовый элемент.

Редко в КА, СК и ГШ; очень редко в КЧ (Арчекаский край, окр. оз. Кабедат – С.А. Шереметова, Т.Е. Буко, 2005, KUZ).

Под *Gymnocarpium* Newm. – Голокучник

22. *Gymnocarpium continentale* (Petrov) Pojark., 1950, Trudy Akad. Nauk Takziks. S.S.R. 22: 10; Доронькин, 2003, Фл. Сиб. 14: 14; Шмаков, 2009, Определ. папорот. России: 61; Малышев, 2012, Консп. Фл. Аз. России: 21. – *Dryopteris continentalis* Petr. 1930, Fl. Jacut. 1: 15; Фомин, 1934, Фл. СССР, 1: 43. – *Dryopteris robertiana* auct. non (Hoffm.) C. Chr.: Крылов, 1927, Фл. Зап. Сиб. 1: 28. – Г. континентальный.

Многолетнее летнезеленое длиннокорневищное растение. На скалах, каменистых россыпях, в зарослях кустарников.

Редко в КА, ГШ.

23. *G. dryopteris* (L.) Newm. 1851, Phytolog. 4; Данилов, 1988, Фл. Сиб. 1: 62; Шмаков, 2009, Определ. папорот. России: 61; Малышев, 2012, Консп. Фл. Аз. России: 21. – *Dryopteris linneana* C. Chr. 1906, Ind. Filic.: 275; Фомин, 1934, Фл. СССР, 1: 43. – *Dryopteris pulchella* (Salisb.) Hayek, 1906, Fl. Steierm. 39; Крылов, 1927, Фл. Зап. Сиб. 1: 27. – Г. обыкновенный.

Многолетнее летнезеленое длиннокорневищное растение. В хвойных и смешанных лесах, в зарослях кустарников, на скалах, каменистых россыпях. Прабореальный реликтовый элемент.

Обычно в КА, ГШ, СК, КК, изредка в КТ и КЧ.

24. *G. jessoense* (Koidz.) Koidz. 1936, Acta Phytotax. Geobot., 5(1): 40; Данилов, 1988, Фл. Сиб. 1: 64; Шмаков, 2009, Определ. папорот. России: 64; Малышев, 2012, Консп. Фл. Аз. России: 21. – *Dryopteris robertiana* auct. non (Hoffm.) C. Chr.: Крылов, 1927, Фл. Зап. Сиб. 1: 28; Фомин, 1934, Фл. СССР, 1: 43. – Г. иезский.

Многолетнее летнезеленое длиннокорневищное растение. На скалах, каменистых склонах, осыпях.

Изредка в КА, ГШ, редко в КЧ и СК.

В “Определителе растений Кемеровской области” указывается возможное произрастание на территории региона *Gymnocarpium robertianum* (Hoffm.) Newm., однако оно не подтверждено. В ряде работ (Gureyeva, 2001; Shmakov, 2005; Ebel, 2012), отмечается, что в пределах северо-западной части Алтае-Саянской провинции вид очень редко встречается в Северо-Западном Алтае.

Семейство *Athyriaceae* Ching – КочедыжниковыеПод *Athyrium* Roth – Кочедыжник

25. *Athyrium distentifolium* Tausch ex Opiz, 1820, Tent. Fl. Crypt. Voem. 1: 14; Данилов, 1988, Фл. Сиб. 1: 54; Шмаков, 2009, Определ. папорот. России: 64; Малышев, 2012, Консп. Фл. Аз. России: 20. – *A. alpestre* auct. non (Норре) Clairv.: Крылов, 1927, Фл. Зап. Сиб. 1: 34; Фомин, 1934, Фл. СССР, 1: 57. – К. расставленнолистный.

Многолетнее летнезеленое короткокорневищное растение. В субальпийских лугах, зарослях кустарников, на каменистых склонах, осыпях в высокогорьях. Высокотравный реликтовый элемент – представитель древних типов третичных термофильных широколиственных лесных комплексов, вошедших в состав высокотравных сообществ (Sheremetova, Sheremetov, 2020).

Обычно в КА.

26. *A. filix-femina* (L.) Roth, 1800, Tent. Fl. Germ. 3(1): 65; Крылов, 1927, Фл. Зап. Сиб. 1: 33; Фомин, 1934, Фл. СССР, 1: 53; Данилов, 1988, Фл. Сиб. 1: 55; Шмаков, 2009, Определ. папорот. России: 70; Малышев, 2012, Консп. Фл. Аз. России: 20. – *A. monomachii* (Ком.) Ком. 1931, Вісн. Київ. ботан. саду, 12–13: 145; Доронькин, 2003, Фл. Сиб. 14: 12; Шмаков, 2009, Определ. папорот. России: 70. – *A. sinense* Rupr. 1845, Beitr. Pflanzenk. Russ. Reich. 3: 41, non С. Chr. 1913; Доронькин, 2003, Фл. Сиб. 14: 12; Шмаков, 2009, Определ. папорот. России: 70. – К. женский.

Многолетнее летнезеленое короткокорневищное растение. В темнохвойных и смешанных лесах, высокотравных лугах, зарослях кустарников, на каменистых россыпях в лесном и подгольцовом поясах.

Обычно во всех районах.

Авторы разделяют точку зрения И.И. Гуреевой (Gureeva, 2000) о том, что на территории Сибири произрастает один полиморфный вид *Athyrium filix-femina*.

Под *Diplazium* Ching – Диплазиум

27. *Diplazium sibiricum* (Turcz. ex Kunze) Sa. Kurgata, 1961, Coll. Cult. Ferns Fern Allies: 340; Данилов, 1988, Фл. Сиб. 1: 55; Шмаков, 2009, Определ. папорот. России: 73; Малышев, 2012, Консп. Фл. Аз. России: 21. – *Athyrium crenatum* (Sommerf.) Ruprecht 1844, Spic. Pl. Fern. 2: 14; Крылов, 1927, Фл. Зап. Сиб. 1: 35; Фомин, 1934, Фл. СССР, 1: 59. – Д. сибирский.

Многолетнее летнезеленое длиннокорневищное растение. В темнохвойных и смешанных лесах, на зарастающих курумах, влажных скалах в лесном поясе.

Редко в КТ; обычно в остальных районах.

Семейство *Dryopteridaceae* Herter – ЩитовниковыеПод *Dryopteris* Adans. – Щитовник

28. *Dryopteris carthusiana* (Vill.) Н.Р. Fuchs, 1959, Bull. Soc. Bot. France, 105(7–8): 339; Данилов, 1988, Фл. Сиб. 1: 60; Шмаков, 2009, Определ. папорот. России: 86; Малышев, 2012, Консп. Фл. Аз. России: 18. – Щ. шартский.

Многолетнее летнезеленое короткокорневищное растение. В хвойных и смешанных лесах, зарослях кустарников, на болотах, сограх, каменистых россыпях, поднимается до субальпийского пояса.

Обычно в КА, изредка в остальных районах.

29. *D. cristata* (L.) A. Gray, 1848, Manual: 631; Крылов, 1927, Фл. Зап. Сиб. 1: 24; Фомин, 1934, Фл. СССР, 1: 39; Данилов, 1988, Фл. Сиб. 1: 60; Шмаков, 2009, Определ. папорот. России: 77; Малышев, 2012, Консп. Фл. Аз. России: 18. – Щ. гребенчатый.

Многолетнее летнезеленое короткокорневищное растение. В заболоченных хвойных и смешанных лесах. Болотно-лесной плиоценовый реликтовый элемент (Sheremetova, Sheremetov, 2020).

Редко в СК, КТ и КЧ.

Голарктический лесной гигромезофит.

30. *D. expansa* (C. Presl) Fraser-Jenkins et A. Jermy, 1977, Fern. Gaz. 11(5): 338; Данилов, 1988, Фл. Сиб. 1: 61; Шмаков, 2009, Определ. папорот. России: 91; Малышев, 2012, Консп. Фл. Аз. России: 18. – *D. spinulosa* subsp. *dilatata* Aschers. 1896, Syn. 1: 33; Крылов, 1927, Фл. Зап. Сиб. 1: 26. – *D. assimilis* S. Wakker, 1961, Amer. J. Bot. 48: 607; Цвелев, 2003, Нов. сист. высш. раст.: 12. – *D. austriaca* auct. non (Jacq.) Woungar ex Schinz et Thell.: Фомин, 1934, Фл. СССР, 1: 41. – Щ. распростертый.

Многолетнее летнезеленое короткокорневищное растение. В темнохвойных и смешанных лесах. Лесной неморальный реликтовый элемент (Sheremetova, Sheremetov, 2020).

Обычно в КА и ГШ, изредка в остальных районах.

31. *D. filix-mas* (L.) Schott, 1834, Gen. Fil. pl. 9; Крылов, 1927, Фл. Зап. Сиб. 1: 22; Фомин, 1934, Фл. СССР, 1: 36; Данилов, 1988, Фл. Сиб. 1: 61; Шмаков, 2009, Определ. папорот. России: 80; Малышев, 2012, Консп. Фл. Аз. России: 18. – Щ. мужской.

Многолетнее летнезеленое короткокорневищное растение. В темнохвойных, широколиственных, лиственных и смешанных лесах, зарослях кустарников, на скалах, россыпях. Лесной неморальный реликтовый элемент (Sheremetova, Sheremetov, 2020).

Обычно в КА и ГШ, изредка в остальных районах.

Dryopteris dilatata (Hoffm.) A. Gray – авторы согласны с Н.Н. Цвелевым (Tzvelev, 2003) и рассматривают его как исключительно европейский вид, не произрастающий на исследованной территории. Указания *D. dilatata* и *D. assimilis* для Кемеровской области необходимо относить к *D. expansa*.

Под *Polystichum Rolh* – Многорядник

32. *Polystichum braunii* (Spenn.) Fee, 1852, Mem. Foug. 5: 278; Крылов, 1927, Фл. Зап. Сиб. 1: 31; Фомин, 1934, Фл. СССР, 1: 48; Данилов, 1988, Фл. Сиб. 1: 62; Шмаков, 2009, Определ. папорот. России: 97; Малышев, 2012, Консп. Фл. Аз. России: 19. – М. Брауна.

Многолетнее вечнозеленое короткокорневищное растение. В хвойных, смешанных лесах и в зарослях кустарников. Лесной неморальный реликтовый элемент (Sheremetova, Sheremetov, 2020).

Редко в КК, КА, СК и ГШ.

Красная книга Кузбасса (Krasnaya..., 2021), категория 3.

33. *P. lonchitis* (L.) Roth, 1800, Tent. Fl. Germ. 3(1): 71; Крылов, 1927, Фл. Зап. Сиб. 1: 30; Фомин, 1934, Фл. СССР, 1: 46; Данилов, 1988, Фл. Сиб. 1: 62; Шмаков, 2009, Определ. папорот. России: 94; Малышев, 2012, Консп. Фл. Аз. России: 19. – М. копьевидный.

Многолетнее вечнозеленое короткокорневищное растение. На скалах, осыпях, субальпийских лугах, по берегам ручьев в субальпийском и в верхней части лесного пояса; по скалистым местообитаниям в долинах рек спускается в среднюю часть лесного пояса. Реликт петрофитного комплекса (Sheremetova, Sheremetov, 2020).

Редко в КА.

Красная книга Кузбасса (Krasnaya..., 2021), категория 2.

Семейство *Onocleaceae Pichi Sermolli* – Оноклеевые

Под *Matteuccia Todaro* – Страусник

34. *Matteuccia struthiopteris* (L.) Tod. 1866, Giorn. Sci. Nat. Econ. Palermo 1(3–4): 235; Крылов, 1927, Фл. Зап. Сиб. 1: 18; Данилов, 1988, Фл. Сиб. 1: 52; Шмаков, 2009, Определ. папорот. России: 101; Малышев, 2012, Консп. Фл. Аз. России: 20. – *Struthiopteris filicastrum* All. 1785, Fl. Pedem.: 283; Фомин, 1934, Фл. СССР, 1: 29. – С. обыкновенный.

Многолетнее летнезеленое короткокорневищное растение. В пойменных и сырых лесах, зарослях кустарников, на лесных полянах. Лесной альпетаальный реликт – элемент широколиственных пойменных лесов, генетически связанный с группировками черноольшаников (Sheremetova, Sheremetov, 2020).

Обычно во всех районах.

Семейство *Woodsiaceae (Diels) Herier* – Вудсиевые

Под *Woodsia R. Br.* – Вудсия

35. *Woodsia asiatica* Schmakov et Kiselev, 1995, A Surv. Fam. Wood. Eur.: 40; Доронькин, 2003, Фл. Сиб. 14: 13; Шмаков, 2009, Определ. папорот. России: 106; Малышев, 2012, Консп. Фл. Аз. России: 22. – В. азиатская.

Многолетнее летнезеленое короткокорневищное растение. По скалам.

Очень редко в ГШ (гора Куйлюм – А.Н. Куприянов, О.А. Куприянов, Т.О. Стрельникова, Ю.А. Манаков, 2019, KUZ).

36. *W. calcarea* (Fomin) Shmakov et Kiselev, 1995, A Surv. Fam. Wood. Eur.: 29; Доронькин, 2003, Фл. Сиб. 14: 13; Шмаков, 2009, Определ. папорот. России: 106; Малышев, 2012, Консп. Фл. Аз. России: 22. – В. известняковая.

Многолетнее летнезеленое короткокорневищное растение. В трещинах скал.

Очень редко в СК (окр. с. Печеркино – С.А. Шереметова, Р.Т. Шереметов, А.А. Козловский, 2019, KUZ), редко в КА и ГШ.

Красная книга Кузбасса (Krasnaya..., 2021), категория 3.

37. *W. glabella* R. Br. 1823, Narr. Journey Polar Sea 754; Крылов, 1927, Фл. Зап. Сиб. 1: 14; Фомин, 1934, Фл. СССР, 1: 22; Данилов, 1988, Фл. Сиб. 1: 59; Шмаков, 2009, Определ. папорот. России: 104; Малышев, 2012, Консп. Фл. Аз. России: 22. – В. гладковатая.

Многолетнее летнезеленое короткокорневищное растение. На скалах, осыпях.

Редко в ГШ, КА.

38. *W. ilvensis* (L.) R. Br. 1810, Prodr. 158; Крылов, 1927, Фл. Зап. Сиб. 1: 13; Фомин, 1934, Фл. СССР, 1: 23; Данилов, 1988, Фл. Сиб. 1: 59; Шмаков, 2009, Определ. папорот. России: 108; Малышев, 2012, Консп. Фл. Аз. России: 23. – В. эльбская.

Многолетнее летнезеленое короткокорневищное растение. В трещинах скал.

Часто в КА и ГШ, изредка в СК, очень редко в КК (окр. с. Артышта – С.А. Шереметова, Т.Е. Буко, 2007, KUZ).

39. *W. pinatifida* (Fomin) Shmakov et Kiselev, 1995, A Surv. Fam. Wood. Eur.: 55; Доронькин, 2003, Фл. Сиб. 14: 13; Цвелев, 2005, Новости сист. высш. раст., 37: 44; Шмаков, 2009, Определ. папорот. России: 104; Малышев, 2012, Консп. Фл. Аз. России: 23. – *W. heterophylla* (Turcz. ex Fomin) Schmakov, 1995, A Surv. Fam. Wood. Eur.: 54; Доронькин, 2003, Фл. Сиб. 14: 13; Шмаков, 2009, Определ. папорот. России: 104; Малышев, 2012, Консп. Фл. Аз. России: 23. – В. перистонадрезанная.

Многолетнее летнезеленое короткочерешчатое растение. В трещинах затененных карбонатных скал.

Редко в КА, ГШ.

Красная книга Кузбасса (Красная..., 2021), категория 3.

КЛАСС SALVINIOPSIDA

Семейство *Salviniaceae* Martynov – Сальвиниовые

Под *Salvinia* Sequier – Сальвиния

40. *Salvinia natans* (L.) All. 1785, Fl. Pedem. 2: 289; Крылов, 1927, Фл. Зап. Сиб. 1: 46; Фомин, 1934, Фл. СССР, 1: 89; Красноборов, 1988, Фл. Сиб. 1: 75; Шмаков, 2009, Определ. папорот. России: 112; Малышев, 2012, Консп. Фл. Аз. России: 24. – С. плавающая.

Описан из Италии.

Однолетнее свободноплавающее растение. В водоемах со стоячей или медленно текущей водой, особенно в старицах крупных рек. Прибрежно-водный реликтовый элемент (Polozhiy, Krapivkina, 1985).

Редко в КК, ГШ и КА.

Красная книга Кузбасса (Красная..., 2021), категория 3.

Птеридофлора Кемеровской области представлена 40 видами из 18 родов и 13 семейств. К ведущим семействам птеридофлоры относятся Cystopteridaceae (8 видов), Dryopteridaceae (6 видов), Athyriaceae (5 видов), Woodsiaceae (5 видов) и Aspleniaceae (5 видов). На их долю приходится 29 видов (72.5% от общего числа). Только семейство Thelypteridaceae представлено на территории тремя родами, Cystopteridaceae, Dryopteridaceae и Athyriaceae – двумя, остальные одним.

Анализ географических элементов птеридофлоры показал, что в ней преобладают виды с широким гомарктическим типом ареала – 23 (57.5%). Следующая по разнообразию азиатская группа насчитывает 8 видов, из них три являются эндемиками Алтае-Саянской горной страны – *Asplenium sajanense*, *Cystopteris altaicensis* и *Woodsia calcarea*. Мультирегиональная группа насчитывает 5 видов: *Asplenium trichomanes*, *Botrychium lunaria*, *B. multifidum*, *Cystopteris fragilis* и *Dryopteris filix-mas*. В евразийской группе *Cystopteris sudetica* и *Matteuccia struthiopteris* относятся к собственно евразийской подгруппе, а *Pteridium pinetorum* к евро-сибирской. Самая небольшая американо-азиатская группа представлена двумя таксонами – *Cryptogramma stelleri* и *Polypodium sibiricum*.

Экологический состав птеридофлоры по режиму увлажнения отражает современные условия территории региона, в наибольшей степени способствующие произрастанию растений среднего увлажнения. На долю мезофитов и мезогигрофи-

тов приходится 92.8% видового состава. Ксеромезофиты и мезоксерофиты представлены двумя таксонами (5.0%), а гидрофиты одним – *Salvinia natans*. По фактору каменистости субстрата птеридофлора разделилась на две почти равные группы: петрофиты и непетрофиты. К первой – облигатным петрофитам – относятся 17 видов (42.5%): виды родов *Asplenium*, *Woodsia*, *Polypodium*. К факультативным петрофитам (4 вида) – *Cystopteris montana*, *C. sudetica*, *Gymnocarpium jessoense* и *Polystichum lonchitis*.

Эколого-ценотические группы (ценоэлементы) выделены на основе анализа распределения видов по экотопам (Yurtsev, Kamelin, 1991; Strelnikova, 2010; Sheremetova, Sheremetov, 2020) (табл. 1). Наиболее существенный вклад в состав птеридофлоры Кемеровской области вносят группы петрофитных (47.5%) и лесных (40.0%) видов. Петрофитная группа представлена преимущественно видами монтанной и горно-лесной поясно-зональных групп. Такое соотношение ведущих групп отражает условия региона – горный рельеф и преимущественно лесная растительность. Луговая эколого-ценотическая группа представлена двумя таксонами – *Botrychium lunaria* и *Pteridium pinetorum*, остальные по одному: болотная (*Thelypteris palustris*), водная (*Salvinia natans*) и высокогорная (*Athyrium distentifolium*).

Анализ распределения видов по географическим и эколого-ценотическим группам показал, что лесной ценоэлемент сложен преимущественно

Таблица 1. Распределение видов по эколого-географическим и эколого-ценотическим группам

Table 1. Distribution of species by ecological-geographical and ecological-cenotic groups

Поясно-зональная Belt-zonal	Эколого-ценотическая группа Ecological-cenotic group					
	ЛЕ	ЛУ	ПЕ	БО	ВО	ВЫ
Плюризонная Plurizonal	1	–	–	1	1	–
Монтанная Montane	–	–	12	–	–	–
Лесная Forest	13	1	1	–	–	–
Лесостепная Forest-steppe	–	1	–	–	–	–
Горно-лесная Mountain forest	3	–	6	–	–	1
Итого/Total	16	2	19	1	1	1
%	40.0	5.0	47.5	2.5	2.5	2.5

Примечание. Группы: ЛЕ – лесная, ЛУ – луговая, ПЕ – петрофитная, БО – болотная, ВО – водная, ВЫ – высокогорная. Note. Groups: ЛЕ – forest, ЛУ – meadow, ПЕ – petrophytic, БО – swamp, ВО – aquatic, ВЫ – high montane.

Таблица 2. Реликтовые элементы флоры папоротников Кемеровской области
Table 2. Relict elements of the fern flora of the Kemerovo Region

Возраст реликта Age of the relict	Экологические комплексы Ecological complexes	Реликтовые элементы Relict elements	Число видов Number of species	% от общего числа реликтов % of the total number of relicts
Третичные Tertiary	Мезофитный Mesophytic	Лесные неморальные – третичные элементы хвойно-широколиственных лесов Forest nemoral – Tertiary elements of coniferous-deciduous forests	4	15.4
		Лесные альнетальные – элементы пойменных ширококолиственных лесов Forest alnetal – elements of floodplain broad-leaved forests	1	4.0
		Высокотравные Tall grasses	1	4.0
		Прабореальные Praboreal	7	26.4
	Ксерофитный Xerophytic	Кверцетальные – лесные реликты дубрав Quercetal – forest relicts of oak forests	1	4.0
		Гидрофильный Hydrophilic	Водные и прибрежно-водные Aquatic and riparian	1
			Болотные и болотно-лесные Swamp and swamp-forest	2
Петрофитный Petrophytic		Реликтовые элементы петрофитона Relict elements of petrophyton	9	34.6
		Итого Total	26	100

видами с широкими ареалами – голарктическими (11 видов), азиатскими (1), евразийскими (2) и мультирегиональными (2). Петрофитная экологическая группа отличается сходным составом географических элементов, но содержит и виды-эндемики Алтае-Саянской горной страны.

Изучение состава жизненных форм проводилось согласно классификации И.Г. Серебрякова (Serebryakov, 1962, 1964). К травянистым монокарпикам в составе птеридофлоры Кемеровской области относится один вид – *Salvinia natans*, остальные являются травянистыми многолетними растениями, среди которых резко преобладают короткокорневищные – 57.5%, на длиннокорневищные приходится 30.0% и на кистекоорневищные – 10.0%.

Анализ реликтового компонента птеридофлоры показал, что 26 видов относятся к третичным реликтам (табл. 2). Большинство из них в своем происхождении связаны с лесной растительно-

стью палеоген-неогена (14 видов), девять видов относятся к реликтовому элементу петрофитона. Часть из последних, согласно мнению А.Л. Эбеля (Ebel, 2012) исходно имеют лесную природу, но перешли к обитанию на скалах: *Asplenium sajanense*, *A. trichomanes*, *Polypodium sibiricum* и *P. vulgare*. Другие, согласно И.И. Гуреевой (Gureyeva, 2001), являются реликтовыми элементами горных лесов плиоцена: *Asplenium viride*, *Cryptogramma stelleri*, *Polystichum lonchitis*, а часть – реликтовыми элементами скальных сухих местообитаний: *Asplenium ruta-muraria* и *A. septentrionale* (Sheremetova, 2020).

Разнообразию папоротников Кемеровской области снижается от горных районов к равнинным (табл. 3). Наибольшее количество видов приходится на районы Алатауско-Шорского нагорья – Кузнецкий Алатау (90.0% птеридофлоры) и Горную Шорию (77.5%). На наш взгляд, это обусловлено особенностями как их экологии, так и ис-

Таблица 3. Распределение видов папоротников по флористическим районам Кузбасса
Table 3. Distribution of fern species by floristic regions of Kuzbass

Район Area	Общее количество Total quantity	Обычно Usually	Часто Often	Изредка Occasionally	Редко Rarely	Очень редко Very rarely
Кузнецкий Алатау Kuznetskiy Alatau	36	6	4	5	18	3
Горная Шория Gornaya Shoriya	31	4	4	5	15	3
Салаирский кряж Salayskiy kryazh	25	4	2	6	9	5
Кузнецкая котловина Kuznetskaya kotlovina	20	4	2	5	6	3
Кия-Чулымский район Западно-Сибирской равнины Kiya-Chulyumskiy rayon Zapadno-Sibirskoy ravniny	18	3	2	6	4	3
Колывань-Томская возвышенность Kolyvan'-Tomskaya vozvyshennost'	15	2	2	6	4	1

торического развития региона в эпоху четвертичного оледенения, то есть наличием на указанных территориях рефугиумов и микрорефугиумов (Klimov, Proshkin, 2018).

На территории Кемеровской области 19 видов папоротников занесены в Красную книгу Кузбасса (Красная..., 2021), из них к первой категории — находящиеся под угрозой исчезновения — относят *Asplenium sajanense*, *A. septentrionale*, *A. trichomanes*, *Cystopteris altajensis* и *Cryptogramma stelleri*. К видам с категорией 2 — сокращающиеся в численности — *Polystichum lonchitis*, остальные охраняемые — редкие.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [Buiko] Буко Т.Е. 2002. Конспект флоры высших сосудистых растений заповедника “Кузнецкий Алатау”. — Бот. исследования Сибири и Казахстана. 8: 35–53.
- [Buiko et al.] Буко Т.Е., Шереметова С.А., Эбель А.Л. 2009. Новые местонахождения редких видов, внесенных в “Красную Книгу Кемеровской области”. — Бот. исследования Сибири и Казахстана. 15: 91–93.
- [Buiko] Буко Т.Е. 2010. К вопросу о редких папоротниках во флоре Кемеровской области. — Флора и растительность антропогенно нарушенных территорий. 6: 164–168.
- [Czerapanov] Черепанов С.К. 1995. Сосудистые растения России и сопредельных государств. СПб. 990 с.
- [Ebel] Эбель А.Л. 2012. Конспект флоры северо-западной части Алтае-Саянской провинции. Кемерово. 568 с.
- [Gureyeva] Гуреева И.И. 2000. О видах рода *Athyrium filix-femina* (L.) Roth. в Южной Сибири. — Систе-

матические заметки по материалам Гербария им. П.Н. Крылова Томского гос. ун-та. 92: 4–10.

- [Gureyeva] Гуреева И.И. 2001. Равноспоровые папоротники Южной Сибири. Систематика, происхождение, биоморфология, популяционная биология. Томск. 158 с.
- IPNI: The International Plant Names Index. 2022. <http://www.ipni.org>. Дата обращения 01.06.2022
- [Krasnoborov] Красноборов И.М. 1988. Семейство Polypodiaceae. — В кн.: Флора Сибири. Новосибирск. Т. 1. С. 74–75.
- [Klimov, Romanov] Климов А.В., Романов В.Ю. 2009. Папоротники горы Марганцевой и горы Скала (Кузнецкий Алатау). — Проблемы промышленной ботаники индустриально развитых регионов. Материалы II Российской науч. конф. с междунар. участием. Кемерово. С. 103–107.
- [Klimov et al.] Климов А.В., Курбатский В.И., Романов В.Ю. 2011. Новые местонахождения редких видов папоротников в Кемеровской области. — Систематические заметки по материалам Гербария им. П.Н. Крылова Томского гос. ун-та. 104: 28–31.
- [Klimov, Gulyaeva] Климов А.В., Гуляева А.Ф. 2015. Папоротники флоры заповедника “Кузнецкий Алатау”. — В сб.: Науки о земле, биоразнообразии и проблемы его сохранения, экологическая безопасность. Перспективы естественнонаучного образования. Кемерово. С. 44–49.
- [Klimov, Proshkin] Климов А.В., Прошкин Б.В. 2018. Популяционно-фенетическая структура тополя лавролистного *Populus laurifolia* Ledeb. в бассейне реки Томи. — Сибирский лесной журнал. 5: 62–75.
- [Krasnoborov] Красноборов И.М. 2006. Исследователи флоры Кемеровской области. — Бот. исследования Сибири и Казахстана. 12: 134–147.

- [Krasnaya...] Красная книга Кузбасса. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды растений и грибов. Т. 1. 2021. Кемерово. 240 с.
- [Krylov] Крылов П.Н. 1927. Флора Западной Сибири. Вып. I. Томск. 138 с.
- [Kupriyanov] Куприянов А.Н. 2009. Ужовник обыкновенный (*Ophioglossum vulgatum* L.) на юге Сибири. – Вестник Томского гос. ун-та. Биология. 2 (6): 13–16.
- [Lashchinsky] Лашинский Н.Н. 1999. Папоротниковые поляны высокогорий Кузнецкого Алатау. Заповедник “Кузнецкий Алатау”. Кемерово. С. 94–101.
- [Lashchinsky et al.] Лашинский Н.Н., Седельникова Н.В., Сафонова Т.А., Писаренко О.Ю., Перова Н.В., Горбунова И.А., Лашинская Н.В. 2007. Флора Салаирского кряжа. Новосибирск. 252 с.
- [Opredelitel...] Определитель растений Кемеровской области. 2001. Новосибирск. 477 с.
- [Polozhiy, Kravivkina] Положий А.В., Крапивкина Э.Д. 1985. Реликты третичных широколиственных лесов во флоре Сибири. Томск. 157 с.
- [Serebryakov] Серебряков И.Г. Экологическая морфология растений. 1962. М. 378 с.
- [Serebryakov] Серебряков И.Г. 1964. Жизненные формы высших растений и их изучение. – Полевая геоботаника. 3: 146–205.
- [Sheremetova et al.] Шереметова С.А., Хрусталева И.А., Куприянов А.Н., Стрельникова Т.О., Яковлева Г.И., Роткина Е.Б. 2021. Дополнения к флоре Кемеровской области (2010–2020 гг.). – Бот. журн. 16 (7): 696–702.
- [Sheremetova et al.] Шереметова С.А., Хрусталева И.А., Эбель А.Л., Куприянов А.Н., Андреев Б.Г., Стрельникова Т.О., Эбель Т.В., Гудкова П.Д. 2022. Новые и редкие виды во флоре Кузбасса. – Turczaninowia. 25 (1): 86–104.
- [Sheremetova] Шереметова С.А. 2019. К вопросу о флористическом районировании Кемеровской области. – Бот. исследования Сибири и Казахстана. 25: 34–41.
- [Sheremetova, Sheremetov] Шереметова С.А., Шереметов Р.Т. 2020. Бассейн реки Томь: флористические и физико-географические особенности. Новосибирск. 323 с.
- [Shmakov] Шмаков А.И. 2005. Отдел Polypodiophyta – Папоротниковидные. Флора Алтая. Т. 1. Барнаул. С. 88–148.
- [Shmakov] Шмаков А.И. 2009. Конспект папоротников Северной Азии. – Turczaninowia. 12 (3–4): 88–148.
- [Strelnikova] Стрельникова Т.О. 2010. Флора Башчелакского хребта. Новосибирск. 225 с.
- Tropicos.org. Missouri Botanical Garden. 2022. <http://www.tropicos.org>. Дата обращения 01.06.2022
- [Tzvelev] Цвелев Н.Н. 2003. О роде *Dryopteris* Adans. (Dryopteridaceae) в Восточной Европе. – Новости сист. высш. раст. 35: 7–20.
- [Yurtsev, Kamelin] Юрцев Б.А., Камелин Р.В. 1991. Основные понятия и термины флористики. Пермь. 81 с.

SYNOPSIS OF FERNS OF KEMEROVO REGION – KUZBASS

A. V. Klimov^{a,b} and B. V. Proshkin^{c,#}

^aInEKA-consulting Lazo Str., 4, Novokuznetsk, 654027, Russia

^bKuzbass Humanitarian Pedagogical Institute of Kemerovo State University
Tsiolkovsky Str., 23, Novokuznetsk, 654041, Russia

^cKuzbass Institute of the Federal Penitentiary Service of Russia
Oktjabrsky Ave., 49, Novokuznetsk, 654066, Russia

[#]e-mail: boris.vladimirovich.93@mail.ru

Ferns play an important role in the flora and composition of the vegetation cover of the Kemerovo Region. Active research in the region in recent years has led to the identification of new taxa, revision of the circumscription of some genera and families, and clarification of their localities. The purpose of this work is to clarify modern taxonomic composition of the pteridoflora of Kuzbass and the features of distribution of its taxa. The materials for the work were obtained from the authors' field research, the study of the collections of the P.N. Krylov Herbarium of Tomsk State University (TK), Tomsk, and Herbarium of the Kuzbass Botanical Garden (KUZ), Kemerovo. The fern flora of the Kemerovo Region comprises 40 species from 18 genera and 13 families. An analysis of the geographic elements of the fern flora has shown that it is dominated by species with a wide Holarctic ranges. The ecological composition according to the moisture regime reflects current conditions of the region, with mesophytes and mesohygrophytes accounting for 92.8% of the species composition. According to the factor of the substrate rockiness, two subequal groups are distinguished: petrophytes and non-petrophytes. The groups of petrophytic (47.5%) and forest (40.0%) species make the highest contribution to the composition of the fern flora. Herbaceous monocarpics are represented by *Salvinia natans* only, the rest are perennials. The analysis of the relict component has shown that 26 taxa belong to the tertiary relicts, most of which are associated in their origin with forest vegetation of the Paleogene-Neogene, nine taxa belong to the relict element of the petrophyton. 19 fern species are listed in the Red Book of Kuzbass.

Keywords: pteridoflora, ferns, taxa, relicts, analysis of flora

REFERENCES

- Buko T.E. 2002. Synopsis of the flora of higher vascular plants of the reserve "Kuznetsk Alatau". — Bot. research of Siberia and Kazakhstan. 8: 35–53 (In Russ.).
- Buko T.E., Sheremetova S.A., Ebel A.L. 2009. New locations of rare species listed in the Red Book of the Kemerovo region. — Bot. research of Siberia and Kazakhstan. 15: 91–93 (In Russ.).
- Buko T.E. 2010. On the issue of rare ferns in the flora of the Kemerovo region. — Flora and vegetation of anthropogenically disturbed territories. 6: 164–168 (In Russ.).
- Czerepanov S.K. 1995. Sosudistyye rasteniya Rossii i soprodel'nykh gosudarstv [Vascular plants of Russia and neighboring states]. St. Petersburg. 990 p. (In Russ.).
- Ebel A.L. 2012. Konspekt flory severo-zapadnoy chasti Altaye-Sayanskoy provintsii [Synopsis of the flora of the northwestern part of the Altai-Sayan province]. Kemerovo. 568 p. (In Russ.).
- Gulyaeva A.F., Klimov A.V., Romanov V.Yu. 2013. Synopsis of petrophytic ferns of the flora of the Kemerovo region. — Bulletin of the Kuzbass State Pedagogical Academy. 1 (26): 128–135 (In Russ.).
- Gureyeva I.I. 2000. On species of the *Athyrium filix-femina* (L.) Roth. relationship in Southern Siberia. Sistematische zametki po materialam Gerbariya imeni P.N. Krylova Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. 92: 4–10 (In Russ.).
- Gureyeva I.I. 2001. Homosporous ferns of South Siberia. Taxonomy, origin, biomorphology, population biology. Tomsk. 158 p. (In Russ.).
- IPNI: The International Plant Names Index. 2022. <http://www.ipni.org> (Accessed 01.06.2022).
- Krasnoborov I.M. 1988. Polypodiaceae. In: Flora Sibiri [Flora of Siberia]. Novosibirsk. V. 1. P. 74–75 (In Russ.).
- Klimov A.V., Romanov V.Yu. 2009. Ferns of Mount Manganese and Mount Skala (Kuznetsk Alatau). — Problems of industrial botany of industrially developed regions. Proceedings of the II Russian Scientific Conference with International Participation, Kemerovo. P. 103–107 (In Russ.).
- Klimov A.V., Kurbatsky V.I., Romanov V.Yu. 2011. New locations of rare species of ferns in the Kemerovo region. — Sistematische zametki po materialam Gerbariya imeni P.N. Krylova Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. 104: 28–31 (In Russ.).
- Klimov A.V., Gulyaeva A.F. 2015. Ferns of the flora of the reserve "Kuznetsk Alatau". — In: Earth sciences, biodiversity and problems of its conservation, environmental safety. Prospects for natural science education. Kemerovo. P. 44–49 (In Russ.).
- Klimov A.V., Proshkin B.V. 2018. Population and phenetic structure of laurel poplar *Populus laurifolia* Ledeb. in the Tom River basin. — Sib. J. For. Sci. 5: 62–75.
- Krasnoborov I.M. 2006. Researchers of the flora of the Kemerovo region. — Bot. research of Siberia and Kazakhstan. 12: 134–147 (In Russ.).
- Krasnaya kniga Kuzbassa [Red Data Book of Kuzbass]. Redkiye i podrazumevayemye pod popadaniye vidov rasteniy i gribov [Rare and endangered species of plants and fungi]. 2021. Kemerovo. Vol. 1. 240 p. (In Russ.).
- Krylov P.N. 1927. Flora of Western Siberia. Issue I. Tomsk. 138 p. (In Russ.).
- Kupriyanov A.N. 2009. Common grasshopper (*Ophioglossum vulgatum* L.) in the south of Siberia. — Bulletin of the Tomsk State University. Biology. 2 (6): 13–16 (In Russ.).
- Lashchinsky N.N. Filix glades montanorum Kuznetsk Alatau. Kuznetsk Y Alatau Naturae Subsidium [Fern glades of the highlands of the Kuznetsk Alatau. Kuznetsky Alatau Nature Reserve]. Kemerovo. 1999. P. 94–101 (In Russ.).
- Lashchinsky N.N., Sedelnikova N.V., Safonova T.A., Pisarenko O.Yu., Perova N.V., Gorbunova I.A., Lashchinsky N.V. 2007. Flora of the Salair Ridge. Novosibirsk. 252 p. (In Russ.).
- Opredelitel rasteniy Kemerovskoy oblasti [Key to plants of the Kemerovo region]. 2001. Novosibirsk. 477 p. (In Russ.).
- Serebryakov I.G. 1962. Ecological morphology of plants. Moscow. 378 p. (In Russ.).
- Serebryakov I.G. 1964. Life forms of higher plants and their study. — Field geobotany. 3: 146–205 (In Russ.).
- Sheremetova S.A., Khrustaleva I.A., Kupriyanov A.N., Strelnikova T.O., Yakovleva G.I., Rotkina E.B. 2021. Additions to the flora of the Kemerovo region (2010–2020). — Bot. Zhurn. 16 (7): 696–702 (In Russ.).
- Sheremetova S.A., Khrustaleva I.A., Ebel A.L., Kupriyanov A.N., Andreev B.G., Strelnikova T.O., Ebel T.V., Gudkova P.D. 2022. New and rare species in the flora of Kuzbass. — Turczaninowia. 25 (1): 86–104 (In Russ.).
- Sheremetova S.A. 2019. On the issue of floristic zoning of the Kemerovo region. — Bot. research Siberia and Kazakhstan. 25: 34–41 (In Russ.).
- Sheremetova S.A., Sheremetov R.T. 2020. Basin of the Tom River: floristic and physiographic features. — Novosibirsk. 323 p. (In Russ.).
- Shmakov A.I. 2005. Polypodiophyta. — In: Flora Altaica. Vol. 1. Barnaul. P. 158–255 (In Russ.).
- Shmakov A.I. 2009. Synopsis of the ferns of North Asia. — Turczaninowia. 12 (3–4): 88–148 (In Russ.).
- Strelnikova T.O. 2010. Flora of the Baschelak Range. Novosibirsk. 225 p. (In Russ.).
- Tropicos.org. Missouri Botanical Garden. 2022. <http://www.tropicos.org> (Accessed 01.06.2022)
- Tzvelev N.N. 2003. De genere *Dryopteris* Adans. (Dryopteridaceae) in Europa Orientali. — Novosti Sistematiki Vyssh. Rast. 35: 7–20 (In Russ.).
- Yurtsev B.A., Kamelin R.V. 1991. Osnovnye ponyatiya i terminy floristiki [Basic concepts and terms of floristry]. Perm. 81 p. (In Russ.).

ОСОБЕННОСТИ АДсорбЦИИ взвешенных частиц хвоей И ЛИСТЬЯМИ ДЕРЕВЬЕВ ГОРОДСКИХ ЛЕСОВ ИРКУТСКА

© 2023 г. Т. А. Михайлова¹, О. В. Шергина^{1,*}, А. С. Миронова¹

¹Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН
ул. Лермонтова, 132, Иркутск, 664033, Россия

*e-mail: sherolga80@mail.ru

Поступила в редакцию 25.01.2023 г.

После доработки 11.04.2023 г.

Принята к публикации 18.04.2023 г.

Исследовалось загрязнение естественных лесов, сохранившихся на территории Иркутска, по уровню адсорбции аэрозольных (взвешенных) частиц основными лесообразующими видами древесных растений. На созданных пробных площадях отбирали образцы хвои сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), лиственницы сибирской (*Larix sibirica* Ledeb.), листьев березы повислой (*Betula pendula* Roth) для исследования их сорбционной способности по отношению к взвешенным частицам. С использованием методов растровой сканирующей электронной микроскопии и рентгеноспектрального микроанализа было показано большое разнообразие форм, размеров, химического состава взвешенных частиц на поверхности хвои и листьев. Обнаружено, что в наибольшем количестве адсорбированные частицы содержат углерод, кремний, серу, кальций, фосфор, хлор, магний, значительна доля тяжелых металлов, присутствующих в виде металлизированных скоплений частиц, в которых содержание металлов может достигать 80%. Показано, что аэрозольные частицы активно проникают в ткани хвои/листа через устьица и кутикулу, повреждая их. При сильном уровне загрязнения взвешенными частицами часто наблюдается полное закупоривание устьиц и разрушение покровных тканей. Высокий уровень адсорбции взвешенных частиц хвоей и листьями деревьев свидетельствует о высокой очищающей способности городских лесов. В то же время загрязнение взвешенными частицами оказывает мощное негативное воздействие на физиолого-биохимические процессы растительного организма, что проявляется в выраженном нарушении параметров фотосинтеза, транспирации, в угнетении ростовых процессов.

Ключевые слова: городские леса, адсорбция взвешенных частиц, сканирующая электронная микроскопия, рентгеноспектральный микроанализ, химический состав частиц, физиолого-биохимические и морфоструктурные нарушения древесных растений

DOI: 10.31857/S0006813623050071, **EDN:** YZKCGI

Исследования воздействия техногенного загрязнения на растительный организм имеют давнюю историю как у нас в стране (Nikolayevskiy, 1979; Kulagin, 1980; Fitotoksichnost'..., 1986; Rozhkov, Mikhailova, 1993), так и за рубежом (Guderian, 1979; Vliyaniye..., 1981; Smit, 1985). Хорошо изучено негативное влияние на травянистые и древесные растения приоритетных токсикантов, в том числе диоксида серы, фтористого водорода, хлора, ряда тяжелых металлов. Выявлен ряд диагностических морфоструктурных и биохимических показателей древесных растений, пригодных для оценки жизненного состояния древостоев, загрязняемых промышленными эмиссиями. Вместе с тем, в последнее десятилетие появился особый тренд в исследованиях загрязнения природной среды, а именно: активно изучается влияние на живые организмы аэрозольных частиц. В англоязычной литературе они получили название

взвешенные частицы (Particulate Matter, PM), и ВОЗ рассматривает их как наиболее распространенные и опасные загрязнители атмосферного воздуха, особенно в городах (Zagryazneniye..., 2022). Возникший большой интерес к изучению PM во многом обусловлен разнообразием их размеров, химического состава, морфологических признаков, в результате чего они могут содержать практически все известные техногенные поллютанты, в том числе фториды, хлорсодержащие, серосодержащие, нитраты, аммиак, тяжелые металлы, полиароматические углеводороды (ПАУ), а также патогенные микроорганизмы, вирусы, аллергены (Baldacchini et al., 2019; Xin et al., 2021). Поэтому результаты измерения PM в воздухе дают достаточно исчерпывающую информацию об уровне и характере его загрязнения. В сети Интернет доступна карта, где приводятся сведения о качестве воздуха по индексу AQI (при его расчете

учитывается концентрация РМ) в городах большинства стран мира, поступающие от многочисленных мониторинговых станций в режиме реального времени (Live..., 2022).

Исследователи считают, что одним из эффективных методов снижения загрязненности воздушного бассейна городов является создание разных типов зеленых насаждений как мощных фитодетоксификаторов в отношении РМ (Letter, Jäger, 2020; Wu et al., 2022). На наш взгляд, ключевая экосистемная функция по очищению воздуха принадлежит естественным лесам, как устойчивым экосистемам, сохранившимся в пределах городов. Однако во многих городах разных стран ощущается явный недостаток или отсутствие этого компонента урбоэкосистемы, поэтому там создаются разнообразные типы искусственного озеленения и ведутся активные исследования по выявлению видов древесных растений, наиболее эффективно поглощающих РМ_x (Yang et al., 2015; Jin et al., 2021; Vigevani et al., 2022). Современные технологии, включая сканирующую электронную микроскопию (SEM), энергодисперсионную рентгеновскую спектроскопию (EDS), энергодисперсионный рентгеноструктурный анализ (EDAX), позволяют не только измерить количество адсорбированных РМ_x листьями деревьев, но и показать распределение/картирование их на поверхности, установить качественный (химический) состав частиц и выявить источник возникновения РМ_x – природный или антропогенный (Tang et al., 2022; Usman et al., 2022). Актуальность подобных исследований несомненна, принимая во внимание, что в настоящее время налицо два параллельных процесса – возрастающее загрязнение городов и неуклонное увеличение городского населения. Имея большой опыт фитотоксикологических исследований и учитывая важность проблемы, мы предприняли изучение адсорбции загрязняющих взвешенных частиц (РМ_x) городскими лесами, расположенными на территории крупного города, характеризующегося жесткими природными условиями и высоким индексом загрязнения атмосферы (ИЗА). Цель работы – выявить особенности распределения, морфологии, химического состава взвешенных частиц различного ряда РМ_{0,3}, РМ_{0,5}, РМ₁, РМ_{2,5}, РМ₅, РМ₁₀, адсорбированных хвоей/листьями основных лесобразующих видов (*Pinus sylvestris* L., *Larix sibirica* Ledeb., *Betula pendula* Roth) в естественных городских лесах Иркутска.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования выполнялись на территории Иркутска – крупного города Восточной Сибири площадью 280 кв. км, из которых около 20% приходится на городские леса естественного проис-

хождения, сохранившиеся в лесопарковых зонах и на окраинах города (Lesokhozyaystvennyu..., 2017). В лесах преобладают сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris*), лиственница сибирская (*Larix sibirica*), береза повислая (*Betula pendula*), реже встречаются ель сибирская (*Picea obovata* Ledeb.), осина (*Populus tremula* L.). В кустарниковом ярусе часты ива скрытная (*Salix abscondita* Laksch.), боярышник кроваво-красный (*Crataegus sanguinea* Pallas), черемуха уединенная (*Padus avium* Miller). В травяном покрове преобладающими видами являются ветреница сибирская (*Anemone sibirica* L.), горошек мышиный (*Vicia cracca* L.), полынь горькая (*Artemisia absinthium* L.), хвощ полевой (*Equisetum arvense* L.), тысячелистник обыкновенный (*Achillea millefolium* L.), кровохлебка аптечная (*Sanguisorba officinalis* L.), земляника зеленая (*Fragaria viridis* Duch.), осока обыкновенная (*Carex vulgaris* Fr.), подорожник средний (*Plantago media* L.), мятлик луговой (*Poa pratensis* L.), герань Власова (*Geranium vlassovianum* Fisch. ex Link). Естественные городские леса произрастают в основном на серых лесных среднетяжелых почвах (Shergina, Mikhaylova, 2007).

В городских лесах было выбрано 8 лесных массивов размерами от 10 до 15 га. Для проведения исследований в пределах каждого лесного массива закладывали пробную площадь (ПП) в соответствии с международной методикой ICP Forests (Manual..., 2010), фоновая (эталонная) ПП располагалась на удалении 120 км от города (рис. 1). Размер каждой ПП составлял 0,1 га (1000 м²). В табл. 1 приводится краткая характеристика обследованных ПП с указанием степени рекреационной нагрузки, определенной по Н.М. Большакову (Bol'shakov, 2006), и индекса загрязнения атмосферы (ИЗА), рассчитанного по методике Росгидромета (Rukovodstvo..., 2006). Именно эти два фактора (рекреационная нагрузка и техногенное загрязнение) оказывают наибольшее негативное влияние на состояние городских лесов. На каждой ПП в середине вегетационного периода производили отбор усредненных (смешанных) проб хвои сосны и лиственницы, листьев березы с 6–10 деревьев каждого вида, после чего пробы сразу доставлялись в лабораторию в изотермическом контейнере Mobicool MP30. Далее после соответствующей пробоподготовки проводили исследования физиолого-биохимических показателей в 3–5 аналитических повторностях. Из свежих усредненных проб хвои/листьев с помощью метода квартования отбиралось 8–12 образцов для анализа их поверхностного загрязнения частицами аэрозоля методом сканирующей электронной микроскопии. Для выполнения работ использовалось сертифицированное оборудование Лимнологического института СО РАН (г. Иркутск): растровый электронный микроскоп FEI Company Quanta 200 с приставкой рентгеновского мик-

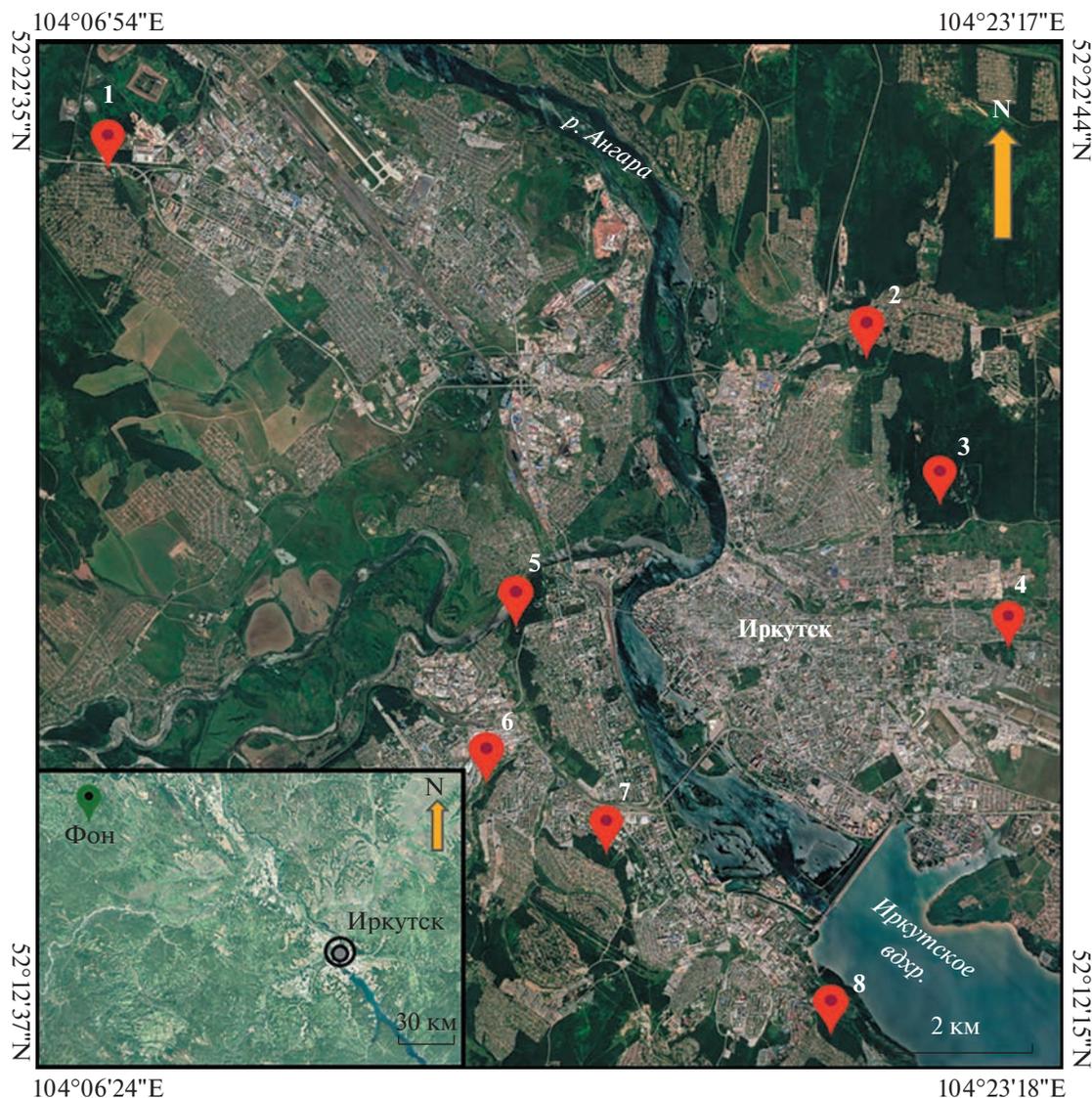


Рис. 1. Расположение пробных площадей в городских лесах на территории г. Иркутска и местоположение фоновой пробной площади.

Fig. 1. Location of test plots in urban forests in the Irkutsk city; in the inset – the location of a background test plot.

роанализа с беззотным охлаждением GENESIS XM 2 60 – Imaging SEM with APOLLO 10 и приставкой EDAX. Проводили качественный и количественный микроанализ частиц PM_x с помощью энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии (EDS) и картирование распределения химических элементов на поверхности хвои/листьев. Были получены фотографии высокого разрешения (увеличение от 800 до 2000 крат) поверхностного загрязнения хвои сосны и лиственницы, листьев березы; чтобы установить размеры, химический состав и концентрацию PM_x использовалось увеличение размеров частиц 16000 крат.

Для выявления негативного воздействия PM_x на физиолого-биохимические процессы древесных

растений на каждой ПП определяли комплекс показателей, включая: интенсивность, продуктивность, эффективность фотосинтеза; активность темного дыхания; скорость транспирации; содержание в хвое/листьях пигментов (хлорофиллов и каротиноидов), уровень хлорофиллов в светособирающем комплексе (ССК). Изучение фотосинтетической способности древесных растений проводилось на станции искусственного климата (фитотроне) СИФИБР СО РАН в ростовой камере Binder KBW 240 по измерению газообмена CO_2-O_2 и транспирации хвои/листьев на срезанных побегах (в трехкратной повторности) в экспериментальной вакуумной поликарбонатной камере со встроенным инфракрасным газоанализатором

Таблица 1. Краткая характеристика обследованных пробных площадей (ПП) в городских лесах на территории Иркутска**Table 1.** Brief description of test plots (TP) surveyed in urban forests of the Irkutsk city

№ ПП No TP	Тип леса Forest type	Формула древостоя Tree-stand formula	Сомкнутость крон, % Crown density, %	Техногенное загрязнение (по ИЗА) Technogenic pollution (according to API*)	Рекреационная нагрузка Recreational load
1	Березово-сосновый осоково-разнотравный Birch-pine, sedge-forbs	7P3B	65	Сильное High	Средняя Moderate
2	Березово-сосновый разнотравно-осоковый Birch-pine, forb-sedge	6P4B	55	Среднее Moderate	Средняя Moderate
3	Березово-сосновый мохово-разнотравный Birch-pine, moss-forbs	7P3B	70	Низкое Low	Низкая Low
4	Березово-сосновый с примесью листвен- ницы осоково-разно- травный Birch-pine with larch admixture, sedge-forbs	6P4B+L	40	Сильное High	Сильная High
5	Березово-сосновый с примесью листвен- ницы разнотравный Birch-pine with larch admixture, forbs	7P3B+L	50	Сильное High	Средняя Moderate
6	Березово-сосновый осоково-разнотравный Birch-pine, sedge-forbs	6P4B	60	Среднее Moderate	Средняя Moderate
7	Сосново-березовый осоково-разнотравный Pine-birch, sedge-forbs	6B4P	50	Среднее Moderate	Средняя Moderate
8	Сосново-березовый осоково-разнотравный Pine-birch, sedge-forbs	7B3P	65	Низкое Low	Низкая Low
Фон Bg**	Березово-сосновый с примесью листвен- ницы мохово-разно- травный Birch-pine with larch admixture, moss-forbs	7P3B+L	80	Нет No	Нет No

Примечание. Формула древостоя: P – *Pinus sylvestris*, B – *Betula pendula*, L – *Larix sibirica*.

Note. Tree-stand formula: P – *Pinus sylvestris*, B – *Betula pendula*, L – *Larix sibirica*. *API – air pollution index; **Bg – background test plot.

CO₂ (РТН, Protmex), газоанализатором O₂ (Smart sensor Pro AS8901), монитором качества воздуха (Air Master 2 AM7), датчиками температуры и влажности (Elitech RC-5 Data Logger GSP-6, Engbird IBS-TH1). Данные измерений передавались на монитор компьютера. Содержание хлорофиллов и каротиноидов определяли спектрофотометрическим методом в свежих образцах

хвои/листьев после предварительной экстракции химически чистым ацетоном, оптические плотности вытяжек измеряли при длинах волн 662, 644 и 440.5 нм (Praktikum..., 1990). Расчет доли хлорофиллов, локализованных в светособирающем комплексе (ССК), производили по формуле Лихтенталера (Lichtenthaler, 1987). Состояние ассимилирующей фитомассы на каждой ПП оце-

нивали по ряду морфоструктурных параметров 10 деревьев: уровню дефолиации крон, у хвойных – по длине побегов 2-го года жизни как наиболее физиологически активных, массе хвои на побегах; толщине и массе листьев березы; фотосинтезирующему объему кроны. Последний параметр измеряли с использованием лазерного дальномера Huepar HLR1000 и прибора Photosynthesis light quantum meter TES 1339P, расчет проводили по формуле объема усеченного конуса с поправочным коэффициентом на дефолиацию (Taksatsiya..., 2020).

Для статистической обработки всех полученных данных применяли программу “Среда статистических вычислений R” и ее использование в Data Mining. Вычислялись средние величины каждого параметра и их стандартные отклонения. Для установления корреляций между показателями использовали непараметрический коэффициент Спирмена. Проверку равенства средних значений в парных выборках проводили с помощью *t*-критерия. Достоверность различий оценивали с помощью критерия Манна–Уитни (при $P \leq 0.05$). Расчет коэффициента корреляции Спирмена предполагал, что переменные X и Y измеряются в шкале отношений, распределены нормально и число значений переменной X равно числу значений переменной Y. Проведенный статистический анализ позволил выявить достоверность различий между физиолого-биохимическими, морфоструктурными, ростовыми показателями древесных растений на городских ПП и на фоновой ПП. Все приведенные в данной работе значения показателей имеют статистически достоверные различия.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Чтобы оценить аккумулирующую способность городских древесных растений по отношению к аэрозольным (взвешенным) частицам, вначале было проведено исследование загрязнения воздушной среды городских лесов этими частицами. На каждой ПП было измерено содержание PM_x в атмосферном воздухе с использованием монитора качества воздуха Air detector AM7P, “Environmental Protection Agency”, US. Выявлено, что во всех лесных массивах концентрация аэрозольных частиц значительно превышала фоновую, измеренную на ПП, расположенной в 120 км от города. Самое высокое содержание PM_x в воздухе составляло 3670 мкг/м^3 , самое низкое – 1025 мкг/м^3 , в то время как на фоновом участке – 231 мкг/м^3 . Для сравнения было измерено также содержание взвешенных частиц на городском участке, лишенном растительности, результат показал, что уровень PM_x в воздухе этого участка превышал 8000 мкг/м^3 . Было обнаружено, что во всех случаях регистрируется наибольшая концентрация тонкодисперсных

взвешенных частиц $PM \leq 2.5$, представляющих наибольшую опасность для здоровья людей, а также и для растений, поскольку они способны легко проникать в ассимиляционные органы.

При исследовании городских древесных растений показана интенсивная адсорбция взвешенных частиц размерного ряда $PM_{0.3}$, $PM_{0.5}$, PM_1 , $PM_{2.5}$, PM_5 , PM_{10} поверхностью хвои/листьев. Сильно загрязненная хвоя сосны (ПП 1, 4, 5) может быть покрыта частицами твердого аэрозоля на 50–75%, при этом часто наблюдается полное закупоривание устьиц и разрушение покровных тканей (рис. 2, 3). Поверхность хвоинок лиственницы (эпидермиса и кутикулы) выглядит бугорчатой, видны образования в виде складок, гребневидных выступов, что способствует активной адсорбции взвешенных частиц. На микрофотографиях можно видеть, что участки между складками сплошь покрыты частицами аэрозоля, а массовое проникновение частиц в устьица часто приводит к деформации последних, они становятся вытянутыми, приобретая форму прямоугольника (рис. 4). Поскольку покровные ткани хвои лиственницы более тонкостенные, они в большей степени уязвимы для взвешенных частиц, особенно содержащих тяжелые металлы. При исследовании листьев березы также обнаружены большие скопления разноразмерных взвешенных частиц на их поверхности, на ряде ПП (1, 4, 5, 6) слой адсорбированных PM_x настолько плотный, сплошь охватывающий верхнюю поверхность листа, что на микрофотографиях нельзя увидеть даже небольшие участки самих покровных тканей. Предполагаем, что такая картина объясняется тем, что молодые листья березы покрыты смолистыми веществами, что обуславливает их клейкость, поэтому на них особенно активно сорбируются загрязняющие частицы, на первый слой налагается следующий, и в течение вегетационного периода происходит все большее накопление частиц, возможно, этим объясняется утолщение листьев и увеличение их массы при сильном загрязнении. Еще одна специфика березы – большая доля частиц отлагается на верхней стороне листа, по ходу жилкования, а также на трихомах (рис. 5), в то время как на нижней стороне листа их гораздо меньше, не более 30% от всего количества.

При картировании распределения частиц по поверхности хвои/листьев было вычислено процентное содержание в них химических элементов (рис. 6). PM частицы в наибольшем количестве содержат кремний, серу, кальций, фосфор, хлор, магний, значительна также доля углерода и тяжелых металлов (Cd, Pb, Al, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb, V, W, Zn), присутствующих в виде металлизированных скоплений разноразмерных частиц, способных активно проникать внутрь тканей через устьица и кутикулу. Процентное содер-

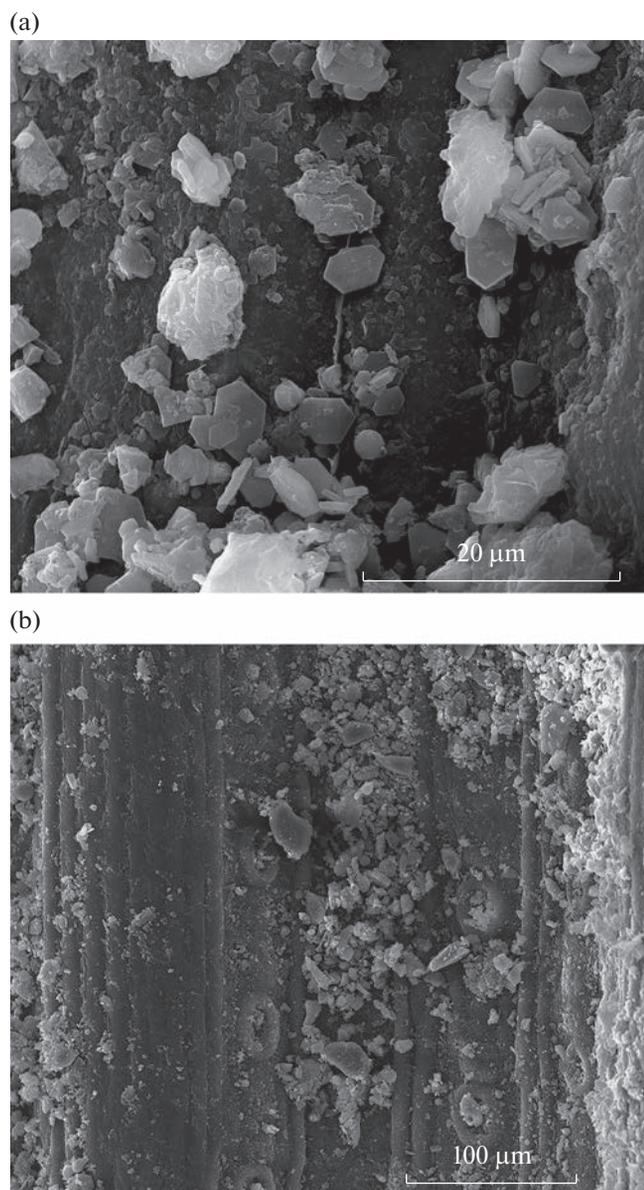


Рис. 2. Поверхность хвои сосны с адсорбированными на ней РМх частицами.

Fig. 2. Surface of pine needles with PMx particles adsorbed.

жание тяжелых металлов на поверхности хвои от общей массы всех элементов в исследованных образцах варьировало от 7 до 50%. В особенно крупных металлизированных скоплениях содержание металлов достигало 80%. Частицы, содержащие металлы, как правило, имеют шарообразную форму и способны притягиваться друг к другу с помощью своих магнитных полей, образуя скопления. На полученных фотографиях можно видеть, что размеры и форма частиц характеризуются большим разнообразием (рис. 7). На фоновой ПП на поверхности хвои/листьев обнаружива-

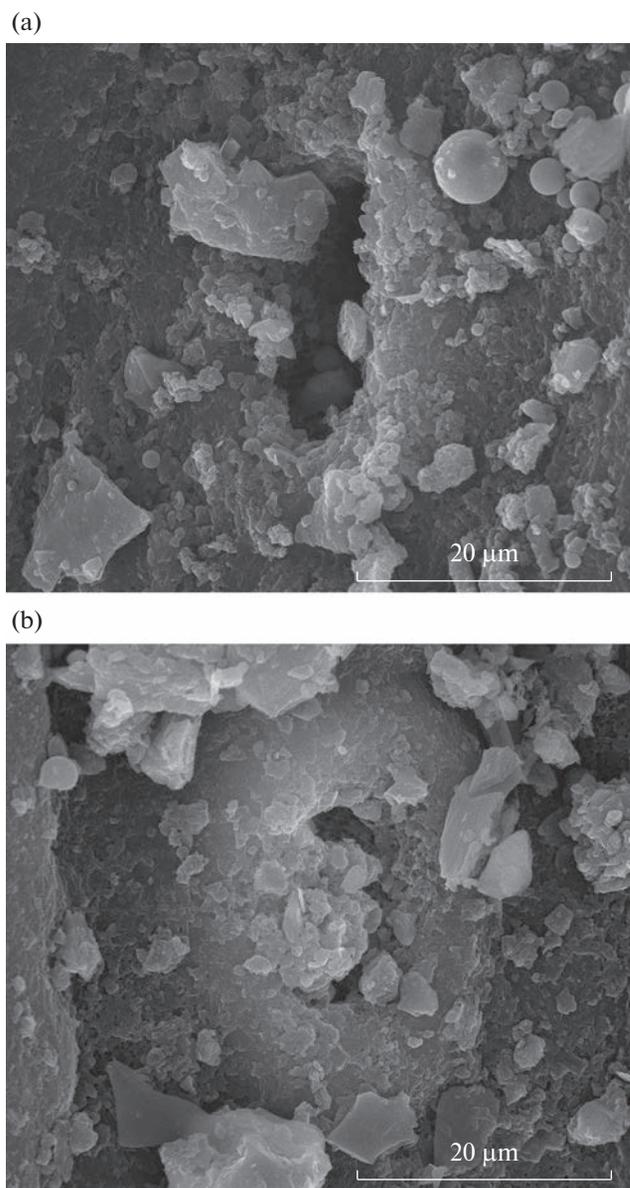


Рис. 3. Устьица сосны, закупоренные РМх частицами.

Fig. 3. Pine stomata clogged with PMx particles.

лись только следы тяжелых металлов (их массовая доля составляла не более 0.1–0.3%). Полученные данные свидетельствуют о высоком уровне загрязнения древесных растений в городских лесах атмосферными аэрозолями, содержащими тяжелые металлы.

Мощный негативный эффект взвешенных частиц не ограничивается повреждением покровных тканей хвои и листьев, он проявляется также в значительном нарушении важнейших физиолого-биохимических процессов всего растительного организма. К важным диагностическим признакам, отражающим реакцию растений на воздей-

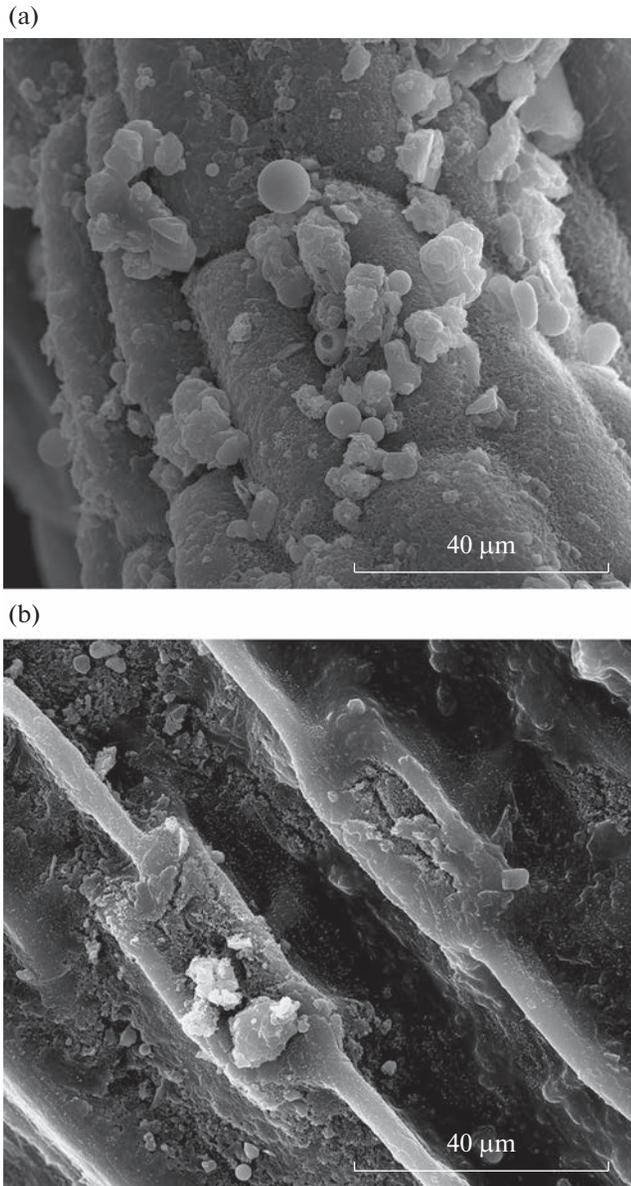


Рис. 4. Поверхность хвои лиственницы с адсорбированными на ней РМх частицами (а), деформированные устьица, закупоренные РМх частицами (б).

Fig. 4. Surface of larch needles with adsorbed PMx particles (a); deformed stomata clogged with PMx particles (b).

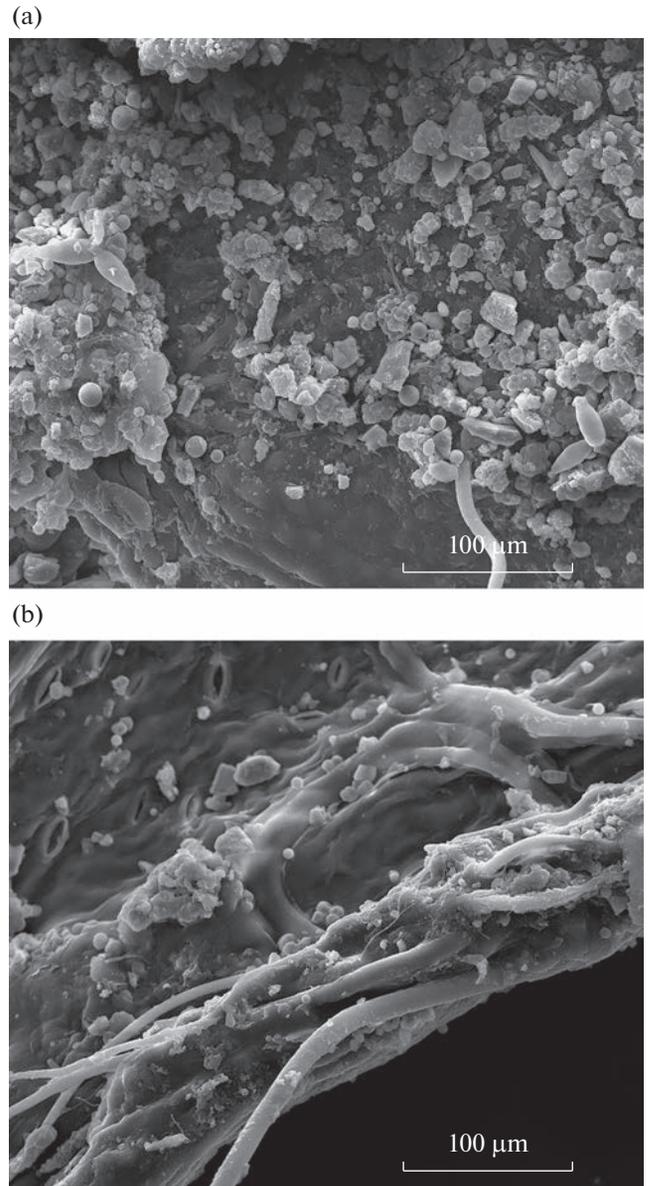


Рис. 5. Поверхность листьев березы с адсорбированными на ней РМх частицами (а); отложение аэрозольных частиц на трихомах (б).

Fig. 5. Surface of birch leaves with adsorbed PMx particles (a); deposition of aerosol particles on trichomes (b).

стве техногенных выбросов, относится изменение содержания в ассимиляционных органах фотосинтетических пигментов (Tuzhilkina, 2009; Churakhina et al., 2012; Orekhov et al., 2015). Показано, что в условиях сильного загрязнения происходит разрушение пигментов и торможение фотосинтетических реакций (Tarkhanov, Viryukov, 2014). В наших исследованиях на существенное нарушение фотосинтеза сосны в городских лесах указывают: падение его интенсивности, составляющее от 9% до 46% от фоновых значений, продуктивности — от 6% до 38%, при этом коэффи-

циент эффективности снижается в 1.2–2.6 раза (табл. 2). Наибольшие нарушения выявлены на ПП 1, 2, 4, 5, наименьшие — на ПП 3, 8. У лиственницы также обнаруживаются негативные изменения фотосинтеза. При этом особенно резко снижается его продуктивность на большинстве ПП (в 1.6–2.0 раза) и в 2–3 раза падает коэффициент эффективности, исключение ПП 3 и 8, где патологические изменения выражены гораздо слабее. Что касается березы, интенсивность фотосинтеза у этого вида также снижается на городских ПП, но в меньшей степени, чем у хвойных,

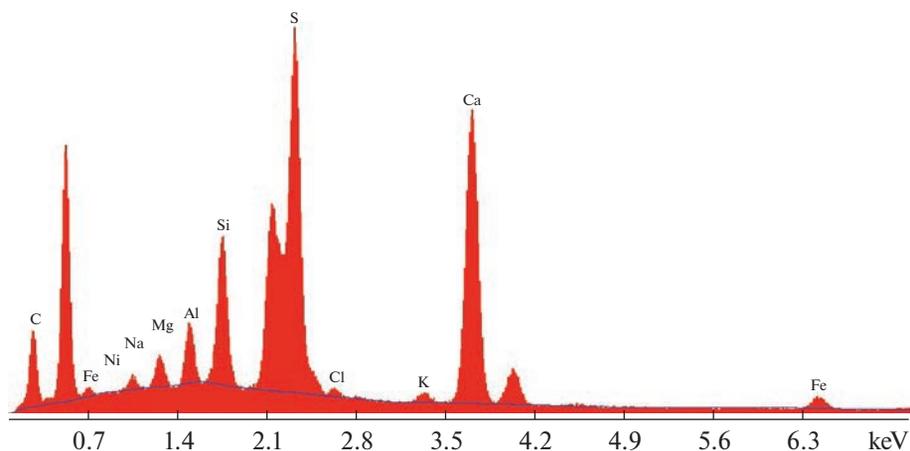


Рис. 6. Фрагмент спектрограммы химического состава частиц (PM_x), адсорбированных на поверхности хвои сосны, полученной с использованием энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии (EDS).

Fig. 6. Fragment of the spectrogram of the chemical composition of particles (PM_x) adsorbed on the surface of pine needles, obtained using energy dispersive X-ray spectroscopy (EDS).

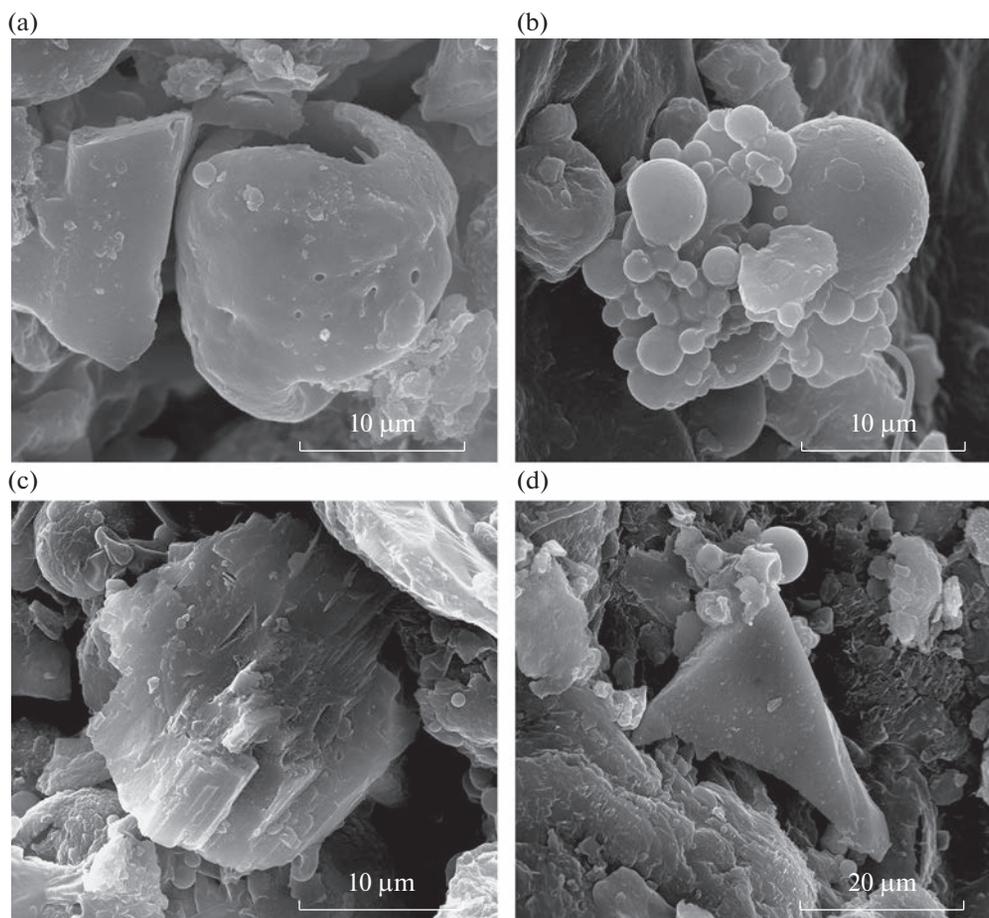


Рис. 7. Фотографии адсорбированных хвоей/листьями PM_x частиц разного химического состава (а – углеродистых, б – металлических, с, d – полиэлементных), установленного с использованием энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии (EDS).

Fig. 7. Photographs of PM_x particles adsorbed by needles/leaves, of different chemical composition (a – carbonaceous, b – metallized, c, d – polyelemental particles) determined using energy dispersive X-ray spectroscopy (EDS).

падение продуктивности фотосинтеза составляет от 7 до 41%, коэффициент эффективности несколько выше, чем у хвойных (табл. 2). Функциональные нарушения фотосинтеза во многом определяются выявленными изменениями в пигментном комплексе хвои/листьев, при этом нарушается важное условие его работы — поддержание стабильного количества и соотношения разных групп пигментов. Для трех исследованных видов древесных растений городских лесов общей тенденцией было снижение содержания хлорофилла *a* и каротиноидов и в то же время возрастание уровня хлорофилла *b* в сравнении с фоновыми показателями, что видно из приведенных в табл. 2 абсолютных величин. Выявленные изменения для большей наглядности можно представить в процентах. Так, в хвое сосны снижение содержания хлорофилла *a* составляло от 9% до 30%, причем, наименьшее (на 9–10%) было на ПП 3 и 8; уровень каротиноидов снижался сильнее, на 13–47%, наиболее резко (>40%) он падал на ПП 1, 2, 4, 5, а на ПП 3 и 8 снижение составляло 13–16%. Что касается хлорофилла *b*, его содержание в хвое сосны значительно увеличивалось — на 26–48% на всех ПП за исключением ПП 3 и 8, где его уровень повышался слабо, только на 8%. В хвое лиственницы наблюдалась та же тенденция в снижении содержания хлорофилла *a* — его уровень в наибольшей степени падал на ПП 1, 2, 4, 5 (на 19–25%), а на ПП 3 и 8 снижение составляло не более 6%. Процент падения уровня каротиноидов в целом был меньше, чем в хвое сосны — максимальное снижение составляло 39%, минимальное 8%, в среднем — 24%. В то же время наблюдалось гораздо большее, чем в хвое сосны, увеличение содержания хлорофилла *b*, максимально на 63% (ПП 1), минимально — на 10% (ПП 3). В листьях березы уменьшение количества хлорофилла *a* (максимально на 23%) и каротиноидов (максимально на 34%) не было столь выраженным, как у хвойных, минимум снижения (на 3–6%) приходился также на ПП 3 и 8 (табл. 2).

Анализ полученных данных свидетельствует, что наиболее уязвимым компонентом пигментного комплекса растений является хлорофилл *a*, снижение его уровня может быть вызвано либо распадом молекул, либо замедлением синтеза в условиях воздействия негативных факторов. Причиной снижения концентрации каротиноидов может быть усиленное их расходование на поддержание фотохимической функции хлорофилла *a*, особенно в случае поступления из загрязненного воздуха токсикантов, инициирующих образование активных форм кислорода (АФК), поскольку каротиноиды осуществляют тушение возбужденных триплетных состояний хлорофилла и АФК (Aquil et al., 2003). В данном случае наблюдается именно такая ситуация — избыточное поступление токсичных веществ (пол-

лютантов) в ассимиляционные органы древесных растений. Тот факт, что техногенные поллютанты способствуют образованию АФК в клетках растений, был установлен ранее (Kalugina et al., 2018; Maslennikov et al., 2018). Что касается хлорофилла *b*, тренд его изменения определяется, по-видимому, его большей стабильностью, а также выполнением компенсаторной роли при снижении концентрации хлорофилла *a* при разного рода негативных воздействиях (Khanna-Chopra, 2012). На важную роль хлорофилла *b* указывает также его присутствие почти исключительно в светособирающих антенных комплексах (ССК). Наши расчеты показывают, что явное увеличение процентного содержания суммы хлорофиллов в ССК сосны (в среднем на 22%), лиственницы (в среднем на 19%), а также березы (в среднем на 11%) (см. табл. 2) происходит в основном за счет хлорофилла *b*, на основании чего можно говорить, что его защитная роль действительно возрастает при загрязнении ассимиляционных органов.

При измерении темнового дыхания показано, что все три вида обнаруживают его усиление, что особенно выражено для хвои сосны, так, на ПП 1, 2, 4, 5 его уровень повышается в 1.8–2.1 раза. В хвое лиственницы темновое дыхание усиливается максимально в 1.7 раза (ПП 1), в листьях березы дыхание повышается максимально в 1.5 раза (ПП 1, 2, 4) (табл. 2). Усиление темнового дыхания в ассимиляционных органах может свидетельствовать о превалировании процессов распада органических веществ над процессами синтеза. С другой стороны — ростовые процессы древесных растений в условиях городской среды хотя и ослаблены, но в определенной степени функционируют, и для их поддержания требуется энергия, которая высвобождается при темновом дыхании, аккумулируется в виде АТФ и используется в процессах ассимиляции. С этой точки зрения усиление дыхания можно рассматривать как адаптивную реакцию растительного организма, направленную на обеспечение пластической функции при хроническом негативном воздействии. На нарушение метаболизма древесных растений указывает и такой показатель, как изменение скорости транспирации, которая, прежде всего, характеризует состояние их водного обмена. Поскольку транспирация как энергозависимый процесс связана с фотосинтезом, то можно было ожидать ее снижения у древесных растений в условиях городской среды, что и было нами показано. Выраженное снижение транспирации обнаружено у всех трех видов, причем, сходство наблюдается не только в тенденции, но и в степени ослабления этого процесса почти на всех ПП (максимально в 2.1 раза), за исключением ПП 3 и 8, где этот показатель изменялся мало, либо оставался на фоновом уровне (табл. 2). Существенное снижение транспирации

Таблица 2. Физиолого-биохимические показатели сосны обыкновенной, лиственницы сибирской, березы повислой на обследованных пробных площадях в городских лесах Иркутска в сравнении с фоновыми показателями
Table 2. Physiological and biochemical parameters of Scotch pine, Siberian larch, and Silver birch on the surveyed test plots in the urban forests of Irkutsk, in comparison with background parameters

Показатели Parameters	Номера пробных площадей / Test plot numbers								Фон Bg*
	1	2	3	4	5	6	7	8	
Сосна обыкновенная / <i>Pinus sylvestris</i>									
Скорость транспирации, мкмоль $H_2O/m^2\ c^{-1}$	1.65 ± 0.07	1.72 ± 0.09	2.47 ± 0.12	1.43 ± 0.06	1.55 ± 0.07	1.78 ± 0.08	1.84 ± 0.09	2.59 ± 0.13	2.95 ± 0.11
Транспирация rate, $\mu mol\ H_2O/m^2\ s^{-1}$	2.28 ± 0.11	2.45 ± 0.12	3.51 ± 0.18	2.12 ± 0.10	2.38 ± 0.12	2.96 ± 0.13	3.04 ± 0.15	3.64 ± 0.18	3.98 ± 0.12
Интенсивность фотосинтеза, мкмоль $CO_2/m^2\ c^{-1}$	5.10 ± 0.24	5.38 ± 0.27	7.10 ± 0.35	4.91 ± 0.25	5.45 ± 0.28	6.40 ± 0.32	6.75 ± 0.37	7.70 ± 0.39	8.22 ± 0.21
Photosynthesis rate, $\mu mol\ CO_2/m^2\ s^{-1}$	Фотосинтетическая продуктив- ность, моль CO_2/m^2	0.45 ± 0.02	0.48 ± 0.04	0.79 ± 0.05	0.38 ± 0.02	0.55 ± 0.03	0.61 ± 0.04	0.67 ± 0.05	1.00 ± 0.02
Photosynthetic productivity, $mol\ CO_2/m^2$	Коэффициент эффективности фотосинтеза	0.61 ± 0.03	0.58 ± 0.04	0.40 ± 0.03	0.65 ± 0.05	0.56 ± 0.04	0.51 ± 0.03	0.48 ± 0.02	0.31 ± 0.01
Photosynthesis efficiency factor	Темновое дыхание, мкмоль $CO_2/m^2\ c^{-1}$	0.63 ± 0.04	0.65 ± 0.03	0.77 ± 0.05	0.60 ± 0.04	0.68 ± 0.04	0.71 ± 0.05	0.78 ± 0.05	0.86 ± 0.02
Dark respiration, $\mu mol\ CO_2/m^2\ s^{-1}$	Содержание хлорофилла <i>a</i> , мг/г сух. массы	0.34 ± 0.04	0.31 ± 0.03	0.25 ± 0.02	0.32 ± 0.03	0.33 ± 0.02	0.29 ± 0.02	0.25 ± 0.02	0.23 ± 0.01
Dark respiration, $\mu mol\ CO_2/m^2\ s^{-1}$	Chlorophyll <i>a</i> content, mg/g dry mass	77.11 ± 3.12	71.02 ± 4.63	53.91 ± 2.32	75.72 ± 4.61	77.24 ± 4.77	63.83 ± 2.45	53.41 ± 1.84	46.44 ± 1.21
Содержание хлорофилла <i>a</i> , мг/г сух. массы	Содержание хлорофилла <i>b</i> , мг/г сух. массы	0.23 ± 0.02	0.22 ± 0.03	0.33 ± 0.04	0.21 ± 0.02	0.20 ± 0.03	0.29 ± 0.02	0.32 ± 0.01	0.38 ± 0.01
Chlorophyll <i>b</i> content, mg/g dry mass	Chlorophyll <i>b</i> content, mg/g dry mass	% хлорофиллов (<i>a</i> + <i>b</i>) в ССК	% of chlorophylls (<i>a</i> + <i>b</i>) in LHC	Содержание каротиноидов, %	Carotenoid content, %				

Таблица 2. Продолжение

Показатели Parameters	Номера пробных площадей / Test plot numbers								Фон Bg*
	1	2	3	4	5	6	7	8	
	Листоветница сибирская / <i>Larix sibirica</i>								
Скорость транспирации, мкмоль $H_2O/m^2 \text{ c}^{-1}$ Transpiration rate, $\mu\text{mol } H_2O/m^2 \text{ s}^{-1}$	1.95 ± 0.13	2.12 ± 0.18	3.13 ± 0.16	1.71 ± 0.09	2.05 ± 0.12	2.24 ± 0.14	2.48 ± 0.12	3.35 ± 0.17	3.54 ± 0.11
Интенсивность фотосинтеза, мкмоль $CO_2/m^2 \text{ c}^{-1}$ Photosynthesis rate, $\mu\text{mol } CO_2/m^2 \text{ s}^{-1}$	3.40 ± 0.15	3.65 ± 0.17	5.28 ± 0.26	3.24 ± 0.14	3.57 ± 0.18	4.47 ± 0.22	4.52 ± 0.24	5.48 ± 0.27	5.97 ± 0.12
Фотосинтетическая продуктив- ность, моль CO_2/m^2 Photosynthetic productivity, $\text{mol } CO_2/m^2$	7.51 ± 0.37	7.85 ± 0.41	11.85 ± 0.59	7.10 ± 0.36	7.65 ± 0.32	8.10 ± 0.41	8.70 ± 0.47	12.87 ± 0.62	14.12 ± 0.24
Коэффициент эффективности фотосинтеза Photosynthesis efficiency factor	0.40 ± 0.03	0.42 ± 0.04	0.74 ± 0.06	0.33 ± 0.02	0.50 ± 0.04	0.54 ± 0.03	0.57 ± 0.05	0.77 ± 0.06	1.00 ± 0.02
Темновое дыхание, мкмоль $CO_2/m^2 \text{ c}^{-1}$ Dark respiration, $\mu\text{mol } CO_2/m^2 \text{ s}^{-1}$	1.59 ± 0.08	1.41 ± 0.06	1.05 ± 0.05	1.54 ± 0.09	1.38 ± 0.07	1.31 ± 0.05	1.27 ± 0.04	0.98 ± 0.03	0.94 ± 0.02
Содержание хлорофилла <i>a</i> , мг/г сух. массы Chlorophyll <i>a</i> content, mg/g dry mass	0.72 ± 0.04	0.76 ± 0.03	0.87 ± 0.05	0.70 ± 0.03	0.75 ± 0.04	0.82 ± 0.06	0.84 ± 0.05	0.91 ± 0.07	0.93 ± 0.03
Содержание хлорофилла <i>b</i> , мг/г сух. массы Chlorophyll <i>b</i> content, mg/g dry mass	0.31 ± 0.04	0.29 ± 0.03	0.21 ± 0.01	0.31 ± 0.02	0.28 ± 0.04	0.26 ± 0.02	0.25 ± 0.03	0.23 ± 0.02	0.19 ± 0.01
% хлорофиллов (<i>a</i> + <i>b</i>) в ССК % of chlorophylls (<i>a</i> + <i>b</i>) in LHC	66.24 ± 1.92	60.82 ± 0.74	42.83 ± 1.22	67.51 ± 1.43	59.82 ± 0.74	53.04 ± 1.82	50.53 ± 1.33	44.43 ± 2.85	37.31 ± 1.14
Содержание каротиноидов, % Carotenoid content, %	0.27 ± 0.02	0.30 ± 0.03	0.34 ± 0.04	0.26 ± 0.03	0.23 ± 0.02	0.28 ± 0.04	0.29 ± 0.05	0.35 ± 0.05	0.38 ± 0.01

Таблица 2. Окончание

Показатели Parameters	Номера пробных площадей / Test plot numbers								Фон Bg*
	1	2	3	4	5	6	7	8	
	Береза повислая / <i>Betula pendula</i>								
Скорость транспирации, мкмоль $\text{H}_2\text{O}/\text{м}^{-2} \text{с}^{-1}$ Transpiration rate, $\mu\text{mol H}_2\text{O}/\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$	2.68 ± 0.13	2.79 ± 0.15	4.25 ± 0.21	2.57 ± 0.12	2.74 ± 0.14	3.02 ± 0.18	3.12 ± 0.16	4.47 ± 0.22	4.96 ± 0.09
Интенсивность фотосинтеза, мкмоль $\text{CO}_2/\text{м}^{-2} \text{с}^{-1}$ Photosynthesis rate, $\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$	6.40 ± 0.28	6.88 ± 0.35	8.20 ± 0.41	5.75 ± 0.24	6.05 ± 0.33	6.95 ± 0.39	7.20 ± 0.30	8.60 ± 0.43	9.35 ± 0.16
Фотосинтетическая продуктив- ность, моль $\text{CO}_2/\text{м}^{-2}$ Photosynthetic productivity, $\text{mol CO}_2/\text{m}^{-2}$	12.70 ± 0.64	13.10 ± 0.66	18.25 ± 0.91	11.82 ± 0.59	13.05 ± 0.65	15.45 ± 0.77	16.20 ± 0.81	18.78 ± 0.94	20.18 ± 0.33
Коэффициент эффективности фотосинтеза Photosynthesis efficiency factor	0.51 ± 0.04	0.55 ± 0.05	0.81 ± 0.06	0.47 ± 0.03	0.59 ± 0.05	0.68 ± 0.06	0.71 ± 0.07	0.87 ± 0.08	1.00 ± 0.02
Темновое дыхание, мкмоль $\text{CO}_2/\text{м}^{-2} \text{с}^{-1}$ Dark respiration, $\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$	2.64 ± 0.16	2.52 ± 0.13	1.87 ± 0.09	2.58 ± 0.16	2.41 ± 0.12	2.27 ± 0.14	2.11 ± 0.11	1.82 ± 0.13	1.71 ± 0.04
Содержание хлорофилла <i>a</i> , мг/г сух. массы Chlorophyll <i>a</i> content, mg/g dry mass	1.47 ± 0.07	1.53 ± 0.08	1.77 ± 0.09	1.42 ± 0.08	1.50 ± 0.07	1.57 ± 0.05	1.59 ± 0.06	1.76 ± 0.06	1.85 ± 0.03
Содержание хлорофилла <i>b</i> , мг/г сух. массы Chlorophyll <i>b</i> content, mg/g dry mass	0.49 ± 0.04	0.47 ± 0.02	0.42 ± 0.03	0.52 ± 0.05	0.48 ± 0.03	0.45 ± 0.04	0.44 ± 0.04	0.42 ± 0.03	0.40 ± 0.02
% хлорофиллов (<i>a</i> + <i>b</i>) в ССК % of chlorophylls (<i>a</i> + <i>b</i>) in LHC	55.0 ± 2.33	51.7 ± 2.41	42.2 ± 2.05	59.0 ± 1.55	53.3 ± 1.47	49.0 ± 1.33	47.7 ± 1.92	42.4 ± 1.64	39.1 ± 1.02
Содержание каротиноидов, % Carotenoid content, %	0.47 ± 0.05	0.49 ± 0.06	0.66 ± 0.08	0.45 ± 0.03	0.51 ± 0.05	0.57 ± 0.06	0.55 ± 0.04	0.64 ± 0.07	0.68 ± 0.03

*Bg – Background test plot.

Таблица 3. Морфоструктурные параметры деревьев на обследованных пробных площадях
 Table 3. Morphostructural parameters of trees on the surveyed test plots

Параметры Parameters	Номера пробных площадей / Test plot numbers								
	1	2	3	4	5	6	7	8	Фон / Bg*
<i>Сосна обыкновенная / Pinus sylvestris</i>									
Уровень дефолиации крон, % Crown defoliation, %	50	55	30	60	65	60	55	25	15–20
Длина побега**, см Shoot length**, cm	9.24 ± 0.46	10.35 ± 0.52	13.34 ± 0.67	6.82 ± 0.34	6.3 ± 0.32	7.1 ± 0.36	8.4 ± 0.42	12.8 ± 0.64	19.7 ± 0.31
Число пар хвоек на побеге Number of needle pairs per shoot	73.44 ± 3.74	65.62 ± 4.32	91.55 ± 5.63	58.35 ± 2.94	63.43 ± 3.74	68.71 ± 3.43	70.36 ± 4.52	87.82 ± 5.47	165.33 ± 4.31
Масса хвои на побеге, г Weight of needles per shoot, g	4.46 ± 0.27	4.11 ± 0.21	5.77 ± 0.33	3.74 ± 0.28	3.92 ± 0.22	4.67 ± 0.26	5.13 ± 0.38	6.62 ± 0.43	8.41 ± 0.13
Фотосинтезирующий объем кроны, м ³ Photosynthetic volume of crown, m ³	42.72 ± 2.12	36.83 ± 1.84	65.74 ± 3.34	30.21 ± 1.51	33.48 ± 1.74	44.51 ± 2.24	47.83 ± 2.41	68.54 ± 4.43	77.67 ± 1.73
Высота ствола дерева, м Tree trunk height, m	18.24 ± 0.91	20.47 ± 1.05	22.11 ± 1.14	16.77 ± 0.86	19.51 ± 1.08	18.53 ± 0.93	17.62 ± 0.98	19.64 ± 1.14	22.83 ± 0.08
Объем ствола дерева, м ³ Tree trunk volume, m ³	0.43 ± 0.02	0.49 ± 0.03	0.74 ± 0.05	0.34 ± 0.02	0.51 ± 0.04	0.56 ± 0.04	0.51 ± 0.03	0.68 ± 0.06	0.82 ± 0.03
<i>Лиственница сибирская / Larix sibirica</i>									
Уровень дефолиации крон, % Crown defoliation, %	55	60	30	65	60	60	65	25	10–15
Длина побега**, см Shoot length**, cm	13.24 ± 0.71	14.82 ± 0.82	16.72 ± 0.92	12.13 ± 0.62	12.76 ± 0.65	14.14 ± 0.74	14.64 ± 0.78	18.55 ± 0.97	21.73 ± 0.44
Масса хвои на побеге, г Weight of needles per shoot, g	1.54 ± 0.12	1.35 ± 0.11	2.15 ± 0.10	1.16 ± 0.11	1.24 ± 0.13	1.43 ± 0.12	1.64 ± 0.14	2.35 ± 0.16	2.83 ± 0.07

Таблица 3. Окончание

Параметры Parameters	Номера пробных площадей / Test plot numbers									
	1	2	3	4	5	6	7	8	Фон / Bg*	
Фотосинтезирующий объем кроны, м ³ Photosynthetic volume of crown, m ³	40.13 ± 2.05	31.35 ± 1.63	60.17 ± 3.01	27.43 ± 1.45	29.84 ± 1.53	40.82 ± 2.12	41.23 ± 2.34	63.47 ± 3.21	71.32 ± 1.61	
Высота ствола дерева, м Tree trunk height, m	19.44 ± 1.12	20.63 ± 1.24	23.71 ± 1.76	18.55 ± 0.95	20.42 ± 1.36	18.81 ± 0.81	18.13 ± 1.29	21.74 ± 1.32	24.84 ± 0.64	
Объем ствола дерева, м ³ Tree trunk volume, m ³	0.57 ± 0.03	0.65 ± 0.04	0.78 ± 0.06	0.61 ± 0.05	0.64 ± 0.04	0.60 ± 0.03	0.58 ± 0.03	0.72 ± 0.07	0.88 ± 0.04	
Береза повислая / <i>Betula pendula</i>										
Уровень дефолиации кроны, % Crown defoliation, %	40	45	20	50	45	45	40	25	10–15	
Масса 100 листьев, г Weight of 100 leaves, g	26.83 ± 1.74	24.92 ± 1.36	20.45 ± 1.45	25.07 ± 1.49	28.22 ± 2.41	25.43 ± 1.61	23.57 ± 1.22	20.12 ± 1.09	19.83 ± 0.84	
Толщина листа, мм Leaf thickness, mm	0.25 ± 0.04	0.24 ± 0.02	0.22 ± 0.01	0.26 ± 0.03	0.25 ± 0.02	0.23 ± 0.01	0.22 ± 0.02	0.21 ± 0.02	0.19 ± 0.01	
Фотосинтезирующий объем кроны, м ³ Photosynthetic volume of crown, m ³	54.64 ± 2.74	47.82 ± 2.43	74.74 ± 3.74	41.23 ± 2.15	44.44 ± 2.21	55.17 ± 2.86	57.98 ± 2.93	79.55 ± 4.04	85.82 ± 1.31	
Высота ствола дерева, м Tree trunk height, m	16.88 ± 0.83	16.46 ± 1.12	18.83 ± 0.95	15.84 ± 0.87	15.38 ± 1.25	16.72 ± 0.89	16.33 ± 0.72	18.41 ± 0.93	19.54 ± 0.32	
Объем ствола дерева, м ³ Tree trunk volume, m ³	0.38 ± 0.02	0.41 ± 0.03	0.63 ± 0.05	0.34 ± 0.03	0.37 ± 0.02	0.46 ± 0.03	0.43 ± 0.02	0.61 ± 0.06	0.68 ± 0.03	

Примечание. **Исследовались побеги второго года жизни.
Note. *Bg – background test plot; ** – shoots of the second year were studied.

было ожидаемо и потому, что, как было показано выше, устьица хвой и листьев на многих ПП буквально “закупорены” загрязняющими взвешенными частицами (РМ).

Нарушение физиолого-биохимических процессов определило изменение морфоструктурных параметров и состояния ассимилирующей фитомассы деревьев, что обнаружено на каждой ПП в городских лесах (табл. 3). Исследование этих параметров важно как в целях биоиндикации урбоэкосистем, так и определения регулирующих услуг/функций древесных растений (Avdeyeva, Panov, 2017; Voronin, 2018). Уровень дефолиации крон деревьев на большинстве ПП превышает фоновый, максимально он достигает для сосны и лиственницы 65%, для березы – 50%. Длина побегов хвойных меньше, в сравнении с фоновыми параметрами, у сосны в 1.5–3.1 раза, у лиственницы в среднем на 33%, максимально – на 44% (на ПП 4). На побегах сосны масса хвой снижена от 1.3 до 2.3 раза, а число пар хвоинок – от 1.8 до 2.8 раза; на побегах лиственницы масса хвой сокращается в большинстве случаев в 2 раза. Относительно березы тенденция другая – масса листьев (расчет на 100 шт.) и их толщина в городских лесах увеличиваются на 19–42%, что особенно выражено на ПП с высоким уровнем загрязнения и рекреационной нагрузки, исключение ПП 3 и ПП 8, где увеличение составляет 3 и 1.5% соответственно. Такие изменения могут рассматриваться как компенсаторные в неблагоприятных условиях произрастания (Giniyatullin, Ibragimova, 2016), однако, на наш взгляд, сопутствующим фактором увеличения массы и толщины листьев березы может быть активная адсорбция ими аэрозольных взвешенных частиц (РМ), покрывающих верхнюю сторону листа в несколько слоев, что выявлено нами на некоторых ПП в городских лесах. В пользу этого предположения свидетельствует уменьшение фотосинтезирующего объема крон деревьев березы, несмотря на увеличение массы и толщины листьев (табл. 3). Что касается сосны и лиственницы, изменения фотосинтезирующего объема их крон на ПП в городских лесах сходны, и так же, как в случае березы, самое резкое уменьшение этого показателя наблюдается на ПП 2, 4, 5, для сосны в 2.1–2.6 раза, для лиственницы в 2.3–2.6 раза (табл. 3). Таким образом, полученные данные по морфоструктурным параметрам лесообразующих видов древесных растений свидетельствуют, что большинство городских лесов дефолированы, объемы крон уменьшены, ростовые процессы деревьев ослаблены. Исключение – леса на ПП 3 и ПП 8, где признаки ослабления выражены в меньшей степени, возможно из-за большей удаленности этих ПП от крупных автомагистралей и промышленных предприятий.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведено исследование влияния взвешенных частиц техногенного аэрозоля на городские леса Иркутска. Показана высокая сорбционная способность хвой сосны обыкновенной, лиственницы сибирской и листьев березы повислой по отношению к разноразмерным загрязняющим частицам (РМ_x). С использованием сканирующей электронной микроскопии и рентгеноспектрального анализа выявлено большое разнообразие формы, размеров, химического состава взвешенных частиц на поверхности хвой и листьев. В наибольшем количестве РМ_x частицы содержат кремний, серу, кальций, фосфор, хлор, магний, значительна доля углерода и тяжелых металлов, присутствующих в виде металлизированных скоплений частиц, в которых содержание металлов может достигать 80%. Аэрозольные частицы разного размера способны активно проникать внутрь тканей через устьица и кутикулу, особенно это характерно для тонкодисперсных частиц (РМ ≤ 2.5). Высокий уровень адсорбции взвешенных частиц хвоей и листьями деревьев свидетельствует о высокой очищающей способности городских лесов. Вместе с тем, велико негативное воздействие РМ_x частиц на жизненное состояние древесных растений, проявляющееся в сильном нарушении важнейших физиолого-биохимических процессов (фотосинтеза, транспирации), вследствие чего значимо снижаются ростовые характеристики деревьев.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ (проект № 22-24-00140).

Авторы выражают благодарность ведущему инженеру отдела ультраструктуры Лимнологического института СО РАН, г. Иркутск М.М. Масленниковой за помощь в исследованиях методом сканирующей электронной микроскопии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Aquil S., Ahmad S.H., Reshi Z.A., Iqbal M. 2003. Physiological and biochemical response of *Albizia lebeck* Benth. to coal smoke pollution. – *Poll. Res.* 22 (4): 489–493.
- [Avdeyeva, Panov] Авдеева Е.В., Панов А.И. 2017. Биоиндикация урбоэкосистем по морфологическим признакам хвойных растений. – *Хвойные борельной зоны.* 35 (1–2): 7–14.
- Baldacchini C., Sgrigna G., Clarke W., Tallis M., Calfapietra C. 2019. An ultra-spatially resolved method to qualitative monitor particulate matter in urban environment. – *Environ. Sci. Pollut. Res.* 26: 18719–18729.

- [Bol'shakov] Большаков Н.М. 2006. Рекреационное лесопользование. Сыктывкар. 312 с.
- [Churakhina et al.] Чупахина Г.Н., Масленников П.В., Скрыпник Л.Н., Бессережнова М.И. 2012. Реакция пигментной и антиоксидантной систем растений на загрязнение окружающей среды г. Калининграда выбросами автотранспорта. — Вестник Томского гос. ун-та. Биология. 2 (18): 171–185.
- [Fitotoksichnost'...] Фитотоксичность органических и неорганических загрязнителей. 1986. Киев. 216 с.
- [Giniyatullin, Ibragimova] Гиниятуллин Р.Х., Ибрагимова А.Х. 2016. Интенсивность биологического поглощения тяжелых металлов в органах березы повислой (*Betula pendula* Roth.) в условиях промышленного загрязнения. — Лесной вестник. 2: 74–80.
- [Guderian] Гудериан Р. 1979. Загрязнение воздушной среды. М. 200 с.
- Jin E.J., Yoon J.H., Bae E.J., Jeong B.R., Yong S.H., Choi M.S. 2021. Particulate Matter Removal Ability of Ten Evergreen Trees Planted in Korea Urban Greening. — Forests. 12 (4): 438.
- Kalugina O.V., Mikhailova T.A., Shergina O.V. 2018. Biochemical Adaptation of Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) to Technogenic Pollution. — Contemp. Probl. Ecol. 11 (1): 79–88.
- Khanna-Chopra R. 2012. Leaf senescence and abiotic stresses share reactive oxygen species-mediated chloroplast degradation. — Protoplasma. 249 (3): 469–481.
- [Kulagin] Кулагин Ю.З. 1980. Лесообразующие виды, техногенез и прогнозирование. М. 116 с.
- [Lesokhozyaystvennyu...] Лесохозяйственный регламент лесных массивов, расположенных в границах муниципального образования “город Иркутск”. 2017. <https://admirk.ru/authority/documents/element/114495/> (дата обращения: 13.07.2022).
- Letter C., Jäger G. 2020. Simulating the potential of trees to reduce particulate matter pollution in urban areas throughout the year. — Environ. Dev. Sustain. 22: 4311–4321.
- Lichtenthaler H.K. 1987. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. — Meth. Enzymol. 148: 350–382.
- Live Animated Air Quality Map. 2022. <https://www.iqair.com/ru/air-quality-map> (accessed: 12.12.2022).
- Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. 2010. Hamburg. 477 p.
- [Maslennikov et al.] Масленников П.В., Чупахина Г.Н., Скрыпник Л.Н., Федурев П.В., Мельник А.С. 2018. Оценка антиоксидантного потенциала растений урбоэкосистем в условиях антропогенного загрязнения почв. — Экология. 5: 342–354.
- [Nikolayevskiy] Николаевский В.С. 1979. Биологические основы газоустойчивости растений. Новосибирск. 280 с.
- [Orekhov et al.] Орехов Д.И., Яковлева О.В., Горячев С.Н., Протопопов Ф.Ф., Алексеев А.А. 2015. Использование параметров индукции флуоресценции хлорофилла *a* для оценки состояния растений в условиях антропогенной нагрузки. — Биофизика. 60: 263–268.
- [Praktikum...] Практикум по физиологии растений. 1990. М. 271 с.
- Rozhkov A.S., Mikhailova T.A. 1993. The Effect of Fluorine-Containing Emissions on Conifers. Berlin. 143 p.
- [Rukovodstvo...] Руководство по контролю загрязнения атмосферы. РД 52.04.667-2005. 2006. М. 50 с.
- [Shergina, Mikhailova] Шергина О.В., Михайлова Т.А. 2007. Состояние древесных растений и почвенного покрова парковых и лесопарковых зон г. Иркутска. Иркутск. 200 с.
- [Smit] Смит У.Х. 1985. Лес и атмосфера. М. 429 с.
- [Taksatsiya...] Таксация отдельного дерева. 2020. Екатеринбург. 160 с.
- Tang J., Yang Z., Tui Y., Wang J. 2022. Fine particulate matter pollution characteristics and source apportionment of Changchun atmosphere. — Environ. Sci. Pollut. Res. 29: 12694–12705.
- [Tarkhanov, Biryukov] Тарханов С.Н., Бирюков С.Ю. 2014. Влияние атмосферного загрязнения на фотосинтезирующий аппарат *Pinus sylvestris* L. и *Picea obovata* Ledeb × *P. abies* (L.) Karst. в северной тайге бассейна Северной Двины. — Известия высших учебных заведений “Лесной журнал”. 1: 20–26.
- [Tuzhilkina] Тужилкина В.В. 2009. Реакция пигментной системы хвойных на длительное аэротехногенное загрязнение. — Экология. 4: 243–248.
- Usman F., Zeb B., Alam K., Huang Z., Shah A., Ahmad I., Ullah S. 2022. In-Depth Analysis of Physicochemical Properties of Particulate Matter (PM10, PM2.5 and PM1) and Its Characterization through FTIR, XRD and SEM-EDX Techniques in the Foothills of the Hindu Kush Region of Northern Pakistan. — Atmosphere. 13: 124.
- Vigevani I., Corsini D., Mori J., Pasquinelli A., Gibin M., Comin S., Szwajko P., Cagnolati E., Ferrini F., Fini A. 2022. Particulate Pollution Capture by Seventeen Woody Species Growing in Parks or along Roads in Two European Cities. — Sustainability. 14: 1113.
- [Miyaniye...] Влияние загрязнений воздуха на растительность. 1981. М. 184 с.
- [Voronin] Воронин А.А. 2018. Экосистемные услуги лесостепных дендрологических парков и ботанических садов для устойчивого развития. — Экология урбанизированных территорий. 1: 41–44.
- Wu W., Liu Y., Gou Z. 2022. Green infrastructure and urban wellbeing. — Urban. For. Urban. Green. 68: 127485.
- Xin L., Wang J., Sun J., Zhang C., Tong X., Wan J., Feng J., Tian H., Zhang Z. 2021. Cellular effects of PM2.5 from Suzhou, China: relationship to chemical composition and endotoxin content. — Environ. Sci. Pollut. Res. 28: 287–299.
- Yang J., Chang Y., Yan P. 2015. Ranking the suitability of common urban tree species for controlling PM2.5 pollution. — Atmospheric Pollut. Res. 6: 267–277.
- [Zagryazneniye...] Загрязнение воздуха и здоровье. 2021. [https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health) (дата обращения: 10.12.2022).

FEATURES OF ADSORPTION OF PARTICULATE MATTER BY NEEDLES AND LEAVES OF TREES IN IRKUTSK URBAN FORESTS

T. A. Mikhailova^a, O. V. Shergina^{a, #}, and A. S. Mironova^a

^a*Siberian Institute of Plant Physiology and Biochemistry, Siberian Branch of RAS
Lermontova Str., 132, Irkutsk, 664033, Russia*

[#]*e-mail: sherolga80@mail.ru*

The pollution of natural forests preserved on the territory of the Irkutsk city was studied in terms of the level of adsorption of aerosol particles (particulate matter, PM_x) by main forest-forming species of woody plants. The needles of Scotch pine (*Pinus sylvestris* L.) and Siberian larch (*Larix sibirica* Ledeb.), as well as leaves of Silver birch (*Betula pendula* Roth) were sampled on the laid test plots to study their sorption capacity in relation to PM_x. Using the methods of scanning electron microscopy and X-ray spectral microanalysis, a wide variety of shapes, sizes, and chemical composition of aerosol particles on the surface of needles and leaves was shown. The adsorbed PM_x particles were found to contain carbon, silicon, sulfur, calcium, phosphorus, chlorine, and magnesium in the greatest amount; a significant proportion of heavy metals present in the form of metallized particle accumulations, in which the metal content can reach 80%. It has been shown that aerosol particles actively penetrate needle/leaf tissues through stomata and cuticle, damaging them. With a high level of pollution by PM_x, complete clogging of the stomata and heavy destruction of dermal tissues are often observed. The high level of adsorption of particulate matter by needles and leaves of trees indicates a high cleaning capacity of urban forests. At the same time, pollution with PM_x particles has a powerful negative effect on physiological and biochemical processes of a tree organism, which is manifested in a sharp violation of the parameters of photosynthesis, transpiration, and inhibition of growth processes.

Keywords: urban forests, particulate matter adsorption, scanning electron microscopy, X-ray spectral microanalysis, chemical composition of PM_x, physiological, biochemical and morphostructural disturbances of trees, Irkutsk, Eastern Siberia

ACKNOWLEDGEMENTS

This work was supported by the Russian Science Foundation (project no. 22-24-00140).

The authors thank M.M. Maslennikova, the leading engineer at the Ultrastructure Department in the Limnological Institute, SB RAS, Irkutsk, for her help with the studies by scanning electron microscopy.

REFERENCES

- Aquil S., Ahmad S.H., Reshi Z.A., Iqbal M. 2003. Physiological and biochemical response of *Albizia lebeck* Benth. to coal smoke pollution. — *Poll. Res.* 22 (4): 489–493.
- Avdeyeva E.V., Panov A.I. 2017. Bioindikatsiya urboekosistem po morfologicheskim priznakam khvoinykh rastenii [Bioindication of urban ecosystems by morphological features of coniferous plants]. — *Khvoinyye boreal'noy zony.* 35 (1–2): 7–14 (In Russ.).
- Baldacchini C., Sgrigna G., Clarke W., Tallis M., Calfapietra C. 2019. An ultra-spatially resolved method to quantitatively monitor particulate matter in urban environment. — *Environ. Sci. Pollut. Res.* 26: 18719–18729.
- Bol'shakov N.M. 2006. *Rekreatsionnoye lesopol'zovaniye* [Recreational forest management]. Syktyvkar. 312 p. (In Russ.).
- Chupakhina G.N., Maslennikov P.V., Skrypnik L.N., Besserezhnova M.I. 2012. Reaktsiya pigmentnoi i antioksidantnoi sistem rastenii na zagryazneniye okruzhayushchei sredy g. Kaliningrada vybrosami avtotransporta [The response of the pigment and antioxidant systems of plants to environmental pollution in Kaliningrad by vehicle emissions]. — *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya.* 2 (18): 171–185 (In Russ.).
- Fitotoksichnost' organicheskikh i neorganicheskikh zagryaznителей [Phytotoxicity of organic and inorganic pollutants]. 1986. Kiyev. 216 p. (In Russ.).
- Giniyatullin R.H., Ibragimova A.H. 2016. Intensivnost' biologicheskogo pogloshcheniya tyazhelykh metallov v organakh berezy povisloi (*Betula pendula* Roth.) v usloviyakh promyshlennogo zagryazneniya [Intensity of biological absorption of heavy metals in the organs of silver birch (*Betula pendula* Roth.) under conditions of industrial pollution]. — *Lesnoi vestnik.* 2: 74–80 (In Russ.).
- Guderian R. 1979. *Zagryazneniye vozduшной sredy* [Air pollution]. Moscow. 200 p. (In Russ.).
- Jin E.J., Yoon J.H., Bae E.J., Jeong B.R., Yong S.H., Choi M.S. 2021. Particulate Matter Removal Ability of Ten Evergreen Trees Planted in Korea Urban Greening. — *For-ests.* 12 (4): 438.
- Kalugina O.V., Mikhailova T.A., Shergina O.V. 2018. Biochemical Adaptation of Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) to Technogenic Pollution. — *Contemp. Probl. Ecol.* 11 (1): 79–88.
- Khanna-Chopra R. 2012. Leaf senescence and abiotic stresses share reactive oxygen species-mediated chloroplast degradation. — *Protoplasma.* 249 (3): 469–481.

- Kulagin Yu.Z. 1980. Lesoobrazuyushchiye vidy, tekhnogenez i prognozirovaniye [Forest-forming species, technogenesis and forecasting]. Moscow. 116 p. (In Russ.).
- Lesokhozyaystvennyi reglament lesnykh massivov, raspolozhennykh v granitsakh munitsipal'nogo obrazovaniya "gorod Irkutsk" [Forestry regulation of forest areas located within the boundaries of the municipality "Irkutsk city"]. 2017. <https://admirk.ru/authority/documents/element/114495/> (accessed: 13.07.2022) (In Russ.).
- Letter C., Jäger G. 2020. Simulating the potential of trees to reduce particulate matter pollution in urban areas throughout the year. — *Environ. Dev. Sustain.* 22: 4311–4321.
- Lichtenthaler H.K. 1987. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. — *Meth. Enzymol.* 148: 350–382.
- Live Animated Air Quality Map. 2022. <https://www.iqair.com/ru/air-quality-map> (accessed: 12.12.2022).
- Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. 2010. Hamburg. 477 p.
- Maslennikov P.V., Chupakhina G.N., Skrypnik L.N., Fedurayev P.V., Mel'nik A.S. 2018. Otsenka antioksidantnogo potentsiala rastenii urboekosistem v usloviyakh antropogennogo zagryazneniya pochv [Estimation of the antioxidant potential of plants in urban ecosystems under conditions of anthropogenic soil pollution]. — *Ekologiya.* 5: 342–354 (In Russ.).
- Nikolayevskiy V.S. 1979. Biologicheskiye osnovy gazoustoichivosti rastenii [Biological bases of the gas-resistance of plants]. Moscow. 280 p. (In Russ.).
- Orexov D.I., Yakovleva O.V., Goryachev S.N., Protopopov F.F., Alekseyev A.A. 2015. Ispol'zovaniye parametrov induktsii flyuoresentsii khlorofilla a dlya otsenki sostoyaniya rastenii v usloviyakh antropogennoi nagruzki [The use of the parameters of chlorophyll a fluorescence induction for assessment of plant state under anthropogenic load]. *Biofizika.* 60: 263–268 (In Russ.).
- Praktikum po fiziologii rastenii [Workshop on plant physiology]. 1990. Moscow. 271 p. (In Russ.).
- Rozhkov A.S., Mikhailova T.A. 1993. The Effect of Fluorine-Containing Emissions on Conifers. Berlin. 143 p.
- Rukovodstvo po kontrolyu zagryazneniya atmosfery. RD 52.04.667-2005 [Air Pollution Control Guide. GD 52.04.667-2005]. 2006. Moscow. 50 p. (In Russ.).
- Shergina O.V., Mikhaylova T.A. 2007. Sostoyaniye drevesnykh rastenii i pochvennogo pokrova parkovykh i lesoparkovykh zon g. Irkutsk [Condition of trees and soil cover of park and forest park areas in Irkutsk]. Irkutsk. 200 p. (In Russ.).
- Smit U.Kh. 1985. Les i atmosfera [Forest and atmosphere]. Moscow. 429 p. (In Russ.).
- Taksatsiya otdel'nogo dereva [Taxation of a single tree]. 2020. Yekaterinburg. 160 p. (In Russ.).
- Tang J., Yang Z., Tui Y., Wang J. 2022. Fine particulate matter pollution characteristics and source apportionment of Changchun atmosphere. — *Environ. Sci. Pollut. Res.* 29: 12694–12705.
- Tarkhanov S.N., Biryukov S.Yu. 2014. Vliyaniye atmosfer-nogo zagryazneniya na fotosinteziruyushchii apparat *Pinus sylvestris* L. i *Picea obovata* Ledeb × *P. abies* (L.) Karst. v severnoy taige basseina Severnoy Dviny [The effect of atmospheric pollution on the photosynthetic apparatus *Pinus sylvestris* L. and *Picea obovata* Ledeb × *P. abies* (L.) Karst. in the northern taiga of the Northern Dvina basin]. — *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniya "Lesnoy zhurnal"*. 1: 20–26 (In Russ.).
- Tuzhilkina V.V. 2009. Reaktsiya pigmentnoi sistemy khvoynykh na dlitel'noye aerotekhnogennoye zagryazneniye [Response of the pigment system of conifers to long-term industrial air pollution]. — *Ekologiya.* 40 (4): 227–232 (In Russ.).
- Usman F., Zeb B., Alam K., Huang Z., Shah A., Ahmad I., Ullah S. 2022. In-Depth Analysis of Physicochemical Properties of Particulate Matter (PM10, PM2.5 and PM1) and Its Characterization through FTIR, XRD and SEM–EDX Techniques in the Foothills of the Hindu Kush Region of Northern Pakistan. — *Atmosphere.* 13: 124.
- Vigevani I., Corsini D., Mori J., Pasquinelli A., Gibin M., Comin S., Szwajko P., Cagnolati E., Ferrini F., Fini A. 2022. Particulate Pollution Capture by Seventeen Woody Species Growing in Parks or along Roads in Two European Cities. — *Sustainability.* 14: 1113.
- Vliyaniye zagryaznenii vozdukha na rastitel'nost' [Effect of air pollution on vegetation]. 1981. Moscow. 184 p. (In Russ.).
- Voronin A.A. 2018. Ekosistemnye uslugi lesostepnykh dendrologicheskikh parkov i botanicheskikh sadov dlya ustoychivogo razvitiya [Ecosystem services of forest-steppe dendrological parks and botanical gardens for sustainable development]. — *Ekologiya urbanizirovannykh territoriy.* 1: 41–44 (In Russ.).
- Wu W., Liu Y., Gou Z. 2022. Green infrastructure and urban wellbeing. — *Urban. For. Urban. Green.* 68: 127485.
- Xin L., Wang J., Sun J., Zhang C., Tong X., Wan J., Feng J., Tian H., Zhang Z. 2021. Cellular effects of PM2.5 from Suzhou, China: relationship to chemical composition and endotoxin content. — *Environ. Sci. Pollut. Res.* 28: 287–299.
- Yang J., Chang Y., Yan P. 2015. Ranking the suitability of common urban tree species for controlling PM 2.5 pollution. — *Atmospheric Pollut. Res.* 6: 267–277.
- Zagryazneniye vozdukha i zdorov'ye [Air pollution and health]. 2021. [https://www.who.int/ru/news-room/factsheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/ru/news-room/factsheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health) (accessed: 10.12.2022) (In Russ.).

ФЛОРИСТИЧЕСКИЕ НАХОДКИ

ДОПОЛНЕНИЕ К ФЛОРЕ МХОВ ЮЖНЫХ КУРИЛ
(РОССИЙСКИЙ ДАЛЬНИЙ ВОСТОК)

© 2023 г. Е. А. Игнатова^{1,*}, Т. И. Коротева^{2,**}, В. Э. Федосов^{1,3,***},
М. С. Игнатов^{1,4,****}, Е. Ю. Кузьмина^{5,*****}, Н. С. Ликсакова^{5,*****},
А. В. Шкурко⁴, А. К. Ежкин², В. В. Каганов²

¹Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова
Биологический факультет, каф. экологии и географии растений
Ленинские горы, 1-12, Москва, 119991 Россия

²Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН
ул. Науки, 1Б, Южно-Сахалинск, 693022, Россия

³Ботанический сад-институт ДВО РАН
ул. Маковского, 142, Владивосток, 690024, Россия

⁴Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН
ул. Ботаническая, 4, Москва, 127276, Россия

⁵Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН
ул. Профессора Попова, 2, Санкт-Петербурге, 197022, Россия

*e-mail: arctoa@list.ru

**e-mail: tatjana_05@mail.ru

***e-mail: fedosov_v@mail.ru

****e-mail: misha_ignatov@list.ru

*****e-mail: ekuzmina@yandex.ru, kuzminaeyu@binran.ru;

*****e-mail: nliks@mail.ru, nliksakova@binran.ru

Поступила в редакцию 11.04.2023 г.

После доработки 17.04.2023 г.

Принята к публикации 18.04.2023 г.

В результате определения коллекций мхов с островов Шикотан, Кунашир, Итуруп и Уруп (Южные Курильские острова, Российский Дальний Восток), собранных Т.И. Коротеевой, В.Э. Федосовым, А.В. Шкурко, Н.С. Ликсаковой, А.К. Ежкиным в 2015–2021 гг. выявлены новые виды для этих островов: 6 для Урупа, 7 для Итурупа, 10 для Кунашира, 19 для Шикотана. Впервые для Курильских островов приводятся 4 вида, в том числе три новых для Сахалинской области (*Forsstroemia cryphaeoides*, *Rhizogemma staphylyna*, *Meteorium buchananii*). Еще 3 вида являются новыми для Южных Курил (*Dicranum fragilifolium*, *Gollania turgens*, *Hygroamblystegium varium*). Большинство обнаруженных видов — это редкие виды как в Сахалинской области, так и в пределах Дальнего Востока России. К настоящему времени флора мхов Южных Курил насчитывает 468 видов и является богатейшей региональной бриофлорой России.

Ключевые слова: мхи, новые и редкие виды, Уруп, Кунашир, Итуруп, Шикотан, Курильские острова, Россия

DOI: 10.31857/S0006813623050046, **EDN:** YYPJRK

Курильские острова представляют особый интерес для изучения, поскольку здесь на относительно небольшой площади сочетаются сразу несколько природно-климатических факторов: разнообразие почвенных, ландшафтных и ценологических условий, высокая влажность воздуха и активный вулканизм. Положение Курильских островов на стыке двух флористических областей — Циркумбореальной и Восточноазиатской — обуславливает

уникальное сочетание “северных” и “южных” элементов флоры в пределах одного растительного сообщества.

Самой крупной сводкой по бриофлоре Южных Курильских островов является статья В.А. Бакалина с соавторами (Bakalin et al., 2009), в которой для островов Шикотан, Кунашир, Итуруп, Уруп и Симушир приводятся 380 видов мхов, и среди них несколько новых для России видов

(*Filibryum ogatae*, *Limnohypnum mizushima*, *Hypnum fujiyamae*, *Philonotis americana*, *Pseudotaxiphylum pohliaecarpum*). Уже на тот момент флора Южных Курил оказалась самой богатой региональной бриофлорой России. После 2009 г. исследования бриофлоры Южных Курил были продолжены, и по материалам сборов многих коллекторов (В.А. Бакалина, Е.А. Глазковой, М.С. Игнатова, Т.И. Коротеевой, Е.Ю. Кузьминой, Н.С. Ликсаковой, Ю.С. Мамонтова, О.Ю. Писаренко, В.Э. Федосова, А.В. Шкурко) были опубликованы новые находки мхов с Южных Курил (Ignatov, Milyutina, 2010; Kuzmina et al., 2014, 2016; Ignatova et al., 2016–2018; Koroteeva et al., 2016; Fedosov, Ignatova, 2018; Tubanova et al., 2018; Bakalin et al., 2019; Czernyadjeva et al., 2020; Pisarenko et al., 2020; Kuznetsova et al., 2021; Ellis et al., 2022a, b, c; Fedosov et al., 2021; Kartasheva, Ignatova, 2022; Kotkova et al., 2022; Kuzmina, Liksakova, 2020, 2022; Fedosov et al., 2022a,b; Fedosov, Shkurko, 2022a,b; Kuzmina, Glazkova, 2022; Ignatov et al., 2022; Shkurko et al., 2022; Tubanova, Dugarova, 2022).

Таким образом, после 2009 г. и до настоящего времени на Южных Курилах было выявлено еще почти 80 новых видов, не считая многочисленных дополнений к флорам отдельных островов. Однако пересмотр собранных коллекций и новые сборы с Южных Курильских островов продолжают приносить все новые и новые находки мхов для этой территории.

В основу данной статьи положены результаты обработки коллекций мхов, собранных Т.И. Коротеевой на островах Итуруп и Кунашир (2015 г.), А.К. Ежкиным на о. Итуруп (2018 г.), В.Э. Федосовым и А.В. Шкурко на о. Шикотан (2021 г.) и Н.С. Ликсаковой на о. Уруп (2021 г.). В результате определения этих коллекций были выявлены новые для этих островов виды: 6 для о. Уруп, 7 для о. Итуруп, 10 для о. Кунашир и 19 для о. Шикотан. Новыми для Курильских островов оказались 4 вида (*Forsstroemia cryphaeoides*, *Haplocladium intermedium*, *Rhizogemma staphylina*, *Meteorium buchananii*), и еще три вида оказались новыми для Южных Курил (*Dicranum fragilifolium*, *Gollania turgensis*, *Hygroamblystegium varium*).

Ниже приводится список вновь выявленных видов. Названия мхов даются в соответствии с чек-листом мхов юга Дальнего Востока (Cherdantseva et al., 2018), с учетом новейших таксономических обработок. Названия сосудистых растений – в соответствии с базой данных The World Checklist of Vascular Plants (WCVP) (2020). Для каждого вида приведены полные этикеточные данные, а для некоторых редких видов кратко охарактеризовано распространение. Образцы хранятся

в гербариях ИМГиГ ДВО РАН (SAK), ГБС РАН (МНА), МГУ им. М.В. Ломоносова (MW), БИН РАН (LE).

НОВЫЕ ДЛЯ САХАЛИНСКОЙ ОБЛАСТИ

Forsstroemia cryphaeoides Cardot – 1) о. Кунашир, окр. п. Третьяково, 43°58'36"N, 145°39'56"E, хвойно-широколиственный лес, на коре *Quercus crispula* Blume, 13 VIII 2015 Коротеева № 15-10/4-5 (МНА, SAK); 2) о. Итуруп, окр. г. Курильск, долина р. Курилка, 45°12'40.40"N, 147°55'42.77"E, прирусловый лес, на коре *Quercus crispula*, 10 VIII 2018 Ежкин № ИТ712 (МНА, SAK). Ранее в России вид был известен только из Приморского края (Cherdantseva et al., 2018).

Meteorium buchananii (Brid.) Broth. – 1) о. Шикотан, заказник “Малые Курилы”, вершина г. Ноторо, 43°46'33.9"N, 146°41'31.7"E, луг с выходами горных пород, моховое сообщество на кромке задернованной поверхности выхода горных пород, 17 VIII 2021 Федосов, Шкурко VF21-1179, VF21-1182 (MW); также годом ранее здесь собирали этот вид В.А. Бакалин и К.Г. Климова (опр. В.А. Бакалин), дублет образца был передан В.Э. Федосову и инсерирован им в MW (MW9116779); 2) окр. с. Крабозаводское, южное плечо горы Отрадная, 43°50'36.3"N, 146°44'14.5"E, задернованное основание скальных выходов, с другими кальцефильными мхами (*Loeskeobryum cavifolium*, *Entodon* spp., *Calohypnum plumiforme*, *Hylacomiadelpus triquetrus*), 26 VIII 2021 Федосов, Шкурко VF21-1010 (MW). На Дальнем Востоке вид ранее был известен только из Приморского края (Flora..., 2020).

Rhizogemma staphylina (H. Whitehouse) Bonfim Santos, Siebel et Fedosov (= *Dicranella staphylina* H. Whitehouse) – о. Шикотан, окр. с. Малокурильское, край урочища “Феллодендроновая роща”, основание склона долины р. Отрада, 43°51'41.1"N, 146°49'32.5"E, на участке разреженного сорного луга на нарушенной почве, 06 VIII 2021 Федосов, Шкурко (MW). В Азиатской части России вид известен по немногим находкам (см. Fedosov et al., 2023). Для Российского Дальнего Востока ранее приводился только из долины р. Ярап в Хабаровском крае (Fedosov et al., 2023).

НОВЫЕ ДЛЯ КУРИЛЬСКИХ ОСТРОВОВ

Haplocladium intermedium (Sande Lac.) Fedosov et Ignatova – 1) о. Кунашир, экологическая тропа “Столбовская”, 44° 0'17"N, 145°41'26"E, хвойно-широколиственный лес, на валеже, 06 VIII 2015 Коротеева № 15-6/10-11 (МНА, SAK); 2) о. Кунашир, оз. Лагунное, памятник природы “Лагуноозерный реликтовый лес”, 44°2'9"N, 145°45'24.28"E, смешанный хвойно-широколиственный лес, на *Ulmus* sp., 15 VIII 2015 Коротеева 15-12/10-4 (МНА, SAK); 3) о. Итуруп, окр. г. Курильск, до-

лина р. Курилка, 45°12'40.40"N, 147°55'42.77"E, прирусловый лес, на коре *Acer pictum* Thunb., 05 VIII 2018 Ежкин № Ит712 (МНА, САК). Ранее для Сахалинской обл. приводился с о. Сахалин (Flora..., 2022).

НОВЫЕ ДЛЯ ЮЖНЫХ КУРИЛ

Dicranum fragilifolium Lindb. — о. Кунашир, окр. ГеоТЭС “Менделеевская”, 43°59'58"N, 145°46'26"E, горный елово-березовый лес на склоне, на березе, 11 VIII 2015 Коротеева 15-26/3-5 (МНА, САК). В пределах Сахалинской обл. довольно распространен на Сахалине (Бакалин и др., 2012) и ранее был известен с одного местонахождения на о. Парамушир (Bakalin, Cherdantseva, 2006), однако в сводке по мхам юга Дальнего Востока эти находки не указаны (Cherdantseva et al., 2018).

Gollania turgens (Müll. Hal.) Ando — о. Кунашир, западный склон г. Мечникова, 43°58'42"N, 145°43'19"E, ельник из ели Глена с густым подлеском из бамбука, на большом задернованном валуне, 04 VIII 2015 Коротеева 15-4/1-25 (МНА, САК). Редкий азиатско-североамериканский вид с дизъюнктивным ареалом, известен в России только на Сахалине и о. Онекотан (Северные Курилы) (Nyushko et al., 2008; Bakalin et al., 2012).

Hygroamblystegium varium (Hedw.) Mönk. — о. Кунашир, оз. Лагунное, памятник природы “Лагуноозерный реликтовый лес”, 44°2'9"N, 145°45'24.28"E, смешанный хвойно-широколиственный лес, на *Ulmus* sp., 15 VIII 2015 Коротеева 15-12/10-5 (МНА, САК). Ранее на Курильских островах был известен по единственному местонахождению на о. Парамушир (Северные Курилы) (Bakalin, Cherdantseva, 2006).

НОВЫЕ ДЛЯ ОСТРОВА УРУП

Brachythecium auriculatum Lindb. ex A. Jaeger — бух. Песочная, левый берег руч. Рыбный, склон к ручью 70°, в 2170 м от устья ручья, 45°40'18.8"N, 149°32'16.5"E, сообщество *Sasa kurilensis* (Rupr.) Makino et Shibata с папоротниками и *Calamagrostis sachalinensis* F. Schmidt, 29 VIII 2021 Ликсакова № 88 (LE).

B. hultenii (E.V. Bartram) Min Li et Y.F. Wang — 1) окр. оз. Токотан, заросшая осыпь на северо-восточном склоне крутизной 50° к протоку из оз. Токотан в 350 м к юго-юго-востоку от устья, 45°51'30"N, 149°47'19"E, в сообществе с участием скальных и луговых видов, в виде незначительной примеси к обильному здесь *Rhytidiadelphus japonicus*, 18 VIII 2021 Ликсакова № 3 (LE); 2) зал. Натальи, левый берег р. Обжитая, скальные обнажения на северо-восточном склоне крутизной 80° в 70 м от русла реки, в 420 м от устья, 46°05'29.0"N, 150°09'57.5"E, в сообществе с участием скальных видов с преобладанием *Rhododendron camtschaticum* Pall., в виде незначительной примеси к

обильным здесь *Rhytidiadelphus japonicus* и *Pogonatum japonicum*, 21 VIII 2021 Ликсакова № 16 (LE); 3) бух. Песочная, левый берег руч. Рыбный, склон к ручью 70°, в 2170 м от устья ручья, 45°40'18.8"N, 149°32'16.5"E, сообщество *Sasa kurilensis* с папоротниками и *Calamagrostis sachalinensis*, 29 VIII 2021 Ликсакова № 88 (LE); там же, правый берег руч. Рыбный, склон к ручью 45°, в 2350 м от устья ручья, 45°40'15.7"N, 149°32'22.9"E, сообщество *Sasa kurilensis* с *Carex falcata* Turcz., 29 VIII 2021 Ликсакова № 89 (LE); 4) п-ов Кастрикум, северный берег, верхняя часть склона морской террасы крутизной 10°, 46°12'41.5"N, 150°29'56.7"E, на разнотравном лугу, обилён, 26 VIII 2021 Ликсакова № 73 (LE); там же, северный берег, уступ морской террасы крутизной 80°, 46°12'41.5"N, 150°30'12.2"E, на скалах, в сообществе с участием луговых и скальных видов с доминированием *Hedysarum nonnae* Roskov, 2 IX 2021 Ликсакова № 125 (LE); там же, северный берег, отвесный уступ морской террасы, 46°12'40.9"N, 150°29'59.9"E, на скалах, в сообществе с участием луговых и скальных видов с доминированием *Hedysarum nonnae*, 2 IX 2021 Ликсакова № 126 (LE).

Bryoxiphium japonicum (Berggr.) E. Britton — зал. Натальи, левый берег руч. Бездольный, скальный выступ над водой, в 1100 м от устья ручья, 46°05'11.7"N, 150°09'19.8"E, сообщество скальных видов с *Calamagrostis sachalinensis*, 23 VIII 2021 Ликсакова № 39 (LE). Азиатский вид, распространенный по всей Японии, в Корее, Китае, на Тайване и Филиппинах. В России известен на юге Хабаровского края, из Приморья и Еврейской АО, с Сахалина, Средних и Южных Курил (Flora..., 2017). Внесен в “Красную Книгу Российской Федерации” (Krasnaya..., 2008).

Calliergonellopsis dieckii (Renauld et Cardot) Jan Kučera et Ignatov — 1) зал. Натальи, левый берег руч. Бездольный, скальный выступ над водой, в 1100 м от устья ручья, 46°05'11.7"N 150°09'19.8"E, сообщество *Calamagrostis sachalinensis* на скальных выходах, 23 VIII 2021 Ликсакова № 39 (LE); 2) бух. Песочная, левый берег руч. Рыбный, склон к ручью 70°, в 2170 м от устья ручья, 45°40'18.8"N, 149°32'16.5"E, сообщество *Sasa kurilensis* с папоротниками и *Calamagrostis sachalinensis*, 29 VIII 2021 Ликсакова № 88 (LE)¹. Вид с амфиоцифическим распространением. Встречается в Японии (Хоккайдо, Хонсю, Сикоку, Кюсю), на Алеутских островах и на западе Северной Америки; в России *Calliergonellopsis dieckii* известен на Курильских островах (Итуруп, Кунашир, Шикотан) (Flora..., 2022).

Dolichomitriadelphus hakkodensis (Besch.) Ignatova, Fedosov et Ignatov — бух. Песочная, левый берег руч. Рыбный, склон к ручью 70°, в 2170 м от

¹ Именно данные образцы были учтены О.М. Афоной для Урупа при описании распространения этого вида в очерке “Флоры мхов России” (Flora..., 2022).

устья ручья, 45°40'18.8"N, 149°32'16.5"E, сообщество *Sasa kurilensis* с папоротниками и *Calamagrostis sachalinensis*, в примеси, 29 VIII 2021 Ликсакова № 88 (LE), conf. Игнатов. Данный образец от типичных растений отличается двойной укороченной жилкой. Редкий восточноазиатский вид, известен из Японии, Южных Курильских островов и Сахалина, где находится на северной границе ареала (Bakalin et al., 2012; Flora..., 2020).

Rhizomnium nudum (R.S. Williams) T.J. Кор. – бух. Песочная, правый берег руч. Рыбный, склон к ручью 45°, в 2350 м от устья ручья, 45°40'15.7"N, 149°32'22.9"E, сообщество *Sasa kurilensis* с *Carex falcata*, 29 VIII 2021 Ликсакова № 89 (LE). Редкий восточноазиатско-североамериканский вид. Внесен в “Красную Книгу Российской Федерации” (Krasnaya..., 2008).

Sciuro-hypnum brotheri (Paris) Ignatov et Nuttunen – бух. Песочная, левый берег руч. Рыбный, склон к ручью 70°, в 2170 м от устья ручья, 45°40'18.8"N, 149°32'16.5"E, сообщество *Sasa kurilensis* с папоротниками и *Calamagrostis sachalinensis*, 29 VIII 2021 Ликсакова № 88 (LE). Восточноазиатский вид с узким ареалом: распространен в Японии, указывался для Китая. В России спорадически встречается на Южных Курильских островах, на Сахалине более редок и находится на северной границе ареала (Bakalin et al., 2012; Flora..., 2020).

НОВЫЕ ДЛЯ ОСТРОВА ИТУРУП

Dolichomitriopsis diversiformis (Mitt.) Nog. – 1) окр. г. Перевальная, 45°07'49.7"N, 147°47'06.4"E, дубово-лиственничный лес, на коре *Quercus crispula*, 01 VI 2018 Ежкин № Ит683 (МНА, САК); 2) окр. г. Курильск, долина р. Курилка, 45°12'40.40"N, 147°55'42.77"E, прирусловый лес, на коре *Quercus crispula* и *Alnus hirsuta*, 10 VIII 2018 Ежкин № Ит712 (МНА, САК); окр. аэропорта, 45°16'11.15"N, 147°58'44.36"E, дубняк, на коре *Quercus crispula*, 04 VIII 2018 Ежкин № Ит710 (МНА, САК).

Fissidens gymnogynus Besch. – 1) окр. г. Курильск, долина р. Курилка, 45°12'40.40"N, 147°55'42.77"E, прирусловый лес, на коре *Quercus crispula*, 03 VIII 2018 Ежкин № Ит712 (cf.) (МНА, САК); 2) окр. горы Перевальная, 45°07'49.7"N, 147°47'06.4"E, дубово-пихтовый лес, на коре *Quercus crispula*, 01 VIII 2018 Ежкин № Ит684 (МНА, САК). Редкий в России восточноазиатский вид, известный ранее по многочисленным сборам из Еврейской автономной области, Хабаровского края, юга Приморья, Сахалина, островов Кунашир и Шикотан (Bakalin et al., 2009; Cherdantseva et al., 2018; Pisarenko et al., 2022).

Plagiothecium rossicum Ignatov et Ignatova – 1) окр. горы Перевальная, 45°07'49.7"N, 147°47'06.4"E, дубово-лиственничный лес, на коре *Quercus crispula*, 01 VIII 2018 Ежкин № Ит683 (МНА, САК).

Pylaisia polyantha (Hedw.) Bruch et al. – 1) окр. аэропорта, 45°16'11.15"N, 147°58'44.36"E, дубняк, на коре *Quercus crispula*, 04 VIII 2018 Ежкин № Ит710 (МНА, САК); 2) окр. г. Курильск, долина р. Курилка, 45°12'40.40"N, 147°55'42.77"E, прирусловый лес, на коре *Acer pictum*, 12 VIII 2018 Ежкин № Ит713 (МНА, САК).

Pylaisiadelphina tenuirostris (Bruch et Schimp. ex Sull.) W.R. Buck – 1) окр. аэропорта, 45°16'11.15"N, 147°58'44.36"E, дубняк, на коре *Quercus crispula*, 04 VIII 2018 Ежкин № Ит710 (МНА, САК). Ранее на Курилах был отмечен только на о. Кунашир, где довольно обычен (Bakalin et al., 2009).

Thuidium assimile (Mitt.) A. Jaeger – окр. г. Курильск, долина р. Курилка, 45°12'40.40"N, 147°55'42.77"E, прирусловый лес, на коре *Acer pictum*, 05 VIII 2018 Ежкин № Ит712 (cf.) (МНА, САК). Ранее на Курильских островах был известен из единственного местонахождения на о. Шикотан (Bakalin et al., 2009).

Trematodon ambiguus (Hedw.) Hornsch. – дорога ГеоТЭС “Океанская” – г. Курильск, 45°09'N, 147°58'E, вдоль обочины дороги по влажным участкам, 20 VIII 2015 Коротева 15-19/4-7 (МНА, САК). Ранее указывался только для островов Кунашир и Шикотан (Bakalin et al., 2009; Fedosov, Shkurko, 2022b).

НОВЫЕ ДЛЯ ОСТРОВА КУНАШИР

Dicranum bonjeanii De Not. – окр. п. Третьяково, 43°58'32"N, 145°39'17"E, пойменный хвойно-широколиственно-папоротниковый лес, 13 VIII 2015 Коротева № 15-10/13-15 (МНА, САК). Ранее на Курильских островах был известен только по единичным местонахождениям на островах Симушир, Расшуа и Итуруп (Nyushko et al., 2008; Bakalin et al., 2009, 2019).

Heterophyllum nemorosum (W.D.J. Koch ex Brid.) Kindb. – северо-западный склон вулкана Менделеева, вдоль тропы от подножия вулкана до Северо-Западного сольфатарного поля, 43°59'26"N, 145°43'22"E, ельник из *Picea glehnii* (Fr. Schmidt) Mast. с густым подлеском из бамбука, на пихте, 02 VIII 2015 Коротева № 15-2/1-11 (МНА, САК). Ранее для Курил приводился с о. Шикотан (Fedosov, Shkurko, 2022a).

Plagiopus oederianus (Sw.) H.A. Crum et L.E. Anderson – западный склон горы Мечникова, 43°58'42"N, 145°43'19"E, ельник из *Picea glehnii* с густым подлеском из бамбука, в основании ели, 04 VIII 2015 Коротева 15-4/2-5 (МНА, САК). Ра-

нее для Курил приводился только с Итурупа (Bakalin et al., 2009).

Pseudeskeella tectorum (Funck ex Brid.) Kindb. ex Broth. — оз. Лагунное, памятник природы “Лагуно-озерный реликтовый лес”, 44°2'9"N, 145°45'24.28"E, смешанный хвойно-широколиственный лес, на пихте, 15 VIII 2015 Коротева 15-12/4-2 (МНА, САК). Очень редкий в Сахалинской обл. вид — имеются единичные находки на известняковых массивах г. Вайда (о. Сахалин) и на севере о. Итуруп (Bakalin et al., 2012, 2019).

Thuidium glaucinoides Broth. — северо-западный склон вулкана Менделеева, вдоль тропы от подножия вулкана до Северо-Западного сольфатарного поля, 43°59'26"N, 145°43'22"E, ельник из *Picea glehnii* с густым подлеском из бамбука, на пихте, 02 VIII 2015 Коротева № 15-2/1-1 (МНА, САК). Ранее был известен на Курилах с островов Шикотан и Итуруп (Bakalin et al., 2009, 2019).

НОВЫЕ ДЛЯ ОСТРОВА ШИКОТАН

Amphidium lapponicum (Hedw.) Schimp. — заказник “Малые Курилы”, вершина г. Ноторо, 43°46'33.9"N, 146°41'31.7"E, луг с выходами горных пород, на затененном основании скалы, 17 VIII 2021 Федосов, Шкурко Fedosov et Shkurko VF21-1216 (MW). Ранее вид приводился с островов Итуруп и Кунашир (Bakalin et al., 2009).

Ruficaulis rufescens (Dicks.) Bonfim Santos et Fedosov (= *Dicranella rufescens* (Dicks.) Schimp.) — окр. с. Крабозаводское, восточный склон южного отрога г. Отрада, 43°50'04.5"N, 146°45'20.5"E, ольхово-каменноберезовый лес на крутом склоне ложины, на обнаженном минеральном грунте, 24 VIII 2021 Федосов, Шкурко VF21-1209 (MW).

Dicranum ignatovii Tubanova et Fedosov — 1) окр. с. Крабозаводское, западный склон хр. Графские развалины, 43°50'59.8"N, 146°47'12.3"E, ольхово-каменноберезовый лес, на основании ствола *Betula lanata* (Regel) V.N. Vassil., 09 VIII 2021 Федосов, Шкурко VF21-1025 (MW); 2) окр. с. Малокурильское, крутой северный склон долины р. Отрада, 43°51'27.4"N, 146°50'20.2"E, тисовая роща, на поваленном стволе тиса, 29 VIII 2021 Федосов, Шкурко VF21-1112 (MW). Ранее вид приводился для острова Кунашир, откуда были впервые описаны его спорофиты (Tubanova et al., 2019), а также для о. Итуруп, Хабаровского края, Приморья и о. Сахалин (Tubanova et al., 2018; Bakalin et al., 2019; Zheleznaia, Fedosov, 2021).

Dilutineuron corrugatum (Bedn.-Ochyra) Bedn.-Ochyra, Sawicki, Ochyra, Szczecińska et Plášek — окр. с. Малокурильское, вершина г. Шикотан, 43°52'10.7"N, 146°51'17.8"E, луг со скальными выходами, на каменистой россыпи, 29 VIII 2021 Фе-

досов, Шкурко VF21-1039 (MW). Ранее вид приводился с островов Итуруп и Кунашир (Bakalin et al., 2009).

Eurhynchiastrum pulchellum (Hedw.) Ignatov et Huttunen — окр. с. Крабозаводское, западный склон хр. Графские развалины, 43°50'59.8"N, 146°47'12.3"E, ольхово-каменноберезовый лес, на валежине, 09 VIII 2021 Федосов, Шкурко VF21-1218 (MW). На Южных Курилах этот широко распространенный мох был ранее известен из единственного местонахождения на о. Кунашир (Bakalin et al., 2009).

Forsstroemia japonica (Besch.) Paris — 1) Заказник “Малые Курилы”, окр. бух. Церковная, 43°44'19.2"N, 146°51'17.8"E, залесенный склон с выходами горных пород, на затененной скале, 16 VIII 2021 Федосов, Шкурко VF21-1007 (MW); 2) окр. с. Крабозаводское, 43°50'04.5"N, 146°45'20.5"E, залесенная ложины, на валежине, на стволе каменной березы, 24 VIII 2021 Федосов, Шкурко VF21-1210 (MW); 3) окр. с. Малокурильское, крутой северный склон долины р. Отрада, 43°51'27.4"N, 146°50'20.2"E, кленовый лес с *Toxicodendron orientale* Greene, на стволе *Acer mono Maxim. ex Rupr.*, 29 VIII 2021 Федосов, Шкурко VF21-1214 (MW). Ранее вид приводился для островов Итуруп и Кунашир (Bakalin et al., 2009).

Hookeria acutifolia Hook. et Grev. — 1) окр. с. Малокурильское, край урочища “Феллодендроновая роща”, основание склона долины р. Отрада, 43°51'41.1"N, 146°49'32.5"E, в глубокой сырой расщелине скалы, 06 VIII 2021 Федосов, Шкурко VF21-1180 (MW); 2) западный склон горы Плоская, 43°48'06.0"N, 146°39'34.4"E, в глубокой сырой расщелине скалы, 22 VIII 2021 Федосов, Шкурко VF21-1050 (MW). Ранее вид приводился для России по единственному местонахождению на юге о. Кунашир (Cherdantseva et al., 2018; Pisarenko et al., 2020); годом позже дублет этого вида, собранный на о. Шикотан, был передан в MW В.А. Бакалиным. Этикеточные данные этого образца следующие: г. Томари, 43°46'04.2"N 146°43'55.1"E, тундронид с выходами горных пород, в затененной влажной расщелине скалы 26 VIII 2020 Бакалин, Климова К-45-2-20 (MW dupla from VBG1).

Platydictya jungermannioides (Brid.) H.A. Crum — окр. с. Крабозаводское, низовья р. Анама, основание облесенного склона со скальными выходами вдоль дороги, 43°48'47.6"N, 146°44'55.8"E, в нише скалы, 18 VIII 2021 Федосов, Шкурко VF21-1212 (MW). Ранее вид приводился для Южных Курил на основании единственного образца, собранного Л.В. Бардуновым на Итурупе (Bakalin et al., 2009).

Platygyrium repens (Brid.) Bruch et al. — окр. с. Малокурильское, долина р. Отрада, 43°51'32.2"N, 146°49'58.3"E, травяной ольшаник, на стволе *Alnus hirsuta* (Spach) Turcz. ex Rupr., 06 VIII 2021 Фе-

досов, Шкурко VF21-1217 (MW). Ранее этот широко распространенный мох приводился для островов Итуруп и Кунашир (Bakalin et al., 2009).

Pleuroziopsis ruthenica (Weinm.) Kindb. ex E. Britton — 1) заказник “Малые Курилы”, дорога в бух. Церковная, 43°44′09.7″N, 146°41′07.5″E, ельник, на почве у тропы, 13 VIII 2021 Федосов, Шкурко VF21-1211 (MW); 2) окр. бух. Димитрова, 43°48′02.0″N, 146°48′27.7″E, залесенная долина ручья у водопада, на затененной подстилке у ручья, 27 VIII 2021 VF21-1001 Федосов, Шкурко (MW). Ранее вид приводился с островов Уруп, Итуруп и Кунашир (Bakalin et al., 2009).

Pohlia tundrae A.J. Shaw — окр. с. Малокурильское, урочище “Феллодендроновая роща”, склон долины р. Отрада, 43°51′41.1″N, 146°49′32.5″E, почвенная ниша на склоне кювета дороги, вместе с *Dicranella curvipes*, 06 VIII 2021 Федосов, Шкурко VF21-1060 (MW). Ранее вид приводился для о. Кунашир (Bakalin et al., 2009).

Polytrichum commune Hedw. — Природный заказник “Малые Курилы”, верховья р. Горобец, дорога в бухту Церковная между гор Ноторо и Томари, 43°44′34.7″N, 146°42′41.7″E, заболоченный участок заброшенной дороги, 16 VIII 2021 Федосов, Шкурко VF21-1079 (MW).

Polytrichum juniperinum Hedw. — окр. с. Малокурильское, дорога на мыс Шикотан, 43°52′30.3″N, 146°49′59.7″E, на задернованной поверхности скальных выходов. 07 VIII 2021 Федосов, Шкурко VF21-1079 (MW).

Rhodobryum ontariense (Kindb.) Kindb. — мыс Островной, окр. бух. Песчаной, 43°44′34.7″N, 146°35′57.1″E, луг с доминированием *Leymus* sp. и кустами *Rosa* sp. на вершине приморской песчаной дюны, на почве, 20 VIII 2021 Федосов, Шкурко VF21-1079 (MW). Ранее вид приводился для о. Кунашир (Bakalin et al., 2009).

Sphagnum teres (Schimp.) Ångstr. — мыс Островной, окр. бухты Песчаной, 43°44′34.7″N, 146°35′57.1″E, осоково-моховое болото на берегу озера, вместе с *Calliergonella cuspidata*, *Limnophyllum mizushimae*, 20 VIII 2021 Федосов, Шкурко s.n. (MW). Ранее вид приводился для острова Кунашир (Bakalin et al., 2009).

Straminergon stramineum (Dicks. ex Brid.) Hedenäs — Природный заказник “Малые Курилы”, окр. бух. Церковная, залесенная окраина верхового сфагнового болота, 43°44′05.5″N, 146°40′24.6″E, сырой участок заброшенной дороги, 14 VIII 2021 Федосов, Шкурко VF21-1215 (MW). Ранее вид приводился для островов Уруп, Итуруп и Кунашир (Bakalin et al., 2009; Kuzmina, Liksakova, 2022).

Thamnobryum subserratum (Mitt. ex Sande Lac.) V.C. Tan — окр. бух. Димитрова, 43°48′02.0″N, 146°48′27.7″E, залесенная долина ручья у водопада, на затененной почве у ручья, 27 VIII 2021 Федосов, Шкурко VF21-1103 (MW). Ранее вид приводился с о. Кунашир и из Приморья (Flora..., 2020).

Ulota drummondii (Hook. et Grev.) Brid. — верховья р. Горобец, нижняя часть склона горы Ноторо, 43°47′04.5″N, 146°42′41.7″E, сообщество с доминированием кустарниковой ольхи в ложине ручья, на стволике ольховника над ручьем, 16 VIII 2021 Федосов, Шкурко VF21-1206 (MW). Вид сравнительно нередок на Южных Курилах и то, что он ранее не приводился для Шикотана, связано со сравнительно слабой бриологической изученностью острова.

Ulota japonica (Sull. et Lesq.) Mitt. — 1) окр. с. Малокурильское, урочище “Феллодендроновая роща”, склон долины р. Отрада, 43°51′41.1″N, 146°49′32.5″E, на стволах ели и бузины, 06 VIII 2021 Федосов, Шкурко VF21-1202, 21-1204, (MW); 2) окр. с. Крабозаводское, западный склон хр. Графские развалины, 43°50′59.8″N, 146°47′12.3″E, ольхово-каменноберезовый лес, на стволике *Sambucus* sp., 09 VIII 2021 Федосов, Шкурко VF21-1201 (MW); 3) окр. с. Крабозаводское, основание восточного склона горы Отрадная, 43°50′21.4″N, 146°45′15.6″E, каменноберезово-ольховый лес, на *Sambucus* sp., 24 VIII 2021 Федосов, Шкурко VF21-1203, 21-1205 (MW). Также к этому виду относится ряд образцов, собранных на Шикотане В.А. Бакалинным, переданных в MW и определенных Е.А. Игнатовой и/или В.Э. Федосовым. Вид широко распространен на Южных Курилах и то, что он ранее не приводился для о. Шикотан, связано с его сравнительно слабой изученностью.

Таким образом, к настоящему времени бриофлора Южных Курил насчитывает 468 видов и является богатейшей региональной бриофлорой России. На острове Уруп выявлено 72 вида, на о. Итуруп — 327 видов, на о. Кунашир — 315 видов, на о. Шикотан — 224 вида.

БЛАГОДАРНОСТИ

Полевые работы В.Э. Федосова и А.В. Шкурко были поддержаны грантом РНФ 18-14-00121-П. Исследования Игнатовой и В.Э. Федосова выполнялись в рамках госзадания МГУ “Таксономическое разнообразие региональных флор России и сопредельных государств. Научная обработка коллекций Гербария МГУ как основа изучения региональных флор”, № 121032500090-7; работа В.Э. Федосова также в рамках госзадания Ботанического сада-института ДВО РАН, тема № 122040800088-5. Работа Т.И. Коротевой, А.К. Ежкина и В.В. Каганова осуществлялась в рамках государственного задания, согласно тематическому плану ИМГиГ ДВО РАН по теме “Комплексная оценка влияния экологических факторов на геосисте-

мы Сахалина и Курильских островов” (AAAA-A18-118012290122-1). Исследования Е.Ю. Кузьминой выполнялись в рамках плановой темы согласно тематическому плану БИН РАН “Флора и систематика водорослей, лишайников и мохообразных России и фитогеографически важных регионов мира” № 121021600184-6, Н.С. Ликсаковой — в рамках плановой темы НИР БИН РАН “Растительность Европейской России и северной Азии: разнообразие, динамика, принципы организации”, № 121032500047-1, М.С. Игнатова и А.В. Шкурко в рамках плановой темы ГБС РАН “Биологическое разнообразие природной и культурной флоры: фундаментальные и прикладные вопросы изучения и сохранения”, № 122042700002-6.

Авторы признательны О.М. Афоной и И.В. Чернядьевой за консультации при определении некоторых видов мхов. Н.С. Ликсакова благодарна организаторам и участникам комплексной экспедиции “Восточный бастион — Курильская гряда”, проводимой Русским географическим обществом и Экспедиционным центром Министерства обороны РФ. М.С. Игнатов благодарит Министерство науки и высшего образования РФ за поддержку ЦКП “Гербарий ГБС РАН”, грант 075-15-2021-678. В.Э. Федосов и А.В. Шкурко благодарят администрацию ГПЗ “Курильский” за помощь в организации полевых работ. Также авторы признательны В.А. Бакалину за высылку дублетов собранных им образцов и разрешение на публикацию его находок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Bakalin V.A., Cherdantseva V.Ya. 2006. Bryophytes of Northern Kuril Islands (North-West Pacific). — *Arctoa*. 15: 131–153.
<https://doi.org/10.15298/arctoa.15.02>
- Bakalin V.A., Cherdantseva V.Ya., Ignatov M.S., Ignatova E.A., Nyushko T.I. 2009. Bryophyte flora of the South Kuril Islands (East Asia). — *Arctoa*. 18: 69–114.
<https://doi.org/10.15298/arctoa.18.03>
- [Bakalin et al.] Бакалин В.А., Писаренко О.Ю., Черданцева В.Я., Крестов П.В., Игнатов М.С., Игнатова Е.А. 2012. Бриофлора Сахалина. Владивосток. 310 с.
- Bakalin V.A., Fedosov V.E., Pisarenko O.Yu., Borovichev E.A. 2019. The bryophyte flora of the Northern Iturup (North-West Pacific): somewhere between Circumboreal and East Asian Floristic Regions. — *J. Bryol.* 41 (3): 249–262.
<https://doi.org/10.1080/03736687.2019.1621070>
- Cherdantseva V.Ya., Pisarenko O.Yu., Ignatov M.S., Ignatova E.A., Fedosov V.E., Dudov S.D., Bakalin V.A. 2018. Mosses of the Southern Russian Far East, an annotated check-list. — *Botanica Pacifica*. 7 (2): 53–81.
<https://doi.org/10.17581/bp.2018.07206>
- Czernyadjeva I.V., Ahti T., Boldina O.N., Chesnokov S.V., Davydov E.A., Doroshina G.Ya., Fedosov V.E., Khetagurov Kh.M., Konoreva L.A., Kotkova V.M., Kuzmina E.Yu., Lavrentiev M.V., Liksakova N.S., Nikolayev I.A., Popova N.N., Safronova T.V., Shadrina S.N., Yakovchenko L.S. 2020. New cryptogamic records. 6. — *Novosti Sist. Nizsh. Rast.* 54 (2): 537–557.
<https://doi.org/10.3111/nsnr/2020.54.2.537>
- Ellis L.T., Afonina O.M., Czernyadjeva I.V., Alegro A., Šegota V., Boiko M., Zagorodniuk N., Burghardt M., Alataş M., Aslan G., Batan N., Dragičević S., Erata H., Kırmacı M., Özenoğlu H., Evangelista M., Valente E.B., Feletti T.A., Ezer T., Fedosov V.E., Fuertes E., Oliván G., Natcheva R., Gospodinov G., Hodgson A., Kiebacher T., Köckinger H., von Konrat M., Krajšek S.S., Cimerman Ž.L., Kučera J., Mikulášková E., Müller F., Muñoz J., Ochryra R., Peralta D.F., Philippe M., Porley R.D., Rawat K.K., Paul R.R., Ros R.M., Werner O., Schäfer-Verwimp A., Sérgio C., Shkurko A.V., Söderström L., de Souza A.M., Spitale D., Ștefănuț S., Tabua M., Winter G. 2022a. New national and regional bryophyte records, 69. — *J. Bryol.* 44 (1): 87–102.
<https://doi.org/10.1080/03736687.2022.2061242>
- Ellis L.T., Afonina O.M., Alia M.H.B., Burghardt M., Cabezudo B., Cano M.J., Cottet A.C., Csiky J., Deme J., Erzberger P., Evangelista M., Glazkova E.A., Gómez-González D., Guerra J., Jiménez J.A., Kuzmina E.Yu., Liksakova N.S., Messuti M.I., Natcheva R., Norhazrina N., Pantović J.P., Papp B., Potemkin A.D., Rodríguez-Quiel E., Sabovljević M.S., Spitale D., Ștefănuț S., Syazwana N., Tossou M.G., Vilnet A.A. 2022b. New national and regional bryophyte records, 70. — *J. Bryol.* 44 (2): 1–9.
<https://doi.org/10.1080/03736687.2022.2095145>
- Ellis L.T., Arrocha C., Benítez Á., Beyrouthy M., Chandini V.K., Czernyadjeva I.V., Deme J., Erzberger P., Fedosov V.E., Górski P., Guerra J., Hugonnot V., Lautenschläger T., Lee G.E., Mair P., Mamontov Yu.S., Manju C.N., Manjula K.M., Mesterházy A., Mufeed B., Müller F., Neinhuis C., Németh Cs., Paul R.R., Pócs T., Porley R.D., Rajesh K.P., Raouf Fard F., Rawat K.K., Rodríguez-Quiel E., Schäfer-Verwimp A., Ștefănuț S., Tratter W., Verwimp I., Vilnet A.A., Wolf I.M., Zander R.H. 2022c. New national and regional bryophyte records, 71. — *J. Bryol.* 44 (3): 252–263.
<https://doi.org/10.1080/03736687.2022.2143223>
- Fedosov V.E., Ignatova E.A. 2018. On the genus *Ulota* (Orthotrichaceae, Bryophyta) in Russia. — *Novosti Sist. Nizsh. Rast.* 52 (1): 141–171.
<https://doi.org/10.3111/nsnr/2018.52.1.141>
- Fedosov V.E., Ignatova E.A., Fedorova A.V., Kučera J. 2021. *Microamblystegium* — a new genus of Amblystegiaceae from Shikotan Island (South Kurils, Russian Far East). — *Arctoa*. 30 (2): 417–424.
<https://doi.org/10.15298/arctoa.30.27>
- Fedosov V.E., Shkurko A.V. 2022a. New moss records from Sakhalin Province. 12. — In: New bryophyte records. 18. — *Arctoa* 31 (1): 72.
<https://doi.org/10.15298/arctoa.31.09>
- Fedosov V.E., Shkurko A.V. 2022b. New moss records from Sakhalin Province. 13. — In: New bryophyte records. 19. — *Arctoa*. 31 (2): 240.
<https://doi.org/10.15298/arctoa.31.24>
- Fedosov V.E., Shkurko A.V., Ignatova E.A., Fedorova A.V., Ignatov M.S. 2022a. A Review of the genus *Glyphomitrium* (Rhabdoweisiaceae, Bryophyta) in Russian Far East. — *J. Bryol.* 44 (3): 226–246.
<https://doi.org/10.1080/03736687.2022.2126097>

- Fedosov V.E., Shkurko A.V., Fedorova A.V., Ignatova E.A., Solovyeva E.N., Brinda J.C., Ignatov M.S., Kučera J. 2022b. Need for split: integrative taxonomy reveals unnoticed diversity in subaquatic species of *Pseudohygrohypnum* (Pylaisiaceae, Bryophyta). — Peer J. 10: 1–69. <https://doi.org/10.7717/peerj.13260>
- Fedosov V., Fedorova A., Ignatova E., Kučera J. 2023. New taxonomic arrangement of *Dicranella* s. l. and *Aongstromia* s. l. (Dicranidae, Bryophyta). — Plants. 12: 13–60. <https://doi.org/10.3390/plants12061360>
- [Flora...] Флора мхов России. 2017. Oedipodiales – Grimmiales. Т. 2. М. 560 с.
- [Flora...] Флора мхов России. 2020. Нурптеригиалес – Нурналес (Plagiotheciaceae – Brachytheciaceae). Т. 5. М. 600 с.
- [Flora...] Флора мхов России. 2022. Нурналес (Calliergonaceae – Amblystegiaceae). Т. 6. М. 472 с.
- Ignatov M.S., Milutina A.I. 2010. The genus *Brachythecium* (Brachytheciaceae, Musci) in Russia: comments on species and key for identification. — Arctoa. 19: 1–30. <https://doi.org/10.15298/arctoa.19.01>
- Ignatov M.S., Kuznetsova O.I., Ignatova E.A. 2022. The genus *Campylophyllopsis* (Bryophyta) in Russia. — Arctoa. 31 (1): 22–33. <https://doi.org/10.15298/arctoa.31.04>
- Ignatova E.A., Ignatov M.S., Koroteeva T.I., Tubanova D.Ya. 2016. New moss records from Sakhalin Province. 7. The Kuril Islands. — In: New bryophyte records. 6. — Arctoa. 25: 221–222. <https://doi.org/10.15298/arctoa.25.35>
- Ignatova E.A., Ignatov M.S., Koroteeva T.I. 2018. New moss records from Sakhalin Province. 9. The Kuril Islands. — In: New bryophyte records. 10. — Arctoa. 27 (1): 82–83. <https://doi.org/10.15298/arctoa.27.07>
- Ignatova E.A., Kuznetsova O.I., Ignatov M.S. 2017. Further comments on the genus *Hedwigia* (Hedwigiaceae, Bryophyta). — Arctoa. 26 (2): 132–143. <https://doi.org/10.15298/arctoa.26.13>
- Kartasheva A.S., Ignatova E.A. 2022. New moss records from Sakhalin Province. 13. The Kuril Islands. — In: New bryophyte records. 19. — Arctoa. 31 (2): 241. <https://doi.org/10.15298/arctoa.27.07>
- Koroteeva T.I., Fedorova A.V., Ignatov M.S. 2016. *Cyrtohypnum versicolor* (Thuidiaceae, Bryophyta) in Russia. — Arctoa. 25: 80–88. <https://doi.org/10.15298/arctoa.25.04>
- Kotkova V.M., Afonina O.M., Androsova V.I., Arslanov S.N., Belyakov E.A., Chernova A.M., Czernyadjeva I.V., Davydov E.A., Doroshina G.Ya., Erokhina O.V., Garin E.V., Gorbunova I.A., Grishutkin O.G., Guziev Kh.Yu., Ignatenko M.E., Ignatov M.S., Ivchenko T.G., Kapitonov V.I., Kharpukhaeva T.M., Komarova A.S., Kuzmina E.Yu., Liksakova N.S., Makarova M.A., Melekhin A.V., Philippov D.A., Potemkin A.D., Romanov R.E., Ryzhkova P.Yu., Shiryeva O.S., Sonina A.V., Storozhenko Yu.V., Tarasova V.N., Timdal E., Vishnyakov V.S., Yakovchenko L.S., Yatsenko-Stepanova T.N. 2022. New cryptogamic records. — 10. Novosti Sist. Nizsh. Rast. 56 (2): 477–517. <https://doi.org/10.31111/nsnr/2022.56.2.477>
- [Krasnaya...] Красная книга Российской Федерации (растения и грибы). 2008. М. 855 с.
- Kuzmina E.Yu., Koroteeva T.I., Sofronova E.V., Sofronov R.R. 2014. New moss records in Sakhalin Province. 4. — In: New bryophyte records. 4. — Arctoa. 23: 235. <https://doi.org/10.15298/arctoa.23.19>
- Kuzmina E.Yu., Koroteeva T.I., Ignatova E.A., Ignatov M.S. 2016. New moss records from Sakhalin Province. 7. The Kuril Islands. — In: New bryophyte records. 7. — Arctoa. 25 (2): 450. <https://doi.org/10.15298/arctoa.25.35>
- Kuzmina E.Yu., Liksakova N.S. 2020. New moss records from Sakhalin Province. 9. The Kuril Islands. — In: New bryophyte records. 15. — Arctoa. 29 (2): 234–235. <https://doi.org/10.15298/arctoa.29.16>
- Kuzmina E.Yu., Liksakova N.S. 2022. New moss records from Sakhalin Province. 11. The Kuril Islands. — In: New bryophyte records. 18. — Arctoa. 31 (1): 70–72. <https://doi.org/10.15298/arctoa.31.09>
- Kuzmina E.Yu., Glazkova E.A. 2022. New moss records from Sakhalin Province. 13. The Kuril Islands. — In: New bryophyte records. 19. — Arctoa. 31 (2): 240. <https://doi.org/10.15298/arctoa.31.24>
- Kuznetsova O.I., Fedosov V.E., Fedorova A.V., Lapshina E.D., Ignatov M.S. 2021. Bryophyte molecular barcoding records. 5. — Arctoa. 30 (2): 463–464. <https://doi.org/10.15298/arctoa.30.31>
- Nyushko T.I., Ignatova E.A., Ignatov M.S. 2008. Contribution to moss flora of the Kuril Islands (Russian Far East). — Arctoa. 17: 165–168. <https://doi.org/10.15298/arctoa.17.13>
- Pisarenko O.Yu., Bakalin V.A., Ignatova E.A. 2020. *Hookeria acutifolia* (Hookeriaceae, Bryophyta), a new species for the moss flora of Russia. — Botanica Pacifica. 9 (1): 71–75. <https://doi.org/10.17581/bp.2020.09104>
- Pisarenko O.Yu., Fedosov V.E., Korznikov K.A., Shkurko A.V., Ignatova E.A. 2022. Moss flora of the Badzhal Mountain Range (Khabarovsk Territory, Russian Far East). — Botanica Pacifica. 11 (1): 98–114. <https://doi.org/10.17581/bp.2022.11105>
- Shkurko A.V., Mamontov Yu.S., Fedosov V.E. 2022. On the morphological delimitation of *Sphagnum henryense*. — Arctoa. 31 (2): 137–144. <https://doi.org/10.15298/arctoa.31.15>
- Tubanova D.Ya., Fedosov V.E., Dugarova O.D. 2018. *Dicranum ignatovii* sp. nova (Dicranaceae, Bryophyta) from the Far East. — Philipp. J. Syst. Biol. 12 (1): 37–44. <https://doi.org/10.26757/pjsb.2018a12008>
- Tubanova D.Ya., Koroteeva T.I., Ignatova E.A. 2019. On the sporophyte of *Dicranum ignatovii* (Dicranaceae, Bryophyta). — Arctoa. 28 (2): 167–170. <https://doi.org/10.15298/arctoa.28.14>
- Tubanova D.Ya., Dugarova O.D. 2022. *Dicranum baicalense* (Dicranaceae, Bryophyta), a new species from Russia. — Arctoa. 31 (2): 145–154. <https://doi.org/10.15298/arctoa.31.16>
- The World Checklist of Vascular Plants (WCVP). 2020. <https://www.gbif.org/dataset/f382f0ce-323a-4091-bb9f-add557f3a9a2>
- Zheleznaya E.L., Fedosov V.E. 2021. New moss records from Primorsky Territory. 5. — In: New bryophyte records. 19. — Arctoa. 30 (1): 106. <https://doi.org/10.15298/arctoa.30.11>

ADDITION TO THE MOSS FLORA OF THE SOUTHERN KURILE ISLANDS (RUSSIAN FAR EAST)

**E. A. Ignatova^{a,#}, T. I. Koroteeva^{b,##}, V. E. Fedosov^{a,c,###}, M. S. Ignatov^{a,d,####}, E. Yu. Kuzmina^{e,#####},
N. S. Liksakova^{e,#####}, A. V. Shkurko^d, A. K. Ezhkin^b, and V. V. Kaganov^b**

^a*Lomonosov Moscow State University, Faculty of Biology, Plant Ecology and Geography Dept.
Leninskie Gory, 1–12, Moscow, 119234, Russia*

^b*Institute of Marine Geology and Geophysics FEB RAS
Nauki Str., 1B, Yuzhno-Sakhalinsk, 693022, Russia*

^c*Botanical Garden-Institute FEB RAS
Makovskii Str., 142, Vladivostok, 690024, Russia*

^d*Tsitsin Main Botanical Garden RAS
Botanicheskaya Str., 4, Moscow, 127276, Russia*

^e*Komarov Botanical Institute RAS
Professor Popov Str., 2, St. Petersburg, 197022, Russia*

[#]*e-mail: arctoa@list.ru*

^{##}*e-mail: tatjana_05@mail.ru*

^{###}*e-mail: fedosov_v@mail.ru*

^{####}*e-mail: misha_ignatov@list.ru*

^{#####}*e-mail: ekuzmina@yandex.ru, kuzminaeyu@binran.ru*

^{#####}*e-mail: nliks@mail.ru, nliksakova@binran.ru*

As a result of identification the moss collections from Shikotan, Kunashir, Iturup and Urup islands (Southern Kuril Islands, Russian Far East) collected by T.I. Koroteeva, V.E. Fedosov, A.V. Shkurko, N.S. Liksakova, and A.K. Ezhkin in 2015–2021, new species for the islands were revealed: 6 ones for Urup, 8 for Iturup, 10 for Kunashir, and 19 for Shikotan. For the first time, 4 species new for the Kuril Islands were discovered, including three new for the Sakhalin Region (*Forsstroemia cryphaeoides*, *Haplocladium intermedium*, *Rhizogemma staphyлина*, *Meteorium buchananii*). Another 3 species found in the islands are new for the Southern Kuriles (*Dicranum fragilifolium*, *Gollania turgens*, *Hygroamblystegium varium*). Most of the discovered species are rare in both the Sakhalin Region and the Russian Far East. To date, the moss flora of the Southern Kurils numbers 468 species and is the richest bryoflora in Russia.

Keywords: mosses, new and rare species, Kunashir, Urup, Iturup, Shikotan, Kuril Islands, Russia

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors are grateful to O.M. Afonina and I.V. Czer-nyadjeva for consultations in identifying some moss species. N.S. Liksakova is grateful to the organizers and participants of the complex expedition “Eastern Bastion – Kuril Ridge”, conducted by the Russian Geographical Society and the Expeditionary Center of the Ministry of Defense of the Russian Federation. M.S. Ignatov thanks the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation for supporting the Center for Collective Use “Herbarium of the GBS RAS”, grant 075-15-2021-678.

Field studies of V.E. Fedosov and A.V. Shkurko were supported by RSF grant 18-14-00121-II. The work of E.A. Ignatova and V.E. Fedosov was carried out within the framework of the MSU state assignment № 121032500090-7; the work of V.E. Fedosov was also supported by the Botanical Garden-Institute FEB RAS scientific project 122040800088-5. The work of T.I. Koroteeva, A.K. Ezhkin and V.V. Kaganov was carried out within the framework of the state task, according to the thematic plan of the IMGG FEB RAS on the topic “Comprehensive assessment of the impact of environmental factors on the geosystems of Sakhalin and the Kuril Islands” (AAAA-A18-

118012290122-1). The studies of E.Yu. Kuzmina were carried out within the framework of the planned topic according to the thematic plan of the BIN RAS “Flora and taxonomy of algae, lichens and bryophytes of Russia and phyto-geographically important regions of the World” No. 121021600184-6; those of N.S. Liksakova within the framework of the planned theme of BIN RAS “Vegetation of European Russia and North Asia: diversity, dynamics, principles of organization”, No. 121032500047-1. The work of M.S. Ignatov and A.V. Shkurko was carried out within the framework of the MBG state assignment № 122042700002-6.

REFERENCES

- Bakalin V.A., Cherdantseva V.Ya. 2006. Bryophytes of Northern Kuril Islands (North-West Pacific). – *Arctoa*. 15: 131–153.
<https://doi.org/10.15298/arctoa.15.02>
- Bakalin V.A., Cherdantseva V.Ya., Ignatov M.S., Ignatova E.A., Nyushko T.I. 2009. Bryophyte flora of the South Kuril Islands (East Asia). – *Arctoa*. 18: 69–114.
<https://doi.org/10.15298/arctoa.18.03>

- Bakalin V.A., Pisarenko O.Yu., Cherdantseva V.Ya. Krestov P.V., Ignatov M.S., Ignatova E.A. 2012. Bryophytes of Sakhalin. Vladivostok. 310 p. (In Russ. and Engl.).
- Bakalin V.A., Fedosov V.E., Pisarenko O.Yu., Borovichev E.A. 2019. The bryophyte flora of the Northern Iturup (North-West Pacific): somewhere between Circumboreal and East Asian Floristic Regions. — *J. Bryol.* 41 (3): 249–262.
<https://doi.org/10.1080/03736687.2019.1621070>
- Cherdantseva V.Ya., Pisarenko O.Yu., Ignatov M.S., Ignatova E.A., Fedosov V.E., Dudov S.D., Bakalin V.A. 2018. Mosses of the Southern Russian Far East, an annotated check-list. — *Botanica Pacifica.* 7 (2): 53–81.
<https://doi.org/10.17581/bp.2018.07206>
- Czernyadjeva I.V., Ahti T., Boldina O.N., Chesnokov S.V., Davydov E.A., Doroshina G.Ya., Fedosov V.E., Khetagurov Kh.M., Konoreva L.A., Kotkova V.M., Kuzmina E.Yu., Lavrentiev M.V., Liksakova N.S., Nikolayev I.A., Popova N.N., Safronova T.V., Shadrina S.N., Yakovchenko L.S. 2020. New cryptogamic records. 6. — *Novosti Sist. Nizsh. Rast.* 54 (2): 537–557.
<https://doi.org/10.31111/nsnr/2020.54.2.537>
- Ellis L.T., Afonina O.M., Czernyadjeva I.V., Alegro A., Šegota V., Boiko M., Zagorodniuk N., Burghardt M., Alataş M., Aslan G., Batan N., Dragičević S., Erata H., Kırmacı M., Özenoğlu H., Evangelista M., Valente E.B., Feletti T.A., Ezer T., Fedosov V.E., Fuertes E., Oliván G., Natcheva R., Gospodinov G., Hodgson A., Kiebacher T., Köckinger H., von Konrat M., Krajšek S.S., Cimerman Ž.L., Kučera J., Mikulášková E., Müller F., Muñoz J., Ochýra R., Peralta D.F., Philippe M., Porley R.D., Rawat K.K., Paul R.R., Ros R. M., Werner O., Schäfer-Verwimp A., Sérgio C., Shkurko A.V., Söderström L., de Souza A. M., Spitale D., Ștefănuț S., Tabua M., Winter G. 2022. New national and regional bryophyte records, 69. — *J. Bryol.* 44 (1): 87–102.
<https://doi.org/10.1080/03736687.2022.2061242>
- Ellis L.T., Afonina O.M., Alia M.H.B., Burghardt M., Cabezudo B., Cano M.J., Cottet A.C., Csiky J., Deme J., Erzberger P., Evangelista M., Glazkova E.A., Gómez-González D., Guerra J., Jiménez J. A., Kuzmina E.Yu., Liksakova N.S., Messuti M.I., Natcheva R., Norhazrina N., Pantović J. P., Papp B., Potemkin A.D., Rodríguez-Quiel E., Sabovljević M.S., Spitale D., Ștefănuț S., Syazwana N., Tossou M.G., Vilnet A.A. 2022a. New national and regional bryophyte records, 70. — *J. Bryol.* 44 (2): 1–9.
<https://doi.org/10.1080/03736687.2022.2095145>
- Ellis L.T., Arrocha C., Benítez Á., Beyrouthy M., Chandini V.K., Czernyadjeva I.V., Deme J., Erzberger P., Fedosov V.E., Górski P., Guerra J., Hugonnot V., Lautenschläger T., Lee G.E., Mair P., Mamontov Yu.S., Manju C.N., Manjula K.M., Mesterházy A., Mufeed B., Müller F., Neinhuis C., Németh Cs., Paul R.R., Pócs T., Porley R.D., Rajesh K.P., Raouf Fard F., Rawat K.K., Rodríguez-Quiel E., Schäfer-Verwimp A., Ștefănuț S., Tratter W., Verwimp I., Vilnet A.A., Wolf I.M., Zander R.H. 2022b. New national and regional bryophyte records, 71. — *J. Bryol.* 44 (3): 252–263.
<https://doi.org/10.1080/03736687.2022.2143223>
- Fedosov V.E., Ignatova E.A. 2018. On the genus *Ulota* (*Orthotrichaceae*, Bryophyta) in Russia. — *Novosti Sist. Nizsh. Rast.* 52 (1): 141–171.
<https://doi.org/10.31111/nsnr/2018.52.1.141>
- Fedosov V.E., Ignatova E.A., Fedorova A.V., Kučera J. 2021. *Microamblystegium* — a new genus of *Amblystegiaceae* from Shikotan Island (South Kurils, Russian Far East). — *Arctoa.* 30 (2): 417–424.
<https://doi.org/10.15298/arctoa.30.27>
- Fedosov V.E., Shkurko A.V. 2022a. New moss records from Sakhalin Province. 12. — In: New bryophyte records. 18. — *Arctoa.* 31 (1): 72.
<https://doi.org/10.15298/arctoa.31.09>
- Fedosov V.E., Shkurko A.V. 2022b. New moss records from Sakhalin Province. 13. — In: New bryophyte records. 19. — *Arctoa.* 31 (2): 240.
<https://doi.org/10.15298/arctoa.31.24>
- Fedosov V.E., Shkurko A.V., Ignatova E.A., Fedorova A.V., Ignatov M.S. 2022a. A Review of the genus *Glyphomitrium* (*Rhabdoweisiaceae*, Bryophyta) in Russian Far East. — *J. Bryol.* 44 (3): 226–246.
<https://doi.org/10.1080/03736687.2022.2126097>
- Fedosov V.E., Shkurko A.V., Fedorova A.V., Ignatova E.A., Solovyeva E.N., Brinda J.C., Ignatov M.S., Kučera J. 2022b. Need for split: integrative taxonomy reveals unnoticed diversity in subaquatic species of *Pseudohygrohypnum* (*Pylaisiaceae*, Bryophyta). — *Peer J.* 10: 1–69.
<https://doi.org/10.7717/peerj.13260>
- Fedosov V., Fedorova A., Ignatova E., Kučera J. 2023. New taxonomic arrangement of *Dicranella* s. l. and *Aongstroemia* s. l. (*Dicranidae*, Bryophyta). — *Plants.* 12: 13–60.
<https://doi.org/10.3390/plants12061360>
- Ignatov M.S., Milutina A.I. 2010. The genus *Brachythecium* (*Brachytheciaceae*, Musci) in Russia: comments on species and key for identification. — *Arctoa.* 19: 1–30.
<https://doi.org/10.15298/arctoa.19.01>
- Ignatov M.S., Kuznetsova O.I., Ignatova E.A. 2022. The genus *Campylophyllopsis* (Bryophyta) in Russia. — *Arctoa.* 31 (1): 22–33.
<https://doi.org/10.15298/arctoa.31.04>
- Ignatova E.A., Ignatov M.S., Koroteeva T.I., Tubanova D.Ya. 2016. New moss records from Sakhalin Province. 7. The Kuril Islands. — In: New bryophyte records. 6. — *Arctoa.* 25: 221–222.
<https://doi.org/10.15298/arctoa.25.35>
- Ignatova E.A., Ignatov M.S., Koroteeva T.I. 2018. New moss records from Sakhalin Province. 9. The Kuril Islands. — In: New bryophyte records. 10. — *Arctoa.* 27 (1): 82–83.
<https://doi.org/10.15298/arctoa.27.07>
- Ignatova E.A., Kuznetsova O.I., Ignatov M.S. 2017. Further comments on the genus *Hedwigia* (*Hedwigiaceae*, Bryophyta). — *Arctoa.* 26 (2): 132–143.
<https://doi.org/10.15298/arctoa.26.13>
- Kartasheva A.S., Ignatova E.A. 2022. New moss records from Sakhalin Province. 13. The Kuril Islands. — In: New bryophyte records. 19. — *Arctoa.* 31 (2): 241.
<https://doi.org/10.15298/arctoa.31.24>
- Koroteeva T.I., Fedorova A.V., Ignatov M.S. 2016. *Cyrtohypnum versicolor* (*Thuidiaceae*, Bryophyta) in Russia. — *Arctoa.* 25: 80–88.
<https://doi.org/10.15298/arctoa.25.04>

- Kotkova V.M., Afonina O.M., Androsova V.I., Arslanov S.N., Belyakov E.A., Chernova A.M., Czernyadjeva I.V., Davydov E.A., Doroshina G.Ya., Erokhina O.V., Gargin E.V., Gorbunova I.A., Grishutkin O.G., Guziev Kh.Yu., Ignatenko M.E., Ignatov M.S., Ivchenko T.G., Kapitonov V.I., Kharpukhaeva T.M., Komarova A.S., Kuzmina E.Yu., Liksakova N.S., Markarova M.A., Melekhin A.V., Philippov D.A., Potemkin A.D., Romanov R.E., Ryzhkova P.Yu., Shiryayeva O.S., Sonina A.V., Storozhenko Yu.V., Tarasova V.N., Timdal E., Vishnyakov V.S., Yakovchenko L.S., Yatsenko-Stepanova T.N. 2022. New cryptogamic records. 10. – *Novosti Sist. Nizsh. Rast.* 56 (2): 477–517. <https://doi.org/10.31111/nsnr/2022.56.2.477>
- Krasnaya kniga Rossiyskoy Federatsii (rasteniya i griby) [Red Data Book of the Russian Federation (plants and fungi)]. 2008. Moscow. 855 p. (In Russ.)
- Kuzmina E.Yu., Koroteeva T.I., Sofronova E.V., Sofronov R.R. 2014. New moss records in Sakhalin Province. 4. – In: *New bryophyte records.* 4. – *Arctoa.* 23: 235. <https://doi.org/10.15298/arctoa.23.19>
- Kuzmina E.Yu., Koroteeva T.I., Ignatova E.A., Ignatov M.S. 2016. New moss records from Sakhalin Province. 7. The Kuril Islands. – In: *New bryophyte records.* 7. – *Arctoa.* 25 (2): 450. <https://doi.org/10.15298/arctoa.25.35>
- Kuzmina E.Yu., Liksakova N.S. 2020. New moss records from Sakhalin Province. 9. The Kuril Islands. – In: *New bryophyte records.* 15. – *Arctoa.* 29 (2): 234–235. <https://doi.org/10.15298/arctoa.29.16>
- Kuzmina E.Yu., Liksakova N.S. 2022. New moss records from Sakhalin Province. 11. The Kuril Islands. – In: *New bryophyte records.* 18. – *Arctoa.* 31 (1): 70–72. <https://doi.org/10.15298/arctoa.31.09>
- Kuzmina E.Yu., Glazkova E.A. 2022. New moss records from Sakhalin Province. 13. The Kuril Islands. – In: *New bryophyte records.* 19. – *Arctoa.* 31 (2): 240. <https://doi.org/10.15298/arctoa.31.24>
- Kuznetsova O.I., Fedosov V.E., Fedorova A.V., Lapshina E.D., Ignatov M.S. 2021. Bryophyte molecular barcoding records. 5. – *Arctoa.* 30 (2): 463–464. <https://doi.org/10.15298/arctoa.30.31>
- Moss flora of Russia. 2017. Oedipodiales – Grimmiales. Vol. 2. Moscow. 560 p. (In Russ. and Engl.)
- Moss flora of Russia. 2020. Hypopterygiales – Hypnales (Plagiotheciaceae – Brachitheciaceae). Vol. 5. Moscow. 600 p. (In Russ. and Engl.)
- Moss flora of Russia. 2022. Hypnales (Calliergonaceae – Amblystegiaceae). Vol. 6. Moscow. 472 p. (In Russ. and Engl.)
- Nyushko T.I., Ignatova E.A., Ignatov M.S. 2008. Contribution to moss flora of the Kuril Islands (Russian Far East). – *Arctoa.* 17: 165–168. <https://doi.org/10.15298/arctoa.17.13>
- Pisarenko O.Yu., Bakalin V.A., Ignatova E.A. 2020. *Hookeria acutifolia* (Hookeriaceae, Bryophyta), a new species for the moss flora of Russia. – *Botanica Pacifica.* 9 (1): 71–75. <https://doi.org/10.17581/bp.2020.09104>
- Pisarenko O.Yu., Fedosov V.E., Korznikov K.A., Shkurko A.V., Ignatova E.A. 2022. Moss flora of the Badzhal Mountain Range (Khabarovsk Territory, Russian Far East). – *Botanica Pacifica.* 11 (1): 98–114. <https://doi.org/10.17581/bp.2022.11105>
- Shkurko A.V., Mamontov Yu.S., Fedosov V.E. 2022. On the morphological delimitation of *Sphagnum henryense*. – *Arctoa.* 31 (2): 137–144. <https://doi.org/10.15298/arctoa.31.15>
- Tubanov D.Ya., Fedosov V.E., Dugarova O.D. *Dicranum ignatovii* sp. nova (Dicranaceae, Bryophyta) from the Far East. – *Philipp. J. Syst. Biol.* 12 (1): 37–44. <https://doi.org/10.26757/pjsb.2018a12008>
- Tubanov D.Ya., Koroteeva T.I., Ignatova E.A. 2019. On the sporophyte of *Dicranum ignatovii* (Dicranaceae, Bryophyta). – *Arctoa.* 28 (2): 167–170. <https://doi.org/10.15298/arctoa.28.14>
- Tubanov D.Ya., Dugarova O.D. 2022. *Dicranum baicalense* (Dicranaceae, Bryophyta), a new species from Russia. – *Arctoa.* 31 (2): 145–154. <https://doi.org/10.15298/arctoa.31.16>
- The World Checklist of Vascular Plants (WCVP). 2020. <https://www.gbif.org/dataset/f382f0ce-323a-4091-bb9f-add557f3a9a2>
- Zheleznyaya E.L., Fedosov V.E. 2021. New moss records from Primorsky Territory. 5. – In: *New bryophyte records.* 19. – *Arctoa.* 31 (1): 106. <https://doi.org/10.15298/arctoa.30.11>

СОВРЕМЕННАЯ НАХОДКА
BUXBAUMIA VIRIDIS (BUXBAUMIACEAE)
НА СЕВЕРО-ЗАПАДЕ РОССИИ

© 2023 г. Г. Я. Дорошина^{1,*}, Л. Е. Курбатова¹

¹Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН
ул. Проф. Попова, 2, Санкт-Петербург, 197022, Россия

*e-mail: marushka-le@mail.ru

Поступила в редакцию 21.11.2022 г.

После доработки 10.04.2023 г.

Принята к публикации 18.04.2023 г.

Приводятся данные о находке в Ленинградской области охраняемого в России мха *Buxbaumia viridis*. Это первое достоверное указание для территории Северо-Запада России за последние 150 лет. Обсуждаются сведения о распространении *Buxbaumia viridis* в России и Европе, а также фитоценотическая приуроченность, биологические особенности и сопутствующие виды. Отмечается увеличение местонахождений этого вида в Европе, в том числе в лесах со значительным влиянием деятельности человека. Рекомендуется мониторинг популяции *Buxbaumia viridis* на территории заказника “Кургальский” и поиск новых местонахождений вида.

Ключевые слова: *Buxbaumia viridis*, мхи, Ленинградская обл., редкие виды

DOI: 10.31857/S0006813623050022, **EDN:** YYLAIQ

В 2020 г. в ходе бриологических исследований в Ленинградской обл. был найден очень редкий и охраняемый в России мох *Buxbaumia viridis* (DC.) Moug. et Nestl. (Krasnaya..., 2008). Этот вид впервые был отмечен на современной территории Ленинградской обл. в 1867 г. на о. Гогланд (рис. 1), входившем в то время в границы Великого княжества Финляндского (Karttunen, 1986; Kurbatova, Doroshina, 2006). Образец *B. viridis* был собран С.О. Линдбергом у оз. Лиивалахденъярви (Hogland, prope lacum Lüvalahjenjarvi, 25.06.1867, S.O. Lindberg; H-SOL) и в настоящее время хранится в гербарии Университета Хельсинки (H). Предпринятые Л.Е. Курбатовой целенаправленные поиски *B. viridis* на о. Гогланд в 2006 и 2007 гг. не принесли положительных результатов. Спустя 153 года после находки С.О. Линдберга, в мае 2020 г., *B. viridis* была найдена Г.Я. Дорошиной в юго-западной части заказника “Кургальский” в Кингисеппском р-не Ленинградской обл. (рис. 1). Новое местонахождение находится в 85 километрах к юго-востоку от о. Гогланд и является первой находкой *B. viridis* на материковой части Ленинградской обл. и единственным достоверным местонахождением этого вида на Северо-Западе европейской части России.

Ниже приведены данные о местонахождении и экологии *B. viridis* в заказнике “Кургальский”.

Buxbaumia viridis (DC.) Moug. et Nestl.: Ленинградская обл., Кингисеппский р-н, окр. дер. Ханике N 59°32'37.8" E 28°6'4.4", на гнилой древесине во влажном ельнике 29.05.2020 Дорошина, LE B0023908; 2) там же, 22.09.2020 Дорошина, LE B0023909; 3) там же, 28.05.2021 Дорошина, LE B0023910.

В заказнике “Кургальский” *B. viridis* была найдена в 700 м от побережья Нарвского залива, в сыром еловом лесу с примесью черной ольхи и березы. Вид отмечен на гнилом еловом пне на участке площадью менее 1 дм² вместе с *Aulacomnium androgynum* (Hedw.) Schwägr., *Herzogiella seligeri* (Brid.) Z. Iwats., *Pohlia nutans* (Hedw.) Lindb. и *Tetraphis pellucida* Hedw. В мае 2020 г. было обнаружено 14 молодых ярко-зеленых спорофитов с вертикально расположенной коробочкой. При повторном обследовании в сентябре 2020 г. открытые зрелые коробочки были расположены под небольшим углом по отношению к оси ножки и приобрели оливково-серый оттенок, а экзотеций был разорван ключьями на спинной стороне коробочки, что характерно для *B. viridis*. Число коробочек к осени уменьшилось на две. В мае на гаметофите *B. viridis* были отмечены в большом

количестве многоклеточные выводковые тела, количество которых к осени резко сократилось.

Местонахождение *B. viridis* в пределах заказника “Кургальский” является третьим для Северо-Запада России. В этом регионе, помимо Ленинградской обл., *B. viridis* известна для г. Калининграда (р-н Менделеево) по литературному указанию на образец Фон Раушке: “Königsberg: im Juditter Walde (Rauschke)” (Klinggraeff, 1893). В России наибольшее число известных местонахождений *B. viridis* известно в горах Кавказа на территории Кавказского заповедника и Тебердинского национального парка (Red..., 2017). За пределами заповедных территорий на Кавказе этот вид был обнаружен в 1989 г. на Софийской поляне, недалеко от границ Архызского участка Тебердинского заповедника (LE V0015666). Для Крыма *B. viridis* приводится Е.И. Высоцкой из окр. г. Ялты: “Крымська обл., околиці м. Ялта, урочище Караголь, 97.75” (Vysots'ka, 1981) (как *Buxbaumia indusiata*). Эта же находка приведена позднее в монографии Л.Я. Партыка “Бриофлора Крыма”: (Partyka, 2005). *B. viridis* – очень редкий вид на территории России и включен в Красную книгу Российской Федерации (Krasnaya..., 2008). О.М. Масловский (Maslovsky, 2017) приводит карты распространения восточноевропейских редких и находящихся под угрозой исчезновения бриофитов, в том числе и дает карту распространения *B. viridis* в Восточной Европе. Согласно его данным на западе европейской части России проходит восточная граница ареала этого вида. За пределами России *B. viridis* встречается в Европе, на Кавказе, в Китае и в Северной Америке (GBIF. <https://www.gbif.org/ru/species/2682851>).

В России *B. viridis* отмечена на разных высотных диапазонах. На Северо-Западе России местонахождения вида отмечены на высоте не более 50 м над ур. м. На Западном Кавказе местонахождения *B. viridis* приурочены к полосе пихтовых лесов на высотах от 600 до 2000 м над ур. м (Krasnaya..., 2008). В Европе местонахождения *B. viridis* нередко расположены в горных районах, при этом высотный диапазон распространения заметно понижается с юга на север. В странах со средиземноморским климатом вид распространен на высоте более 1000 м над ур. м (Hebrard, 2005). В Чехии высотный диапазон вида составляет от 250 до 1200 м над ур. м., при этом оптимальные условия для роста вида находятся на высоте от 600 до 900 м над ур. м. (Holá et al., 2014).

Для произрастания *B. viridis* необходим целый комплекс экологических факторов. Наиболее важным фактором является наличие подходящего субстрата – гнилой древесины (Spitale, Mair, 2017). Полусгнившая древесина, чаще все-

го хвойных пород, лишенная коры, во влажных условиях накапливает и сохраняет влагу, что также важно для произрастания этого вида. Определяющим условием произрастания *B. viridis* является высокая влажность окружающей среды. Отмечается, что резкое колебание численности находок вида обусловлено изменениями количества дождевых осадков в течение года, при этом оптимальные условия для развития спорофитов наступают после нескольких дождливых лет (Moss flora..., 2017). По некоторым данным, высокий уровень влажности в сочетании с высоким уровнем рН субстрата и наличием доступного фосфора является важным условием для успешного прорастания спор и развития растений *B. viridis*, при этом постоянно высокая влажность субстрата способна компенсировать пониженный уровень его кислотности (Wiklund, 2004; Spitalé, Mair, 2017).

Ряд исследователей относят *B. viridis* к индикаторам старовозрастных лесов (Plášek, 2004; Wiklund, 2004). Однако, по другим данным, более половины всех находок *B. viridis* в Чехии были сделаны в вырубемых лесах и на плантациях хвойных растений (Holá et al., 2014). Эстонскими бриологами также отмечено нахождение вида не только в старовозрастных лесах, но и в лесах среднего возраста и в эксплуатируемых лесах (Löhmus et al., 2020). В пределах Российского Кавказа *B. viridis* встречается преимущественно на охраняемых территориях в пихтовых, пихтово-еловых и пихтово-буковых лесах (Red..., 2017; данные Дорошиной). Местонахождение *B. viridis* в заказнике “Кургальский” находится в его юго-западной части в полосе смешанных лесов из ели и ольхи черной с участием березы, осины и сосны. Такие леса, сформировавшиеся на древних береговых валах и понижениях между ними, характеризуются высокой биологической ценностью, присутствием ряда индикаторных и специализированных видов сосудистых растений, мохообразных и лишайников (Glazkova et al., 2019; Doroshina et al., 2019).

В ряде публикаций для *B. viridis* приводятся сопутствующие виды мохообразных. По данным европейских бриологов, вместе с *B. viridis* практически всегда присутствуют два эпиксильных вида мохообразных: *Herzogiella seligeri* и *Lophocolea heterophylla* (Schrad.) Dumort. (Hebrard, 2005; Vončina et al., 2011; Holá et al., 2014; Szczepaniuk, Kucharzyk, 2016). Видовой состав “комплекса *B. viridis*” несколько различается в работах разных исследователей, поскольку для отдельных регионов есть свои локальные особенности. Так, для Швеции и Ленинградской обл. отмечен *Aulacomnium androgynum* (Wiklund, 2004). Распространение этого вида на Северо-Западе Европейской

России хорошо известно, и, на наш взгляд, именно в районах произрастания *A. androgynum* высока вероятность нахождения *B. viridis*.

С 2005 года в Центральной Европе заметно увеличилось количество сообщений о нахождении *B. viridis* (Chachuła, Vončina 2010; Deme et al., 2020). Вид был найден во Франции (Philippe, 2004), в том числе на о. Корсика (Hebrard, 2005). Несколько публикаций посвящены новым находкам вида в Польше (Vončina et al., 2011; Szczepaniuk, Kucharzyk, 2016.; Gawrys, Szulc, 2017). Для Черногории найдено 14 местонахождений *B. viridis* и отмечен значительный прирост количества местонахождений в начале XXI века (Dragičević, 2012). Несколько новых точек найдено в Пиренеях (Carnicero, Unzeta, 2016; Infante, Heras, 2018). Для Венгрии к 2020 году отмечено 82 местонахождения вида, что в 41 раз больше по сравнению с 2014 годом (Číhal et al., 2020). В Чехии отмечено 167 местонахождений вида, из них 124 выявлены в период с 2000 по 2013 год (Holá et al., 2014). В Финляндии вид отмечен в пяти районах на юго-западе страны и охраняется как находящийся на грани полного уничтожения (Juutinen, Ulvinen, 2018). Особый интерес представляет публикация эстонских бриологов, поскольку находка *B. viridis* в Ленинградской обл. находится в непосредственной близости к границе этой страны. В Эстонии вид был впервые отмечен в 20-е годы XX века на Западно-Эстонских островах и к 1988 году считался исчезнувшим в регионе. Только в 1999 году *B. viridis* повторно найдена в Эстонии на Западных Островах (Lõhmus et al., 2020). В результате специальных исследований последовали новые находки, к 2017 году стало известно 68 местонахождений. Почти все находки сделаны на островах, причем в их западных частях. Один раз, в 2015 году, *B. viridis* была обнаружена в центральной части Эстонии.

Повышенный интерес к *B. viridis* во многих европейских странах объясняется тем, что вид охраняется законом согласно Бернской Конвенции (Annex I of the Bern Convention) и Природоохранной Директиве 92/43 (Annex II of Habitat Directive 92/43/ЕЕС) (Council, 1992; Hodgetts et al., 2019). Однако в списке охраняемых бриофитов Европы (Hodgetts et al., 2019) *B. viridis* не была отнесена к нуждающимся в охране видам, что напрямую связано с резким увеличением новых находок вида в Центральной Европе. Предположение о том, что заметное увеличение числа местонахождений *B. viridis* в Европе связано исключительно с повышенным интересом исследователей к этому виду (Holá et al., 2014), не совсем верно. Многие исследователи отмечают, что виды рода *Buxbaumia* можно найти и опознать в природе только при наличии молодых или зрелых коробочек. Довольно резкое увеличение числа местонахождений *B. viridis*

в стадии спорофита может быть связано с изменением условий в местах его обитания. При этом реальное количество мест произрастания вида может оставаться постоянным или изменяться незначительно (Číhal et al., 2020). Во многих случаях вид повторно был обнаружен в исторических местонахождениях, что говорит о возможности его длительного существования в одном месте (Holá et al., 2014).

В работе эстонских исследователей высказано предположение о расширении ареала *B. viridis* на восток (Lõhmus et al., 2020). Изменение ареала или увеличение частоты встречаемости в последнее время также отмечено для других видов мхов в разных регионах, в частности, в России. Это относится к *Aloina rigida* (Hedw.) Limpr., *Lewinskya speciosa* (Nees) F. Lara, Garilieti et Goffinet, *Plagiothecium undulatum* (Hedw.) Schimper. (личное сообщение М.С. Игнатова и данные авторов). Такие изменения могут быть связаны с изменениями климатических условий (Lõhmus et al., 2020). В пределах Ленинградской обл. новая находка вида расположена восточнее предыдущей и есть вероятность того, что *B. viridis* будет найдена в других районах Ленинградской области.

В связи с современными климатическими изменениями целесообразно проводить поиск новых и подтверждение исторических местонахождений *B. viridis* в регионе. Вид следует искать во влажных хвойных лесах с примесью деревьев лиственных пород на гнилых влажных стволах и пнях. Растущие в таких местах мхи *Herzogiella seligeri*, *Tetraphis pellucida*, а также эпиксильные печеночники могут быть индикаторами возможного нахождения вида. В Ленинградской обл. следует обратить особое внимание на те районы, в которых произрастает *Aula-comnium androgynum*.

B. viridis занесена в Красную книгу Российской Федерации с категорией редкости 3 “редкий” (Krasnaya..., 2008), а также в Красные книги Ленинградской области (Krasnaya..., 2018), Республики Крым (Red..., 2015), Краснодарского края (Red..., 2017), Карачаево-Черкесской Республики (Red..., 2013). Местобитания *B. viridis* в Ленинградской обл. охраняются в границах государственного природного заказника регионального значения “Кургальский”. Для сохранения *B. viridis* в заказнике “Кургальский” следует соблюдать режим строгой охраны в месте его обнаружения. Сохранение упавших стволов с древесной разной степени разложения обеспечивает широкий диапазон потенциально пригодных местобитаний, где этот вид может расти и расселяться. Также необходим мониторинг известного и поиск новых местонахождений вида в пределах заказника.

Эта статья появилась благодаря личному участию многих людей. И. Рябцев и С. Корнева организовали полевые исследования в Кургальском заказнике. Т.В. Акатова составила справку об особенностях распространения вида в Кавказском заповеднике. Мы искренне признательны коллегам, чьи собранные материалы и определенные образцы хранятся в гербарии БИН РАН.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена в рамках плановой темы Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН № 121021600184-6 “Флора и систематика водорослей, лишайников и мохообразных России и фитогеографически важных регионов мира”. Полевые исследования проводились в рамках комплексной мониторинговой программы, осуществляемой в Кургальском заказнике по заказу компании Nord Stream 2, оператора газопровода “Северный поток-2”.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Carnicero P., Unzeta M. 2016. Primera cita de la molsa protegida *Buxbaumia viridis* (Buxbaumiaceae) pels Prepirineus catalans. — *Bulletin de la Institució Catalana d'Historia Natural*. 80: 83–85.
- Chachuła P., Vončina G. 2010. The discovery of *Buxbaumia viridis* (Bryophyta, Buxbaumiaceae) in the Bieszczady national park. — *Roczniki bieszczadzkie* 18: 419–423.
- Číhal L., Fialová L., Plášek V. 2020. Species distribution model for *Buxbaumia viridis*, identifying new areas of presumed distribution in the Czech Republic. — *Acta Musei Silesiae, Scientiae Naturales*, 69: 21–28. <https://doi.org/10.2478/cszma-2020-0002>
- Council Directive 92/43/EEC of 21 May 1992 on the conservation of natural habitats and of wild fauna and flora 1992 [cited 2020 Nov 30] http://www.nature.cz/publik_syst2/files08/habitats%20directive_official%20text.pdf
- Deme J., Erzberger P., Kovács D., Tóth I.Z., Csiky J. 2020. *Buxbaumia viridis* (Moug. ex Lam. et DC.) Brid. ex Moug. et Nestl. in Hungary Predominantly Terricolous and Found in Managed Forests. — *Cryptogamie, Bryologie*. 41 (8): 89–103. <https://doi.org/10.5252/cryptogamie-bryologie2020v41a8>
- [Doroshina et al.] Дорошина Г.Я., Гинзбург Э.Г., Курбатова Л.Е. 2019. Мхи государственного природного заказника “Кургальский” (Ленинградская область). — *Новости сист. низш. раст.* 53(2): 369–384. <https://doi.org/10.31111/nsnr/2019.53.2.369>
- Dragičević S., Papp B., Erzberger P. 2012. Distribution of *Buxbaumia viridis* (Moug. ex Lam. et DC.) Brid. ex Moug. et Nestl. (Bryophyta) in Montenegro. — *Acta Botanica Croatica*. 71 (2): 365–370. <https://doi.org/10.2478/v10184-011-0066-1>
- Gawrys R., Szulc A. 2017. New location of the moss *Buxbaumia viridis* in the Białowieża Forest. — *Lesne Prace Badawcze*. 78 (3): 248–250.
- GBIF. <https://www.gbif.org/ru/species/2682851> (Accessed 20.06.2023).
- [Glazkova et al.] Глазкова Е.А., Ликсакова Н.С., Гимельбрант Д.Е., Доронина А.Ю., Степанчикова И.С., Гинзбург Э.Г., Потемкин А.Д. 2019. Ценные ботанические объекты заказника “Кургальский” (Ленинградская область). 2. Леса, болота, луга. — *Труды Карельского научного центра РАН*. 8: 44–61. <https://doi.org/10.17076/bg825>
- Hebrard J.-P. 2005. New localities and ecology of *Buxbaumia viridis* (Buxbaumiaceae, Musci) in Corsica. — *Nova Hedwigia*. 80(1–2): 241–246. <https://doi.org/10.1127/0029-5035/2005/0080-0241>
- Hodgetts N., Cáliz M., Englefield E., Fettes N., García Criado M., Patin L., Nieto A., Bergamini A., Bisang I., Baisheva E., Campisi P., Cogoni A., Hallingbäck T., Konstantinova N., Lockhart N., Sabovljevic M., Schnyder N., Schröck C., Sérgio C., Sim Sim M., Vrba J., Ferreira C.C., Afonina O., Blockeel T., Blom H., Caspari S., Gabriel R., Garcia C., Garilleti R., González Mancebo J., Goldberg I., Hedenäs L., Holyoak D., Hugonnot V., Huttunen S., Ignatov M., Ignatova E., Infante M., Juutinen R., Kiebacher T., Köckinger H., Kučera J., Lönnell N., Lüth M., Martins A., Maslovsky O., Papp B., Porley R., Rothero G., Söderström L., Ștefanuț S., Syrjänen K., Untereiner A., Vána J., Vanderpoorten A., Vellak K., Aleffi M., Bates J., Bell N., Brugués M., Cronberg N., Denyer J., Duckett J., During H.J., Enroth J., Fedosov V., Flatberg K.-I., Ganeva A., Gorski P., Gunnarsson U., Hassel K., Hespanhol H., Hill M., Hodd R., Hylander K., Ingerpuu N., Laaka-Lindberg S., Lara F., Mazimpaka V., Mežaka A., Müller F., Orgaz J.D., Patiño J., Pilkington S., Puche F., Ros R.M., Rumsey F., Segarra-Moragues J.G., Seneca A., Stebel A., Virtanen R., Weibull H., Wilbraham J., Żarnowiec, J. 2019. A miniature world in decline: European Red List of Mosses, Liverworts and Hornworts. Brussels. 87 p. <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2019.ERL.2.en>
- Holá E., Vrba J., Linhartová R., Novozámská E., Zmrhalová M., Plášek V., Kučera J. 2014. Thirteen years on the hunt for *Buxbaumia viridis* in the Czech Republic: still on the tip of the iceberg? — *Acta Societatis Botanicorum Poloniae* 83 (2): 137–145. <https://doi.org/10.5586/asbp.2014.015>
- Infante M., Heras P. 2018. Notes on the herbivory on *Buxbaumia viridis* sporophytes in the Pyrenees. — *Cryptogamie, Bryologie*. 39 (2): 185–194. <https://doi.org/10.7872/cryb/v39.iss2.2018.185>
- Juutinen R., Ulvinen T. 2018. Suomen sammalien levinneisyys eliömaakunnissa 8. Suomen ympäristökeskus, 29.11.2018.
- Karttunen K. 1986. S.O. Lindbergin “Musci Hoglandici” ja Suursaaren sammalkasviston kasvimaantieteellinen ryhmä. — *MSc Thesis. Department of Botany. University of Helsinki. Finland*. 110 p.
- Klinggraeff H. 1893. Leber- und Laubmoose West- und Ostpreussens. Danzig. 317 p.

- [Krasnaya...] Красная книга Ленинградской области: Объекты растительного мира. 2018. СПб. 848 с.
- [Krasnaya...] Красная книга Российской Федерации (растения и грибы). 2008. М. 855 с.
- [Kurbatova, Doroshina] Курбатова Л.Е., Дорошина Г.Я. 2006. Новые находки мхов в Ленинградской области. 1 – Арктоа. 15: 249.
- Lõhmus P., Nõmm M., Nellis R., Kai Vellak K. 2020 “Blooming” of *Buxbaumia viridis* in Estonia: the case of mild winter. – The Bryological Times. 150: 8–10.
- Maslovsky O.M. 2017. Atlas of rare and threatened of Eastern Europe as a candidates to new European Red List. Minsk. 102 p.
- [Moss flora...] Флора мхов России. Т. 2. Oedipodiales – Grimmiales. 2017. М. 560 с.
- [Partyka] Партыка Л.Я. 2005. Бриофлора Крыма. Киев. 170 с.
- Philippe M. 2004. La mousse *Buxbaumia viridis* (Bryophytes, Buxbaumiaceae) retrouvée dans l’Ain (France). – Bulletin mensuel de la Société Linnéenne de Lyon, 73(8): 327–332.
<https://doi.org/10.3406/linly.2004.13537>
- Plášek V. 2004. The moss *Buxbaumia viridis* (Bryopsida, Buxbaumiaceae) in the Czech part of the Western Carpathians – distribution and ecology. – In: Bryological studies in the Western Carpathians. Poznań. P. 37–44.
- [Red...] Красная книга Карачаево-Черкесской Республики. 2013. Черкесск. 360 с.
- [Red...] Красная книга Краснодарского края. Растения и грибы. 2017. Краснодар. 850 с.
- [Red...] Красная книга Республики Крым. Растения, водоросли и грибы. 2015. Симферополь. 480 с.
- Spitale D., Mair P. 2017. Predicting the distribution of a rare species of moss: The case of *Buxbaumia viridis* (Bryopsida, Buxbaumiaceae). – Plant Biosystems – An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology. 151: 1, 9–19.
<https://doi.org/10.1080/11263504.2015.1056858>
- Szczepaniuk A., Kucharzyk J. 2016. New occurrence of rare protected moss species *Buxbaumia viridis* (Bryopsida, Buxbaumiaceae) in the Białowieża forest. – Steciana. 20 (2): 93–96.
<https://doi.org/10.12657/steciana.020.011>
- Vončina G., Cykowska B., Chachuła P. 2011. Rediscovery of *Buxbaumia viridis* (Bryophyta, Buxbaumiaceae) in the Tatra and Gorce in Polish Western Carpathians. – In: Chorological studies on Polish Carpathian bryophytes. Poznań. P. 171–176.
- [Vysots'ka] Висоцька О.І. 1981. Результати каріологічного аналізу листяних мохів (Musci) півдня України. – Український ботанічний журнал. 38 (3): 40–43.
- Wiklund K. 2004. Establishment, growth and population dynamics in two mosses of old-growth forests. – Acta Universitatis Upsaliensis. Comprehensive Supparies of Upsala Dissertation from the Faculty of Sciens and Technology 996. 47 p.

NEW RECORD OF *BUXBAUMIA VIRIDIS* (BUXBAUMIACEAE) IN THE NORTH-WEST OF RUSSIA

G. Ya. Doroshina^{a,#} and L. E. Kurbatova^a

^aKomarov Botanical Institute RAS

Prof. Popova Str., 2, St. Petersburg, 197022, Russia

[#]e-mail: marushka-le@mail.ru

The moss *Buxbaumia viridis*, protected in Russia, was for the first time found in the territory of the North-West of Russia for the past 150 years. Data on the distribution of *Buxbaumia viridis* in Russia and Europe, as well as its phytocenotic confinement, biological features and accompanying species are discussed. There is a noticeable increase in the number of localities of this species in Europe, including in forests with significant human impact. Monitoring of the *Buxbaumia viridis* population in the territory of the reserve “Kurgalsky” is recommended, as well as the search for new localities.

Keywords: *Buxbaumia viridis*, mosses, Leningrad Region, rare species

ACKNOWLEDGEMENTS

The study was carried out within the framework of the institutional research project of the Komarov Botanical Institute RAS “Flora and taxonomy of algae, lichens and bryophytes in Russia and phytogeographically important regions of the world” № 121021600184-6. Financing of field research of G.Ya. Doroshina was provided by Nord Stream AG 2. This article appeared thanks to personal contributions of many people: I. Ryabtsev and S. Korneva organized field research in the Kurgalsky reserve, T.V. Akatova com-

piled a certificate on the peculiarities of the distribution of the species in the Caucasian Reserve. We are sincerely grateful to the colleagues whose collected materials are stored at the herbarium of the BIN RAS.

REFERENCES

- Carnicero P., Unzeta M. 2016. First report of the protected moss *Buxbaumia viridis* (Buxbaumiaceae) in the Catalan Pre-Pyrenees. – Bulletin de la Institució Catalana d’ Historia Natural. 80: 83–85.

- Chachuła P., Vončina G. 2010. The discovery of *Buxbaumia viridis* (Bryophyta, Buxbaumiaceae) in the bioszczadzy national park. — Roczniki bioszczadzkie. 18: 419–423.
- Číhal L., Fialová L., Plášek V. 2020. Species distribution model for *Buxbaumia viridis*, identifying new areas of presumed distribution in the Czech Republic. — Acta Musei Silesiae, Scientiae Naturales, 69: 21–28. <https://doi.org/10.2478/cszma-2020-0002>
- Council Directive 92/43/EEC of 21 May 1992 on the conservation of natural habitats and of wild fauna and flora 1992 [cited 2020 Nov 30]. http://www.nature.cz/publik_syst2/files08/habitats%20directive_official%20text.pdf
- Deme J., Erzberger P., Kovács D., Tóth I. Z., Csiky J. 2020. *Buxbaumia viridis* (Moug. ex Lam. et DC.) Brid. ex Moug. et Nestl. in Hungary Predominantly Terricolous and Found in Managed Forests. — Cryptogamie, Bryologie. 41 (8): 89–103. <https://doi.org/10.5252/cryptogamie-bryologie2020v41a8>
- Doroshina G.Ya., Ginzburg E.G., Kurbatova L.E. 2019. Mosses of the Kurgalsky State Nature Reserve (Leningrad Region). — Novosti Sist. Nizsh. Rast. 53 (2): 369–384 (In Russ.). <https://doi.org/10.31111/nsnr/2019.53.2.369>
- Dragičević S., Papp B., Erzberger P. 2012. Distribution of *Buxbaumia viridis* (Moug. ex Lam. et DC.) Brid. ex Moug. et Nestl. (Bryophyta) in Montenegro. — Acta Botanica Croatica. 71 (2): 365–370. <https://doi.org/10.2478/v10184-011-0066-1>
- Gawrys R., Szulc A. 2017. New location of the moss *Buxbaumia viridis* in the Białowieża Forest. — Lesne Prace Badawcze. 78 (3): 248–250.
- GBIF. <https://www.gbif.org/ru/species/2682851> (Accessed 20.06.2023).
- Glazkova E.A., Liksakova N.S., Gimel'brant D.E., Doronina A.Yu., Stepanchikova I.S., Ginzburg E.G., Potemkin A.D. 2019. Valuable botanical objects of the Kurgalsky Nature Reserve (Leningrad Region). 2. Forests, mires and grasslands. — Transactions of KarRC of RAS. 8: 44–61 (In Russ.). <https://doi.org/10.17076/bg825>
- Hebrard J.-P. 2005. New localities and ecology of *Buxbaumia viridis* (Buxbaumiaceae, Musci) in Corsica. — Nowa Hedwigia. 80 (1–2): 241–246. <https://doi.org/10.1127/0029-5035/2005/0080-0241>
- Hodgetts N., Cáliz M., Englefield E., Fettes N., García Criado M., Patin L., Nieto A., Bergamini A., Bisang I., Baisheva E., Campisi P., Cogoni A., Hallingbäck T., Konstantinova N., Lockhart N., Sabovljevic M., Schnyder N., Schröck C., Sérgio C., Sim Sim M., Vrba J., Ferreira C.C., Afonina O., Blockeel T., Blom H., Caspari S., Gabriel R., García C., Garilleti R., González Mancebo J., Goldberg I., Hedenäs L., Holyoak D., Hugonnot V., Huttunen S., Ignatov M., Ignatova E., Infante M., Juutinen R., Kiebacher T., Köckinger H., Kučera J., Lönnell N., Lüth M., Martins A., Maslovsky O., Papp B., Porley R., Rothero G., Söderström L., Ștefănuț S., Syrjänen K., Untereiner A., Váňa J., Vanderpoorten A., Vellak K., Aleffi M., Bates J., Bell N., Brugués M., Cronberg N., Denyer J., Duckett J., During H.J., Enroth J., Fedosov V., Flatberg K.-I., Ganeva A., Gorski P., Gunnarsson U., Hassel K., Hespanhol H., Hill M., Hodd R., Hylander K., Ingerpuu N., Laaka-Lindberg S., Lara F., Mazimpaka V., Mežaka A., Müller F., Orgaz J.D., Patiño J., Pilkington S., Puche F., Ros R.M., Rumsey F., Segarra-Moragues J.G., Seneca A., Stebel A., Virtanen R., Weibull H., Wilbraham J., Żarnowiec, J. 2019. A miniature world in decline: European Red List of Mosses, Liverworts and Hornworts. Brussels. 89 p. <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2019.ERL.2.en>
- Holá E., Vrba J., Linhartová R., Novozámská E., Zmrhalová M., Plášek V., Kučera J. 2014. Thirteen years on the hunt for *Buxbaumia viridis* in the Czech Republic: still on the tip of the iceberg? — Acta Societatis Botanicorum Poloniae 83 (2): 137–145. <https://doi.org/10.5586/asbp.2014.015>
- Infante M., Heras P. 2018. Notes on the herbivory on *Buxbaumia viridis* sporophytes in the Pyrenees. — Cryptogamie, Bryologie. 39 (2): 185–194. <https://doi.org/10.7872/cryb/v39.iss2.2018.185>
- Juutinen R., Ulvinen T. 2018. Distribution of Finnish mosses in biome regions 8. Finnish Environment Agency, 29.11.2018.
- Karttunen K. 1986. S.O. Lindbergin “Musci Hoglandici” ja Suursaaren sammalkasviston kasvimaantieteellinen ryhmittel. — MSc Thesis. Department of Botany. University of Helsinki. Finland. 110 p.
- Klinggraeff, H. Leber- und Laubmoose West- und Ostpreussens. Danzig, 1893. 317 p.
- Krasnaya kniga Leningradskoy oblasti: Ob'yekty rastitel'nogo mira [Red Data Book of the Leningrad Region: Objects of the plant world]. 2018. St. Petersburg. 848 p. (In Russ.).
- Krasnaya kniga Rossiyskoy Federatsii (rasteniya i griby) [Red Data Book of the Russian Federation (plants and fungi)]. 2008. Moscow. 855 p. (In Russ.).
- Kurbatova L.E., Doroshina G.Ya. 2006. New moss records from Leningrad Province. — Arctoa. 15: 249.
- Lõhmus P., Nõmm M., Nellis R., Kai Vellak K. 2020 “Blooming” of *Buxbaumia viridis* in Estonia: the case of mild winter. — The Bryological Times. 150 (May): 8–10.
- Maslovsky O.M. 2017. Atlas of rare and threatened of Eastern Europe as a candidates to new European Red List. Minsk. 102 p.
- Moss flora of Russia. Vol. 2. Oedipodiales — Grimmiaceae. 2018. 560 p. (In Russ.).
- Partyka L.Ya. 2005. Bryoflora of Crimea. Kiev. 170 p.
- Philippe M. 2004. La mousse *Buxbaumia viridis* (Bryophytes, Buxbaumiaceae) retrouvée dans l'Ain (France). — Bulletin mensuel de la Société Linnéenne de Lyon, 73 (8): 327–332. <https://doi.org/10.3406/linly.2004.13537>
- Plášek V. 2004. The moss *Buxbaumia viridis* (Bryopsida, Buxbaumiaceae) in the Czech part of the Western Carpathians — distribution and ecology. — In: Bryological studies in the Western Carpathians. Poznań. P. 37–44.
- Red Book of the Karachay-Cherkess Republic. 2013. Cherkessk. 360 p. (In Russ.).
- Red book of Krasnodar Territory. Plants and fungi. 2017. Krasnodar. 850 p. (In Russ.).

- Red book of the Republic of Crimea. Plants, algae and fungi. 2015. Simferopol. 480 p. (In Russ.).
- Spitale D., Mair P. 2017. Predicting the distribution of a rare species of moss: The case of *Buxbaumia viridis* (Bryopsida, Buxbaumiaceae). — Plant Biosystems. An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology. 151: 1, 9–19.
<https://doi.org/10.1080/11263504.2015.1056858>
- Szczepaniuk A., Kucharzyk J. 2016. New occurrence of rare protected moss species *Buxbaumia viridis* (Bryopsida, Buxbaumiaceae) in the Białowieża forest. — Steciana. 20 (2): 93–96.
<https://doi.org/10.12657/steciana.020.011>
- Vončina G., Cykowska B., Chachuła P. 2011. Rediscovery of *Buxbaumia viridis* (Bryophyta, Buxbaumiaceae) in the Tatra and Gorce in Polish Western Carpathians. — In: Chorological studies on Polish Carpathian bryophytes. Poznań. P. 171–176.
- Vysots'ka O.I. 1981. Results of karyological analysis of mosses (Musci) of the south of Ukraine. — Ukrainskiy Botanicheskiy Zhurnal. 38 (3): 40–43 (In Ukr.).
- Wiklund K. 2004. Establishment, Growth and Population Dynamics in two Mosses of Old-growth Forests. — Acta Universitatis Upsaliensis. Comprehensive Supparies of Upsala Dissertation from the Faculty of Sciens and Technology 996. 47 p.

ГЕОДАННЫЕ ГЕРБАРИЯ МГУ: СТРУКТУРА ДАННЫХ И МЕТОДИКА ГЕОПРИВЯЗКИ

© 2023 г. А. П. Серёгин^{1*}, В. Н. Пашкина¹, И. Н. Поспелов²

¹Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
Ленинские горы, 1, Москва, 119991, Россия

²Институт проблем экологии и эволюции имени А.Н. Северцова РАН
Ленинский пр., 33, Москва, 119071, Россия

*e-mail: botanik.seregin@gmail.com

Поступила в редакцию 13.03.2023 г.

После доработки 08.04.2023 г.

Принята к публикации 18.04.2023 г.

Оцифровка Гербария Московского университета (MW) была начата весной 2015 г., с октября 2016 г. мы стали размещать изображения образцов в открытый доступ на портале Цифрового гербария МГУ (<https://plant.depo.msu.ru/>). Постепенно на нашем портале стали появляться и расширенные метаданные: полные расшифровки текста этикеток и геопривязки, т.е. значения координат места сбора каждого образца. На 14.01.2023 две трети образцов Гербария МГУ (693168 штук, или 66%) имеют электронные метки на карте, в то время как 359593 образца их пока не имеют. В статье дана характеристика массива геоданных Гербария Московского университета как в географическом аспекте (покрытие геоданных для разных регионов), так и в аспекте точности геопривязок. Приведены общие методические указания по геопривязке гербарных коллекций.

Ключевые слова: гербарий, пространственные данные, география растений

DOI: 10.31857/S0006813623050083, EDN: YZKILC

Оцифровка Гербария Московского университета (MW) была начата весной 2015 года с участием коммерческого партнера в рамках комплексной программы “Научные основы создания Национального банка-депозитария живых систем” по гранту РНФ. В течение 2015 года было отсканировано 502 тыс. образцов из отделов Восточной Европы, Сибири и Дальнего Востока – примерно половина фондовой коллекции Гербария МГУ.

С октября 2016 г. мы стали размещать изображения образцов в открытый доступ на портале Цифрового гербария МГУ (<https://plant.depo.msu.ru/>) (Seregin, 2018, 2023b). Изображения образцов выкладывались в открытый доступ с минимумом ключевых метаданных, таких как таксономия, район гербария и идентификаторы образцов, используя удачный опыт оцифровки Музея естественной истории в Париже (Le Gras et al., 2017).

Постепенно на нашем портале стали появляться и расширенные метаданные: полные расшифровки текста этикеток и геопривязки, т.е. значения координат места сбора каждого образца. К концу 2018 года было полностью завершено сканирование фондовой коллекции с разрешением 300 dpi (для типовых образцов 600 dpi). К этому моменту база содержала 971732 образца, 323015

геопривязок и 135812 расшифрованных этикеток. Кроме того, для всех образцов были получены результаты автоматического оптического распознавания символов (OCR) (Drinkwater et al., 2014), что позволило осуществлять быстрый поиск образцов по ключевым словам, имеющимся в печатных элементах этикеток. Эта работа была начата в марте 2018 года, и с тех пор OCR в фоновом режиме осуществляется с помощью программного продукта Tesseract для всех образцов Цифрового гербария МГУ.

С ноября 2017 года массив данных Гербария МГУ стал целиком индексироваться в Global Biodiversity Information Facility (GBIF, <https://www.gbif.org/>) (Global..., 2023). Это позволило как полностью интегрировать электронные сведения о наших образцах в международный агрегатор открытых данных о биоразнообразии, так и использовать инструменты GBIF в ежедневной кураторской, научной и изыскательской работе. На 14.01.2023 день данные Гербария Московского университета в GBIF были процитированы 857 раз (Seregin, 2023a).

Возможности Цифрового гербария МГУ привлекли внимание не только пользователей коллекций, но и кураторов других гербариев. С апреля 2019 года он стал консорциумом (Seregin, 2020),

Таблица 1. Основные показатели вклада участников консорциума Цифрового гербария МГУ (на 14.01.2023)
Table 1. Contributions from the participants of the Moscow Digital Herbarium consortium (as of 14 January, 2023)

Гербарий Herbarium	Дата подключения/ Date of the first publication	Число образцов/ Number of specimens	Число изображений/ Number of images	Число видов/ Number of species	Число геопривязок/ Number of georeferences	Число этикеток/ Number of captured labels
MW (Гербарий Московского государственного университета, г. Москва) / Moscow University Herbarium	16.10.2016	1052761	1031628	39579	693168	449389
MHA (Гербарий Главного ботанического сада РАН, г. Москва) / Herbarium of the Main Botanical Garden RAS, Moscow	01.04.2019	116362	116157	3962	87742	50053
IRKU (Гербарий Иркутского государственного университета) / Herbarium of Irkutsk State University	11.09.2020	42265	42154	1112	29050	30901
KUZ (Гербарий Кузбасского ботанического сада СО РАН, г. Кемерово) / Herbarium of the Kuzbass Botanical Garden SB RAS, Kemerovo	14.05.2020	19014	19104	1445	19004	19009
TUL (Гербарий Тульского государственного педагогического университета, г. Тула) / Herbarium of Leo Tolstoy Tula State Pedagogical University	25.12.2019	9808	9832	1208	9369	9807
TULGU (Гербарий Тульского государственного университета, г. Тула) / Herbarium of Tula State University	15.07.2021	5054	5054	818	5045	5054
KULPOL (Гербарий Музея-заповедника "Куликово поле", г. Тула) / Herbarium of the Museum-Reserve "Kulikovo Field", Tula	15.07.2021	3657	3656	594	3522	3657
TKM (Гербарий Тульского областного краеведческого музея, г. Тула) / Herbarium of the Tula Regional Museum of Local Lore	15.07.2021	2873	2855	878	1468	2866

Таблица 1. Окончание

Гербарий Herbarium	Дата подключения/ Date of the first publication	Число образцов/ Number of specimens	Число изображений/ Number of images	Число видов/ Number of species	Число геопривязок/ Number of georeferences	Число этикеток/ Number of captured labels
МАГ (Гербарий Института биологических проблем Севера ДВО РАН, г. Магадан)/Herbarium of the Institute of Biological Problems of the North FEB RAS, Magadan	22.10.2020	2604	2604	106	2537	2598
Цифровой гербарий МГУ (итог по консорциуму)/ Moscow Digital Herbarium (consortium total)		1 254 398	1 233 044	40 072	850 905	573 334

в котором организации-участники из Москвы, Иркутска, Кемерово, Тулы и Магадана публикуют свои коллекции в электронном виде по единым стандартам. Уже девять российских гербариев сделали свои коллекции доступными через платформу Цифрового гербария МГУ (табл. 1).

По результатам оцифровки фондов мы получили точные данные по объему и составу коллекций. Физическая коллекция Гербария Московского университета после ежегодного пополнения в 2022 году насчитывает 1 109 606 образцов, занимая по этому показателю 62-е место в мире и 2-е место в России (Thiers, 2023). Оцифрованы все образцы, кроме 62 тыс. образцов немонтированных исторических коллекций и коллекции лишайников, современный объем которой установить не представляется возможным. Отсканированные коллекции сосудистых растений и мохообразных представляют 40016 видов согласно номенклатуре "Catalogue of Life" (<https://www.catalogueoflife.org/>) (Catalogue..., 2023).

Отдельный интерес в методологическом плане и в плане полученных результатов представляет развитие блока пространственных данных. Данная статья логически продолжает публикацию 2017 года (Seregin, 2017), охватывая последние шесть лет работы Гербария Московского университета как центра документации и изучения разнообразия растений международного значения. Задачи у настоящей статьи две: (1) обозначить протоколы ввода и обработки пространственных данных в Цифровом гербарии МГУ и (2) охарактеризовать созданный нами массив геоданных Гербария Московского университета. Все приве-

денные цифры включают как сосудистые растения, так и мохообразные, если не указано иное. Отдельно подчеркнем, что речь идет не обо всех коллекциях участников консорциума Цифрового гербария МГУ (табл. 1), а только о Гербарии Московского университета (MW).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Категории геопривязок

Не у каждого образца из Гербария Московского университета, который отсканирован и размещен в открытом доступе, имеется геопривязка. Это процесс, который занимает время, и работа по полному покрытию коллекций геоданными ведется постоянно.

Все геоданные находятся в открытом доступе как на платформе Цифрового гербария МГУ, так и в GBIF (откуда их можно скачивать). Принципиально все геопривязки, которые у нас имеются, делятся на четыре категории:

- взятые напрямую из этикеток;
- установленные вручную для конкретного образца (или группы образцов с одинаковым текстом этикетки);
- установленные автоматически в результате работы алгоритма ИСТРА;
- образцы, у которых геопривязка невозможна в принципе.

Рассмотрим каждую из этих категорий, охарактеризовав источники и методы получения пространственных данных.

(1) **Геопривязки взяты напрямую с этикеток** (128957 шт., или 18.6%). Этикетки свежих образцов, как правило, содержат в явном виде географические координаты места сбора. Они вводятся в табличном виде операторами ввода этикеточных данных. В поле “Оператор геопривязки” при этом выбирается стандартный параметр “Коллектор”. С декабря 2022 г. такой ввод осуществляется волонтерами в модуле “Помогатор” (<https://plant.depo.msu.ru/pomogator>) (Pomogator, 2023) с автоматическим контролем ошибок на основании двойного независимого ввода данных.

Доля коллекций, которые непосредственно в этикетках содержат координаты места сбора, неуклонно растет. Стремление коллекторов, которые передают свои сборы в Гербарий МГУ, к точности и надежности документации находок можно продемонстрировать такими цифрами: в 2000 г., когда портативные GPS-приемники только стали появляться, 39.5% собранных образцов имели координаты в этикетках; в 2005 г. таковых уже было 55.2%; в 2010 г. эта доля выросла до 60.3%; а к 2015 г. дошла до 78.0%, сохраняясь примерно на том же уровне до самого последнего времени.

Формат записи географических координат на этикетках, поступающих на монтировку, самый разнообразный: 55.755831° (градусы), 55°45.35' или 55°45' (градусы и минуты), 55°45'20.99" или 55°45'21" (градусы, минуты и секунды), а также редкие случаи более экзотической записи форматов и непредсказуемых ошибок форматирования координат. При этом коллекторы используют как округление значений, так и, напротив, недопустимо большую точность, которая превосходит погрешность самих приборов. Среда Цифрового гербария МГУ работает со всеми форматами записи, преобразуя в вид, указанный в настройках пользователя. В GBIF данные импортируются строго в градусах в виде десятичной дроби с точностью до шестого знака после запятой.

Одна из особенностей непосредственного использования геоданных с этикеток заключается в том, что при вводе нами не осуществляется формальная оценка точности данных — это не соответствует международным стандартам ввода данных, но является общепринятой практикой (Marcer et al., 2021). Иными словами, цифры берутся как есть и отправляются на ручную геопривязку (см. ниже) только в том случае, если имеется явная ошибка указания координат коллектором. Ведется постепенная проверка координат, взятых непосредственно с этикеток.

(2) **Геопривязки установлены вручную** для конкретного образца или группы образцов с одинаковым текстом этикетки (240834 шт., или 34.7%). Ручная геопривязка — это установление места сбора конкретного образца с использованием

корпуса исторических и современных картографических и справочных материалов, которые широко представлены в открытом доступе в интернете. Кроме того, для каждой ручной геопривязки устанавливается значение точности геопривязки (см. ниже). В целом наши стандарты и решения соответствуют общим методическим рекомендациям (Chapman, Wiczorek, 2020).

Массив ручных геопривязок — результат работы свыше 60 операторов, которые в разное время в качестве основной работы или в ходе решения научно-исследовательских задач осуществляли геопривязку образцов из фондов Гербария МГУ. Три автора настоящей статьи сделали 47.5% ручных геопривязок (В.Н. Пашкина — 62837 шт., И.Н. Пospelov — 27069 шт., А.П. Серегин — 24514 шт.).

Для осуществления этого этапа ключевыми исходными данными являются, как правило, не изображения образцов, а расшифрованные и введенные в систему транскрипции тексты этикеток. В Цифровом гербарии МГУ используется строгий протокол ввода этикеточных данных, который позволяет жестко унифицировать процедуры ввода различными операторами с минимальными разночтениями. Так, например, используется единое текстовое поле “*Вся география и экология (текст этикетки)*”, а страна и административные единицы устанавливаются, как правило, автоматически на основе введенных координат.

Операторы ручной геопривязки в качестве исходных данных работают с табличными расшифровками текста этикеток, ограничиваясь выборкой образцов по какому-нибудь району или отделу гербария. Это позволяет быстро выявлять повторяющиеся топонимы и восстанавливать маршруты конкретных исследователей, что уменьшает время ввода и повышает качество взаимной геопривязки близко расположенных пунктов работ. Если работа ведется в табличном редакторе, то на разных этапах производится сортировка массива по различным параметрам. Так, сортировка по дате сбора позволяет устанавливать у анонимных сборов фамилию коллектора, опираясь на место сбора и почерк на этикетке. В целом, сортировка по тексту этикетки ускоряет работу, позволяя выявить одни и те же локации, где в разные годы работали разные коллекторы.

Кроме того, именно на этапе геопривязки операторы зачастую выполняют окончательное редактирование (чистку) массива введенного текста многочисленных этикеток.

(3) **Геопривязки установлены автоматически** в результате работы алгоритма ИСТРА (314215 шт., или 45.3%). Алгоритм ИСТРА (Интеллектуальная Система Топонимического Распознавания И Атрибутирования) — разработка О.Н. Платко, программиста “Проекта Скулачева”, архитектора и

главного разработчика Цифрового гербария МГУ. На сегодняшний день ИСТРА в фоновом режиме объединяет все образцы из базы в группы по паре “коллектор–дата” с дополнительной нормировкой по географическим районам гербария. На ручную геопривязку отправляется один образец из группы, а все образцы, собранные коллектором в течение одного дня, привязываются к одному и тому же месту сбора. Такие автоматически сгруппированные и привязанные к карте образцы получают особую пометку в базе, и постепенно их место сбора может уточняться за счет ручной геопривязки.

Для обеспечения работы алгоритма ИСТРА еще в июле 2018 года силами коммерческого партнера был осуществлен массовый ввод пары “коллектор–дата” для 80% образцов Гербария Московского университета. По сути, эти данные были введены для всех образцов, в которых единственная дата сбора и фамилия коллектора были указаны однозначно и полно, однако без нормоконтроля, т.е. однозначного сопоставления указанной фамилии коллектора и конкретного человека, что является трудной задачей (Güntsch et al., 2021). На следующий день система ИСТРА автоматически привязала к карте 63 тыс. образцов и общее число геопривязок составило 217971 шт. — каждый четвертый оцифрованный образец Гербария МГУ получил в тот момент метку на карте.

Подход с вводом пары “коллектор–дата” в качестве обязательных метаданных позволил, с одной стороны, добиться группировки массива по описанным принципам, а с другой стороны — систематизировать дальнейшую выдачу образцов на ввод полного текста этикеток. Так, операторам ввода текстовых данных отправляется теперь строго отсортированная выборка образцов, день за днем представляющая сборы одного и того же исследователя. Операторы заметно улучшили качество ввода текстовых данных, поскольку у них появилась возможность разобраться с почерком одного и того же человека, вводить повторяющиеся топонимы, а зачастую — копировать текст этикеток, которые выдаются на ввод в хронологическом порядке.

Система ИСТРА работает не только с образцами Гербария Московского университета, а охватывает все коллекции участников консорциума. Это позволяет создать единую сеть данных, полностью включающую как оригинальные коллекции каждого гербария, так и дублиеты, поступающие из других коллекций. Кроме того, любая геопривязка, внесенная в систему любым участником консорциума, пополняет общую библиотеку референсных геоданных, необходимых для работы системы ИСТРА. Инструменты и протоколы автоматического и полуавтоматического поиска и исправления ошибок (как внутри плат-

формы, так и в GBIF) позволяют поддерживать чистоту массивов данных от взаимных нестыковок.

(4) Кроме того, имеется относительно небольшая группа образцов, у которых **установить геопривязку принципиально невозможно**. Это связано с отсутствием указаний места сбора на образце или лишь с самыми общими указаниями. Таких образцов 10 460 штук (или 1.5%). Вот реальные примеры текста этикеток образцов из европейской части России, которые получили пометку о невозможности геопривязки:

“Deserto”;

“Gouv. Samara. Steppenabhang”;

“Астраханская обл. Полузакрепленные пески”;

“В лесах, в кустарниках”;

“В лесу, под пологом”;

“Встречается по всей ИПО, как спец[иализированный] сорняк оз[имой] ржи, реже в друг[их] культурах”;

“Жел. дорога. Часто”;

“Иваново-Вознесенская губерния”;

“Костромская обл.”;

“Курская губ.” и т.д.

Специальным случаем является ситуация, когда на этикетке место сбора отсутствует, однако в явном виде указаны дата сбора и коллектор. Такой образец входит в соответствующую группу образцов по паре “коллектор–дата” и получает автоматическую геопривязку с помощью алгоритма ИСТРА (см. выше).

Оценка точности геопривязок

Мы используем в качестве обязательного параметра при ручной геопривязке переменную “Точность”. Это радиус круга (в километрах) с центром в предположительном месте сбора образца. Такой круг охватывает все возможные места сбора образца, исходя из той неопределенности, что заложена в текстовом описании места сбора в этикетке. На переменную “Точность” влияет и число используемых румбов направлений (4, 8 или 16), и точность определения расстояния от условной точки (например, населенного пункта), и характер работы с различными картами в прошлом, и взаимное расположение точечных, линейных и площадных объектов, упомянутых в этикетке.

Точность установления координат в результате ручной геопривязки может быть как очень высокой (например, если сохранилось конкретное здание, местоположение которого легко установить по спутниковым снимкам), так и чрезвычайно низкой. Например, у образца MW0210476 с этикеткой “Кольский п-ов, Терский берег Мурманская область, Терский р-он. Сухая лишайни-

ково-кустарничковая тундра на морской террасе” точность геопривязки составляет 260 км. Используя инструменты GBIF, пользователи имеют возможность отсечь неточные геопривязки, указывая значения этой переменной.

В целом случаи, когда место сбора указано в тексте этикетки неточно, нередки. Характер этой неопределенности таков, что предполагаемое место сбора представляет собой не одну, а массив равновероятных точек. Здесь используется следующий подход: параметр “Точность” здесь — это минимальный радиус круга, в пределах которого реальное место сбора находится с вероятностью, близкой к 1, а в качестве геопривязки выступают координаты центра данного круга. Например, для образца одного из гибридов ив MW0307869 (“Канин п-ов, южн. часть. Оз. Яжемское. Низкий берег”) в качестве геопривязки использованы координаты центра озера Яжемского, а точность равна 2 км (радиус озера плюс 250 м), хотя центр озера, безусловно, не является местообитанием этой ивы.

В целом указываемая точность тем ниже (радиус больше), чем больше размер населенного пункта, чем менее населена данная территория, чем дальше расстояние до условной точки, указанной в этикетке. Для старых сборов приходится увеличивать радиус, в связи с неточностью самих старых карт, с изменением величины и положения населенных пунктов за последние два века и другими событиями, такими как прокладка и исчезновение дорог, осушение местности, создание водохранилищ и т.д. Мы стараемся сверяться с двумя картами, чтобы свести к минимуму возможную погрешность. Основные подходы к оценке точности, используемые в Цифровом гербарии МГУ, размещены в открытом доступе в качестве стандартной инструкции (Seregin, 2022).

В консорциуме Цифрового гербария МГУ каждый из гербариев самостоятельно отвечает за объем и качество внесенных геоданных. Редактор портала ведет мониторинг возможных ошибок, связанных с качеством ввода текстовых метаданных, элементов курирования коллекции и геопривязок места сбора. В текстовых метаданных ошибки, влияющие на качество геоданных, могут содержаться в дате сбора, фамилии и инициалах коллектора, расшифровке текста этикетки, а также в цифрах координат, введенных с этикеток. Источником ошибок среди элементов курирования коллекции чаще всего является неверно указанный район гербария. Сами геопривязки, поступившие от операторов, могут содержать опечатки, ошибки установления топонимов, неточности интерпретации этикеток, сбой форматов координат, и проч.

Проверка введенных геопривязок осуществляется также пользователями Цифрового гербария

МГУ путем краудсорсинга. В паспорте каждого образца имеется ссылка “Сообщить об ошибке”, где любой пользователь без предварительной регистрации может сообщить нам о той или иной проблеме с вводом образца. Мы регулярно получаем сообщения как об ошибках в геопривязках, так и о неточностях трактовок текста этикеток или некорректной работе алгоритма ИСТРА. Поступившие от пользователей данные используются для улучшения базы.

Красноярский край: пример монографической работы с геоданными

Отдел Сибири и Дальнего Востока в Гербарии Московского университета был оцифрован в первую очередь и уже в октябре 2016 г. к нему был открыт онлайн-доступ.

И.Н. Поспелов поставил перед собой задачу выявления всех сборов сосудистых растений из Таймырского района Красноярского края. В процессе работы выяснилось, что для полного выявления коллекций с Таймыра необходим просмотр фондов всего района Центральная Сибирь (S3) Гербария МГУ, включавшего на тот момент около 19 500 образцов. Примерно треть (около 6300 образцов) составляли сборы И.Н. и Е.Б. Поспеловых и участников совместных экспедиций. Для этих коллекций с середины 1990-х годов велась база данных с координатами всех собранных и переданных в МГУ образцов, то есть достаточно было связать ID образца в MW (его роль выполняет штрихкод) с уникальным коллекторским номером, чтобы отправить данные в базу Цифрового гербария МГУ.

Остальные образцы по Центральной Сибири были привязаны И.Н. Поспеловым “с нуля” в течение 2017 года (Pospelov, 2018), хотя примерно в 10% случаев координаты района сбора разной степени точности на этикетках все же имелись. Например, в некоторых образцах начала XX века на этикетках использовались значения долготы от Пулковского меридиана. В целом, район S3 Гербария МГУ охватывает Красноярский край без горных массивов Алтае-Саянской горной страны, расположенных на юге края.

В этом случае первым условием привязки образца являлись отличные знания географической номенклатуры и истории ботанических исследований региона. Оператор геопривязки хорошо знал природные условия региона и имел опыт полевых работ здесь. Это позволяло “поставить себя на место коллектора”, например, оценить реальность суточных перемещений коллектора в соответствии с условиями местности, что существенно повышало качество привязки. Во многих случаях коллекторы ныне здравствуют, и при необходимости могли при личном обращении уточнить место

или хотя бы район сбора (Pospelov, Pospelova, 2019).

После нахождения искомого района (по топониму) осуществлялся переход по координатам в проект в среде ArcGIS. Координаты уточнялись по описанию места сбора и при помощи специального скрипта одним кликом переносились в табличный редактор, там же вводились коллекторы, дата сбора и экспертная точность привязки в км.

После привязки первых 1000 образцов определились районы работ основных коллекторов гербария, что позволило в проекте ArcGIS установить закладки на эти районы (около 25 шт.), что позволило выполнять до 500 привязок в день. Как показала практика, после подобного “погружения” в коллекцию большинство сборов может быть привязано с точностью 0.5–5 км (Pospelov, 2020). В ряде случаев имела бы смысл привязка не к точке с радиусом точности, а к площадному или линейному объекту (участок течения реки, прохождения дороги, окрестностям населенного пункта и т.д.), однако эта практика пока не получила широкого распространения в международных базах данных.

РЕЗУЛЬТАТЫ

На 14.01.2023 две трети образцов Гербария МГУ (693168 шт., или 66%) имеют электронные метки на карте, в то время как 359593 образца их пока не имеют. Характеристику массива геоданных Гербария Московского университета необходимо дать как в географическом аспекте (покрытие геоданных для разных регионов), так и в аспекте точности геопривязок.

Основная работа по формированию массива геоданных в Гербарии Московского университета (МГУ) ведется для “Атласа флоры России”, который основан на множестве различных источников. Исходя из этого, именно территория России является приоритетом с точки зрения геопривязки образцов (табл. 2). Больше 80% образцов привязано к карте из России (80.8%), Вьетнама (85.2%), Канады (96.2%), а также не попавших в таблицу Афганистана, Парагвая, Кипра и Великобритании.

Распределение образцов сосудистых растений с территории России по районам, принятым для курирования фондов Гербария Московского университета, дано в табл. 3. В целом мы ввели геопривязки для 81.6% образцов, собранных в нашей стране. Наибольший объем как физических образцов, так и геопривязок имеется в Гербарии МГУ по Европейской России – Москве и Подмосковию (район E4a), Центральному Нечерноземью (E4), Центральному Черноземью (E6), Европейскому Северу (E1) и Крыму (KRYM). По азиатской части России более полно пред-

ставлены коллекции по югу Дальнего Востока (S6) и Алтае-Саянскому региону (S2), а по Кавказу – в основном, по Карачаево-Черкесии (K1b).

За редким исключением доля образцов, которые мы смогли привязать к карте, не превышает 90% по каждому району. Остальные 10%, как правило, приходится на образцы, у которых геопривязка невозможна (старые неотыскиваемые топонимы, образцы без этикеток и проч.). Осторожно можно предположить, что нам удастся привязать к карте еще около 50–55 тыс. российских образцов из числа имеющихся в фондах Гербария Московского университета, а остальное, к сожалению, представляет собой “мертвый объем” (разумеется, только с географической точки зрения).

Каждый год мы включаем в фонды Гербария Московского университета около 15 тыс. образцов – это средняя цифра ежегодных поступлений за последние десять лет. Большинство из них происходят с территории России. С 2016 года мы полностью включили в свои фонды несколько малых коллекций: гербарий лаборатории устойчивости лесных экосистем Костромского университета (около 1000 листов – Костромская область, 2016 г.); гербарий Бадхызского заповедника (около 1000 листов – юго-восточная Туркмения, 2017 г.); гербарий Института проблем почвоведения РАН в г. Пушкино (около 1000 листов – преимущественно Якутия, 2018 г.); гербарий Музея природы в г. Владимир (около 500 листов – Владимирская область, 2019 г.); гербарий Института лесоведения РАН (около 28000 листов – бывший СССР, КНР, 2022 г.).

Постепенно эти образцы становятся доступными в Цифровом гербарии МГУ не только в виде отсканированных изображений, но и с метками на карте. Физическое объединение всех гербариев в один произошло в столь разных странах как Узбекистан, Нидерланды и Израиль. По-видимому, процесс вливания малых гербариев в состав крупных коллекций продолжится в ближайшем будущем и в России.

ОБСУЖДЕНИЕ

Считается, что геопривязка образцов завершает процесс их оцифровки и включения в научный оборот после этапов (1) подготовки, (2) сканирования, (3) обработки изображений и (4) ввода данных этикеток (Nelson et al., 2012). Однако наш опыт показывает, что предварительный ввод ключевых метаданных (пара “коллектор–дата”) и геопривязка образцов с использованием этого параметра заметно упрощает дальнейший ввод этикеточных данных и делает его эффективнее. Саму работу по геопривязке коллекций мы ведем с использованием современных информационных технологий и различных источников (текстовых,

Таблица 2. Распределение образцов Гербария Московского университета по странам и характеру геоданных (на 14.01.2023). Таблица отсортирована по общему числу геопривязок
Table 2. Distribution of specimens from the Moscow University Herbarium by country and sources of geodata (as of 14 Jan 2023). The table is sorted by the total number of georeferences

№ п/п	Страна/Country	Число образцов/ Number of specimens	Есть геопривязки/ Specimens with geodata	Нет геопривязок/ Specimens with no geodata	Точные геопривязки/ Manual georeferences	Геопривязки по ИСТРЕ/ Automatic georeferences	Невозможно привязать/ Georeferencing impossible
1	Россия (с Крымом)/ Russia (with Crimea)	714628	577147	137481	328354	240200	9688
2	Монголия/Mongolia	27890	16827	11063	3326	13501	0
3	Казахстан/ Kazakhstan	53308	14248	39060	1474	12774	18
4	Киргизия/ Kyrgyzstan	18583	8093	10490	2036	6057	22
5	Украина/Ukraine	31570	7619	23951	1067	6551	12
6	Азербайджан/ Azerbaijan	15403	7325	8078	1501	5776	5
7	Армения/Armenia	11147	5571	5576	1208	4338	1
8	Вьетнам/Vietnam	5974	5088	886	3868	807	0
9	Узбекистан/ Uzbekistan	11047	3928	7119	644	3284	1
10	Южная Осетия/ South Ossetia	5437	3411	2026	859	2520	0
11	Туркмения/Turkmenistan	10841	3305	7536	223	3082	1
12	Канада/Canada	3432	3301	131	2222	1079	71
13	Таджикистан/ Tajikistan	10327	2962	7365	477	2483	0
14	Грузия/Georgia	10608	2573	8035	607	1950	16
15	Эфиопия/Ethiopia	2958	2209	749	1164	1045	10
16	Латвия/Latvia	4044	2200	1844	1087	1103	3
17	КНР/China	5662	2185	3477	1738	447	0
18	Белоруссия / Belarus	7229	2005	5224	1263	741	0
19	Турция / Turkey	3670	1349	2321	843	506	0
20	Иран / Iran	2619	1284	1335	1273	11	1

картографических, архивных), которые находятся как в открытом доступе, так и в доступных хранилищах. Еще несколько лет назад наши возможности в этом плане были гораздо скромнее.

Так, для геопривязки сборов европейской части России конца XIX — начала XX вв. используются карты Шуберта, Менде, а также военные трехверстовки отдельных губерний, доступные на сайтах “RetroMap: Старые карты России и зарубежья” (<http://retromap.ru/>) (RetroMap, 2023) и “ЭтоМесто” (<http://www.etomesto.ru/>) (EtoMesto, 2023). На этих ресурсах растровые отсканированные карты имеют привязку к современным картам и координатной сетке с возможностью наложения слоев или параллельной работы на двух картах. Также на сайте “ЭтоМесто” размещены карты РККА масштабом до 1 : 100 000, позволяющие установить места сбора образцов начала — середины 20 века. Крайне полезны также карты Генштаба СССР, где отмечено множество точечных объектов (мельницы, плотины, башни, броды и т.д.). В редких случаях используются также космоснимки и результаты аэрофотосъемки — как исторические, так и современные.

Определенную сложность представляет геопривязка образцов, место сбора которых указано с точностью до лесного квартала. Причины этого — регулярные изменения в лесоустройстве отдельных лесхозов, а также отсутствие поквартальных архивных схем лесничеств в открытом доступе. Иногда номера кварталов отмечены на картах ГГЦ масштаба 1 : 25 000 с сайта “Маршруты.Ру” (<https://maps.marshruty.ru/>) (Marshruty..., 2023). Геопривязка сборов с территории заказников, национальных парков и заповедников осуществляется с использованием карт данных ООПТ. При этом важно, чтобы схема кварталов была актуальна на дату сбора — в этом отношении ценен сайт “ООПТ России” (<http://www.oopt.aari.ru/>) (ООПТ, 2023).

Информация о местоположении урочищ, не обозначенных на картах, зачастую кажется утраченной. Тем не менее, порой удается ее установить. Сведения о таких топонимах можно в наиболее затруднительных случаях получить, обратившись в библиотеку или краеведческий музей соответствующего района. Много ценной информации содержится также на краеведческих сайтах и форумах: например, на краеведческом портале “Родная Вятка” (<http://rodnaaya-vyatka.ru/>) (Rodnaaya..., 2023) и ряде других. На таких ресурсах оцифрованы списки населенных мест по уездам Российской Империи, с которыми необходимо сверяться при ручной геопривязке. Делается это из-за возможного наличия на искомой территории нескольких населенных пунктов с одинаковым названием. В процессе работы учитываются

также изменения границ и названий административных единиц.

Кроме того, один и тот же географический объект в тексте этикетки и на картах разных лет может иметь разное название (которое менялось с течением времени, либо приводится на другом языке). Например, расположенное в Хибинских горах озеро Гольцовое также фигурирует под названиями оз. Пай-кун’явр или Пай-Куныявр. Так, работа по ручной геопривязке регулярно приобредает элементы исторического исследования.

В Центральной Сибири для первичной привязки использовались топографические карты масштаба 1 : 200 000 советского периода (состояние местности на 1960—1980-е гг.). Непосредственно поиск мест сбора осуществлялся в картографических веб-сервисах — в основном “Яндекс.Карты” (<https://yandex.ru/maps/>) (Yandex, 2023). Если же в тексте этикетки использовались устаревшие топонимы или названия ныне отсутствующих населенных пунктов и иных объектов, производился поиск в общих поисковых системах (Google, Яндекс). Почти во всех случаях удавалось найти хотя бы косвенное упоминание объекта, анализ которого позволял идентифицировать и сам объект (хотя и здесь не обходилось без казусов).

Для сборов XIX — начала XX века с этой территории использовались карты из “Атласа Азиатской России” (Glinka et al., 1914) хотя и имеющие довольно мелкий масштаб (например, 1 : 3 360 000, 80 верст в дюйме для Енисейской губернии), но содержащие для большей части края населенные пункты, ныне забытые даже старожилками районов. При необходимости изучались отчеты экспедиций, публикации коллекторов и даже биографические сведения о них. Возможность и качество привязки часто не зависит даже от времени сбора — так, сборы XVIII — начала XIX века из окрестностей Красноярска привязаны с довольно высокой точностью, т.к. выполнены на известных горных останцах в пригородах.

Очень важную помощь в работе с привязкой образцов по Центральной Сибири оказали также монография “История открытия и освоения Северного Морского пути”, в особенности тома 3 и 4 (Belov, 1959a, b), посвященные советскому периоду освоения Арктики, где описываются или как минимум упоминаются почти забытые в настоящий момент экспедиционные исследования севера России. Кроме того, недавно была издана монография Н.Н. Тупицыной и др. (Tupitsyna et al., 2016), содержащая почти полный обзор флористических исследований на территории Красноярского края.

Обширный объем привязанных к карте данных Гербария Московского университета был использован для создания предварительных сеточных

Таблица 3. Распределение образцов сосудистых растений Гербария Московского университета, собранных в России, по районам гербария (на 14.01.2023)
Table 3. Distribution of specimens from the Moscow University Herbarium collected in Russia by curatorial areas (as of 14 January, 2023)

Код и название района гербария/ Code and name of the herbarium area	Число образцов/ Number of specimens	Есть геопривязки/ Specimens with geodata	Доля с геопривязкой, %/ Percentage of samples with geodata, %	Нет геопривязок/ Specimens with no geodata	Точные геопривязки/ Manual georeferences	Геопривязки по ИСТРЕ/ Automatic georeferences	Невозможно привязать/ Georeferencing impossible
E1 Северный район/ Northern region	39408	34668	88.0	4740	19538	14698	32
E2 Северо-Западный район/ North-Western region	15626	10259	65.7	5367	7197	2665	41
E3 Западный район/ Western region	6828	5178	75.8	1650	3475	1416	183
E4 Центральный район/ Central region	53936	49583	91.9	4353	23821	24916	1315
E4a Московская область и Москва/Moscow region	77851	69241	88.9	8610	34091	32877	1846
E5 Центральный лесной район/Central forest region	15649	13793	88.1	1856	12290	1157	232
E6 Центральный лесостепной район/Central forest-and-steppe region	51389	35966	70.0	15423	15758	19718	303
E7 Волгоко-Камский район /Volga-Kama region	14429	12440	86.2	1989	6740	5546	66
E8 Средневолжский район/ Middle Volga region	25769	25209	97.8	560	20379	4763	24
E9 Нижневолжский район/ Lower Volga region	25283	22666	89.6	2617	12004	10561	713
E10 Восточный район/ Eastern region	24460	23211	94.9	1249	10561	12451	321
E12a Ростовская область/ Rostov Oblast	8998	7483	83.2	1515	6738	740	1101
K1a Краснодарский край и Адыгея/Krasnodar Krai and Adygea	16642	14050	84.4	2592	9400	4125	1133

Таблица 3. Окончание

Код и название района гербария/ Code and name of the herbarium area	Число образцов/ Number of specimens	Есть геопривязки/ Specimens with geodata	Доля с геопривязкой, %/ Percentage of samples with geodata, %	Нет геопривязок/ Specimens with no geodata	Точные геопривязки/ Manual georeferences	Геопривязки по ИСТРЕ/ Automatic georeferences	Невозможно привязать/ Georeferencing impossible
K1b Ставропольский край, КЧР и КБР / Stavropol Krai, Karachay-Cherkessia and Kabardino-Balkaria	20721	10339	49.9	10382	3614	6568	17
K1c Северная Осетия, Ингушетия и Чечня / North Ossetia, Ingushetia and Chechnya	9264	3948	42.6	5316	774	3117	0
K2 Дагестан / Dagestan	6048	2671	44.2	3377	735	1862	16
K3 Черноморское побере- жье Кавказа / Black Sea Coast	11668	10806	92.6	862	7200	3287	82
KRYM Крым / Crimea	34032	30474	89.5	3558	14619	15375	1447
S1 Западная Сибирь / West- ern Siberia	16230	12492	77.0	3738	7598	4809	136
S2 Алтай и Саяны / Altai and Sayan Mountains	34486	24736	71.7	9750	12508	12070	23
S3 Центральная Сибирь / Central Siberia	23290	21815	93.7	1475	21642	171	0
S4 Прибайкалье и Забайка- лье / Baikal and Transbaikal region	27548	15490	56.2	12058	9033	6140	3
S5 Якутия / Yakutia	17372	11100	63.9	6272	3825	6987	8
S6 Дальний Восток / Russian Far East	35740	30999	86.7	4741	13257	17509	0
S7 Чукотка и Камчатка / Chukotka and Kamchatka	26942	23230	86.2	3712	13908	9144	545
Россия в целом / Russia (total)	639609	521847	81.6	117762	290705	222672	9587

карт “Атласа флоры России” по квадратам 100 × 100 км. Для создания исходного массива данных использованы как предварительно очищенные данные из GBIF, так и из ряда других источников. Эти карты размещены в открытом доступе в Цифровом гербарии МГУ (<https://plant.depo.msu.ru/>) (Seregin, 2023b) и видны в карточке каждого образца, собранного в России. В общей сложности опубликованы карты для 9000 видов. Постепенно мы ведем проверку карт, устраняя ошибки и неточности.

Рост количества геоданных в открытом доступе имеет также важное репутационное значение. По показателю глубины и качества геопривязок мы заметно опережаем многие крупные гербарии мира, размещенные в GBIF. Несмотря на скромные по объему в мировом масштабе коллекции, по абсолютному числу геопривязок Гербарий Московского университета занимает 9-е место в мире (на 31.01.2023), уступая Миссури (МО) (Teisher, Stimmel, 2022), Лейдену (L) (Bijmoer et al., 2023), Нью-Йорку (NY) (Ramirez et al., 2022), Претории (PRE) (Ranwashe et al., 2022), Лунду (LD) (Wittzell, Shah, 2022) и трем австралийским гербариям (CANB, MEL, PERTH).

Создание и развитие Цифрового гербария МГУ со свободным доступом к данным фундаментально изменило доступность коллекций Гербария Московского университета и характер работы с ними – как справочной, так и научно-исследовательской. Так, за 2022 год на портал Цифрового гербария МГУ заходили пользователи с 33870 устройств (без учета роботов). В 2021 г. этот показатель был 23670 единиц, а в 2020 г. – 23180. Кроме того, ежедневно 88 выгрузок данных с портала GBIF включают сведения об образцах из Гербария Московского университета. Во многом, это стало результатом постоянной работы по увеличению объема геоданных, связанных с гербарными образцами.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа А.П. Серегина в части геопривязки коллекций из России выполнена за счет гранта Российского научного фонда (проект № 21-77-20042, <https://rscf.ru/project/21-77-20042/>). Работа И.Н. Поспелова выполнена в рамках гостемы “Фундаментальные проблемы охраны живой природы и рационального использования биоресурсов” (№ 0109-2019-0009). В.Н. Пашкина выражает благодарность сотрудникам Ивanteeвской межпоселенческой центральной библиотеки и лично В.П. Черняевой, сотрудникам МБУК “Трубчевский музей и планетарий” (и лично М.М. Шурубкину).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [Belov] Белов М.И. 1959a. История открытия и освоения Северного Морского пути. Т. 3. Советское арктическое мореплавание 1917–1932 гг. Л. 511 с.
- [Belov] Белов М.И. 1959b. История открытия и освоения Северного Морского пути. Т. 4. Научное и хозяйственное освоение Советского Севера. 1933–1945 гг. Л. 616 с.
- Bijmoer R., Scherrenberg M., Creuwels J. 2023. Naturalis Biodiversity Center (NL) – Botany. Naturalis Biodiversity Center. Occurrence dataset <https://doi.org/10.15468/ib5ypt> accessed via GBIF.org on 2023-01-31.
- Catalogue of Life. 2023. <https://www.catalogueoflife.org/>
- Chapman A.D., Wiczorek J.R. 2020. Georeferencing best practices. Version 1.0. Copenhagen, Denmark, GBIF Secretariat. 112 p. <https://doi.org/10.15468/doc-gg7h-s853>
- Drinkwater R.E., Cubey R.W., Haston E.M. 2014. The use of Optical Character Recognition (OCR) in the digitisation of herbarium specimen labels. – *PhytoKeys*. 19(38): 15–30.
- EtoMesto.ru. 2023. <http://www.etomesto.ru/>
- [Glinka et al.] Глинка Г.В., Тхоржевский И.И., Цветков М.А. 1914. Атлас Азиатской России. Издание переселенческого управления главного управления землеустройства и земледелия. СПб. 71 с. <http://kartolog.ru/2009/09/atlas-aziatskoj-rossii-1914-g/?ysclid=ld1jlbtsnj906089553>
- Global Biodiversity Information Facility. 2023. <https://www.gbif.org/>
- Güntsche A., Groom Q., Ernst M., Holetschek J., Plank A., Röpert D., Fichtmüller D., Shorthouse D.P., Hyam R., Dillen M., Trekels M., Haston E., Rainer H. 2021. A botanical demonstration of the potential of linking data using unique identifiers for people. – *PLoS ONE*. 16(12): e0261130. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0261130>
- Le Bras G., Pignal M., Jeanson M.L., Muller S., Aupic C., Carré B., Flament G., Gaudeul M., Gonçalves C., Invernón V.R., Jabbour F., Lerat E., Lowry P.P., Offroy B., Pimparé E.P., Poncy O., Rouhan G., Haevermans T. 2017. The French Muséum national d’histoire naturelle vascular plant herbarium collection dataset. – *Scientific Data*. 4(1): 1–16.
- Marcet A., Groom Q., Haston E., Uribe F. 2021. Natural History collections: georeferencing survey report: current georeferencing practices across institutions worldwide. – *Zenodo*. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4644529>
- Marshruty.ru 2023. <https://maps.marshruty.ru/>
- Nelson G., Paul D., Riccardi G., Mast A.R. 2012. Five task clusters that enable efficient and effective digitization of biological collections. – *ZooKeys*. 209: 19–45. <https://doi.org/10.3897/zookeys.209.3135>
- [ООРТ] ООПТ России. 2023. <http://www.oopt.aari.ru/>
- [Pomogator...] Помогатор Цифрового гербария МГУ. 2023. <https://plant.depo.msu.ru/pomogator>
- Pospelov I.N. 2018. The experience of geographical fixing Central Siberia herbarium collections from the Mos-

- cow State University (MW) collection. — In: Abstracts of the conference “Information Technologies in the Research of Biodiversity” (BIT–2018). Irkutsk. P. 105–106.
- [Pospelov] Пospelов И.Н. 2020. Уровни географической локализации пространственных данных в информационных ресурсах о биологическом разнообразии. — В кн.: Информационные технологии в исследовании биоразнообразия: материалы III Национальной науч. конф. с междунар. участием, посвященной 100-летию со дня рождения академика РАН П.Л. Горчаковского. — Екатеринбург. С. 448–451.
- [Pospelov, Pospelova] Пospelов И.Н., Пospelова Е.Б. 2019. О возможностях исследования флористического разнообразия на основании анализа гербарных сборов (Цифровой гербарий MW). — В кн.: Ботанико-географические исследования. Камелинские чтения: сб. науч. тр. Пермь. С. 134–138.
- Ramirez J., Watson K., McMillin L., Gjieli E., Sessa E. 2022. The New York Botanical Garden Herbarium (NY). Version 1.56. The New York Botanical Garden. Occurrence dataset accessed via GBIF.org on 2023-01-31. <https://doi.org/10.15468/6e8nje>
- Ranwashe F. et al. 2022. Botanical Database of Southern Africa (BODATSA): Botanical Collections. Version 1.16. South African National Biodiversity Institute. Occurrence dataset accessed via GBIF.org on 2023-01-31. <https://doi.org/10.15468/2aki0q>
- RetroMap. 2023. RetroMap: Старые карты России и зарубежья. <http://retromap.ru/>
- [Rodnaya...] Родная Вятка. 2023. <http://rodnaya-vyatka.ru/>
- [Seregin] Сereгин А.П. 2017. Гербарий Московского университета (MW) сегодня: фонды, онлайн доступ и научная работа. — Бот. журн. 102 (3): 281–308.
- Seregin A.P. 2018. The largest digital herbarium in Russia is now available online! — Taxon. 67 (2): 463–467. <https://doi.org/10.12705/672.34>
- Seregin A.P. 2020. Moscow Digital Herbarium: a consortium since 2019 — Taxon. 67 (2): 417–419. <https://doi.org/10.1002/TAX.12228>
- [Seregin] Сereгин А.П. 2022. Инструкция по геопривязке образцов Гербария Московского университета (MW). Вариант “Монголия”. Версия 1.0. М. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.14879.84645>
- Seregin A. 2023a. Moscow University Herbarium (MW). Version 1.265. Lomonosov Moscow State University. Occurrence dataset accessed via GBIF.org on 2023-01-31. <https://doi.org/10.15468/cpnhcc>
- Seregin A.P. (Ed.). 2023b. Moscow Digital Herbarium: Electronic resource. Moscow State University, Moscow. <https://plant.depo.msu.ru/>
- Thiers B.M. 2023. Index Herbariorum. <https://sweetgum.nybg.org/science/ih/>
- [Tupitsyna et al.] Тупицына Н.Н., Шауло Д.Н., Гуреева И.И. 2016. Обзор флористических исследований Средней Сибири. Красноярск. 253 с. <https://doi.org/10.17223/9785946216371/33> (<https://vital.lib.tsu.ru/vital/access/services/Download/vtls:000617746/SOURCE1>)
- Teisher J., Stimmel H. 2022. Tropicos Specimen Data. Missouri Botanical Garden. Occurrence dataset accessed via GBIF.org on 2023-01-31. <https://doi.org/10.15468/hja69f>
- Witzell H., Shah M. 2022. Lund Botanical Museum (LD). Lund Botanical Museum (LD). Occurrence dataset accessed via GBIF.org on 2023-01-31. <https://doi.org/10.15468/c4w4co>
- [Yandex] Яндекс.Карты. 2023. <https://yandex.ru/maps/>

GEODATA OF THE MOSCOW UNIVERSITY HERBARIUM: DATA STRUCTURE AND GEOREFERENCING METHODICS

A. P. Seregin^{a, #}, V. N. Pashkina^a, and I. N. Pospelov^b

^aLomonosov Moscow State University
Leninskiye Gory, 1, Moscow, 119991, Russia

^bSevertsov Institute of Ecology and Evolution of RAS
Leninsky Ave., 33, Moscow, 119071, Russia

[#]e-mail: botanik.seregin@gmail.com

Digitisation of the Moscow University Herbarium (MW) was started in the spring of 2015. Since October 2016, we have been publishing the images of specimens on the portal of the Moscow Digital Herbarium (<https://plant.depo.msu.ru/>) in open access mode. Gradually, we started to publish extended metadata on our portal, like full transcriptions of labels and georeferences, i.e. the coordinates of collection sites for each specimen. As of January, 14, 2023, two thirds of the specimens of the Moscow University Herbarium (693168 specimens, or 66%) are georeferenced, while 359593 specimens are still in work. The article describes the geodata of the Moscow University Herbarium both in the geographical aspect (data coverage for different regions) and in the aspect of georeferencing accuracy. General guidelines for georeferencing herbarium collections are given.

Keywords: herbarium, spatial data, plant geography

ACKNOWLEDGEMENTS

The work of A.P. Seregin under georeferencing of collections from Russia was supported by a grant from the Russian Science Foundation (project No. 21-77-20042, <https://rscf.ru/en/project/21-77-20042/>). The work of I.N. Pospelov was made within the framework of the state assignment “Fundamental Problems of Wildlife Conservation and Rational Use of Bioresources” (No. 0109–2019–0009). V.N. Pashkina expresses her gratitude to the staff of the Ivanteevka Intersettlement Central Library and personally to V.P. Chernyaeva, employees of the Trubchevsk Museum and Planetarium (and personally to M.M. Shurubkin).

REFERENCES

- Belov M.I. 1959a. Istoriya otkrytiya i osvoeniya Severnogo Morskogo puti. T. 3. Sovetskoe arkticheskoe moreplavanie 1917–1932 гг. [The history of the discovery and development of the Northern Sea Route. Vol. 3. Soviet Arctic navigation 1917–1932]. Leningrad. 511 p. (In Russ.).
- Belov M.I. 1959b. Istoriya otkrytiya i osvoeniya Severnogo Morskogo puti. T. 4. Nauchnoe i khozyaystvennoe osvoenie Sovetskogo Severa. 1933–1945 gg. [The history of the discovery and development of the Northern Sea Route. Vol. 4. Scientific and economic development of the Soviet North. 1933–1945.]. Leningrad. 616 p. (In Russ.).
- Bijmoer R., Scherrenberg M., Creuwels J. 2023. Naturalis Biodiversity Center (NL) – Botany. Naturalis Biodiversity Center. Occurrence dataset <https://doi.org/10.15468/ib5ypt> accessed via GBIF.org on 2023-01-31.
- Catalogue of Life. 2023. <https://www.catalogueoflife.org/>
- Chapman A.D., Wiczorek J.R. 2020. Georeferencing best practices. Version 1.0. Copenhagen, Denmark, GBIF Secretariat. 112 p. <https://doi.org/10.15468/doc-gg7h-s853>
- Drinkwater R.E., Cubey R.W., Haston E.M. 2014. The use of Optical Character Recognition (OCR) in the digitisation of herbarium specimen labels. – *PhytoKeys*. 19 (38): 15–30.
- EtoMesto.ru. 2023 (<http://www.etomesto.ru/>)
- Glinka G.V., Tkhorzhevskiy I.I., Tsvetkov M.A., 1914. Atlas Aziatskoy Rossii. Izdanie pereselencheskogo upravleniya glavnogo upravleniya zemleustroystva i zemledeliya. [Atlas of Asian Russia. Publication of the resettlement department of the Main Department of Land Management and Agriculture]. St. Petersburg. 71 p. (In Russ.). <http://kartolog.ru/2009/09/atlas-aziatskoj-rossii-1914-g/?ysclid=ld1jlbtsj906089553>
- Global Biodiversity Information Facility. 2023. <https://www.gbif.org/>
- Güntsch A., Groom Q., Ernst M., Holetschek J., Plank A., Röpert D., Fichtmüller D., Shorthouse D.P., Hyam R., Dillen M., Trekels M., Haston E., Rainer H. 2021. A botanical demonstration of the potential of linking data using unique identifiers for people. – *PLoS ONE*. 16 (12): e0261130. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0261130>
- Le Bras G., Pignal M., Jeanson M.L., Muller S., Aupic C., Carré B., Flament G., Gaudeul M., Gonçalves C., Invernón V.R., Jabbour F., Lerat E., Lowry P.P., Offroy B., Pimparé E.P., Poncy O., Rouhan G., Haeveermans T. 2017. The French Muséum national d’histoire naturelle vascular plant herbarium collection dataset. – *Scientific Data*. 4 (1): 1–16.
- Marcer A., Groom Q., Haston E., Uribe F. 2021. Natural History collections: georeferencing survey report: current georeferencing practices across institutions worldwide. – *Zenodo*. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4644529>
- Marshruty.ru 2023. <https://maps.marshruty.ru/>
- Nelson G., Paul D., Riccardi G., Mast A.R. 2012. Five task clusters that enable efficient and effective digitization of biological collections. – *ZooKeys*. 209: 19–45. <http://dx.doi.org/10.3897/zookeys.209.3135>
- OOPT Rossii [SPNA of Russia]. 2023. <http://www.oopt.aari.ru/>
- Pomogator of the Moscow Digital Herbarium. 2023. <https://plant.depo.msu.ru/pomogator>
- Pospelov I.N. 2018. The experience of geographical fixing Central Siberia herbarium collections from the Moscow State University (MW) collection. – In: Abstracts of the conference “Information Technologies in the Research of Biodiversity” (BIT–2018). Irkutsk. P. 105–106.
- Pospelov I.N. 2020. Levels of spatial data geographical localization in information resources on biological diversity. – In: Information technology in biodiversity research: III National Scientific Conference with international participation, dedicated to the 100th anniversary of the birth of Russian academician Pavel Gorchakovskii. Conference abstracts. Ekaterinburg. P. 448–451 (In Russ.).
- Pospelov I.N., Pospelova E.B. 2019. About the possibilities of study of floristic diversity based on the analysis of herbarium fees (Digital herbarium MW). – In: Botanical and geographical research. Kamelin readings: a collection of scientific papers. Perm. P. 134–138 (In Russ.).
- Ramirez J., Watson K., McMillin L., Gjieli E., Sessa E. 2022. The New York Botanical Garden Herbarium (NY). Version 1.56. The New York Botanical Garden. Occurrence dataset accessed via GBIF.org on 2023-01-31. <https://doi.org/10.15468/6e8nje>
- Ranwashe F. 2022. Botanical Database of Southern Africa (BODATSA): Botanical Collections. Version 1.16. South African National Biodiversity Institute. Occurrence dataset accessed via GBIF.org on 2023-01-31. <https://doi.org/10.15468/2aki0q>
- Rodnaya Vyatka. 2023. <http://rodnaya-vyatka.ru/>
- Seregin A.P. 2017. The Moscow university Herbarium (MW) today: overview of collections, online access and contribution to science. – *Bot. Zhurn.* 102(3): 281–308 (In Russ.).
- Seregin A.P. 2018. The largest digital herbarium in Russia is now available online! – *Taxon*. 67 (2): 463–467. <https://doi.org/10.12705/672.34>

- Seregin A.P. 2020. Moscow Digital Herbarium: a consortium since 2019. — *Taxon*. 67 (2): 417–419. <https://doi.org/10.1002/TAX.12228>
- Seregin A.P. 2022. Instruktsiya po geoprivyazke obraztsov Gerbariya Moskovskogo universiteta (MW). Variant “Mongoliya”. Versiya 1.0. [Instruction for geo-linking samples of the Herbarium of Moscow University (MW). Variant “Mongolia”. Version 1.0]. Moscow. (In Russ.). <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.14879.84645>
- Seregin A. 2023a. Moscow University Herbarium (MW). Version 1.265. Lomonosov Moscow State University. Occurrence dataset accessed via GBIF.org on 2023-01-31. <https://doi.org/10.15468/cpnhcc>
- Seregin A.P. (Ed.). 2023b. Moscow Digital Herbarium: Electronic resource. Moscow State University, Moscow. <https://plant.depo.msu.ru/>
- Thiers B.M. 2023. Index Herbariorum. <https://sweetgum.nybg.org/science/ih/>
- Tupitsyna N.N., Shaulo D.N., Gureeva I.I. 2016. Obzor floristicheskikh issledovaniy Sredney Sibiri. [Overview of floristic studies of Central Siberia]. Krasnoyarsk. 253 p. (In Russ.). <https://doi.org/10.17223/9785946216371/33> (<https://vital.lib.tsu.ru/vital/access/services/Download/vtls:000617746/SOURCE1>)
- Teisher J., Stimmel H. 2022. Tropicos Specimen Data. Missouri Botanical Garden. Occurrence dataset accessed via GBIF.org on 2023-01-31. <https://doi.org/10.15468/hja69f>
- Witzell H., Shah M. 2022. Lund Botanical Museum (LD). Occurrence dataset accessed via GBIF.org on 2023-01-31. <https://doi.org/10.15468/c4w4co>
- Yandex. Maps. 2023. <https://yandex.ru/maps/>

**ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ
“XII ГАЛКИНСКИЕ ЧТЕНИЯ – ТИПЫ БОЛОТ РЕГИОНОВ РОССИИ”**

© 2023 г. В. А. Смагин^{1,*}, Т. Г. Ивченко^{1,**}, О. В. Галанина^{1,***}, Т. К. Юрковская^{1,****}

¹Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН
ул. Проф. Попова, 2, Санкт-Петербург, 197022, Россия

*e-mail: smagin.mire@gmail.com

**e-mail: ivchenkotat@mail.ru

***e-mail: ogalanina@binran.ru

****e-mail: yurkovskayatat@gmail.com

Поступила в редакцию 03.04.2023 г.

После доработки 11.04.2023 г.

Принята к публикации 18.04.2023 г.

3 февраля 2023 г. в Ботаническом институте им. В.Л. Комарова РАН состоялась Всероссийская научная конференция с международным участием “XII Галкинские Чтения – Типы болот регионов России”, традиционно приуроченная к Международному дню водно-болотных угодий. Конференция проходила в смешанном режиме: очном и on-line. В работе приняли участие 109 человек из 17 городов РФ и Белоруссии, 15 научных учреждений, 8 университетов и 7 природоохранных структур.

Ключевые слова: конференция, болота, типология, флора, растительность, продуктивность, динамика, гидрология, геохимия

DOI: 10.31857/S0006813623050095, **EDN:** YZODGK

3 февраля 2023 г. в Ботаническом институте им. В.Л. Комарова РАН состоялась Всероссийская научная конференция с международным участием “Типы болот регионов России”, проводившаяся в рамках традиционных “Галкинских Чтений” и ставшая в их ряду двенадцатой. “Галкинские Чтения” с момента возникновения приурочены к Международному дню водно-болотных угодий, отмечаемому 2 февраля, и проводятся в этот день или близкие к нему сроки. По завершению приема заявок решено было провести конференцию в один день, что потребовало жесткого соблюдения регламента. Решение себя оправдало, конференция прошла выверенно по времени, было заслушано 22 устных доклада (из них 17 очных и 5 онлайн-докладов). В конце конференции состоялась постерная сессия с заслушиванием 5-минутных докладов. Было размещено и представлено 6 постеров. В успехе и четком проведении конференции велика роль О.В. Галаниной, бесценно в течение дня председательствовавшей и следившей за регламентом.

Тему конференции предложил О.Л. Кузнецов (Петрозаводск), он же и открыл ее (соавтор С.А. Кутенков) докладом “Разнообразие типов верховых болот Мурманской области”, который

был посвящен обнаруженным на территории заповедника “Пасвик” новым типам болотных массивов: баренцевоморскому сфагново-лишайниково-печеночниковому грядово-мочажинно-озерковому дистрофному и лапландскому сфагновому грядово-мочажинному омбротрофному. Эти специфические приморские типы олиготрофных болот рядом особенностей, обусловленных широтным и меридиональным положением, отличаются от широко известных южноприбалтийских болот.

Вторым был онлайн-доклад Д.Г. Груммо (соавтор Н.А. Зеленкевич) “Болота Березинского биосферного заповедника (Республика Беларусь)”. Дмитрий Геннадьевич подробно рассказал об эталонных для севера Беларуси типах болот, показал их ландшафтную приуроченность. Информация о разнообразии растительности болот заповедника была представлена на геоботанической карте.

И.Г. Бикбаев (соавторы В.Б. Мартыненко и Э.З. Баишева) (Уфа) в докладе “Закономерности распределения различных типов болот на территории Башкирского Предуралья” представил слушателям результаты анализа географического положения болотных массивов и редких болотных

сообществ. Он продемонстрировал собравшимся их приуроченность к зонам и подзонам физико-географического районирования и определенным ландшафтными единицам.

Далее, в формате онлайн, прозвучали 3 доклада представителей Дальнего Востока и Сибири: **Н.В. Синельниковой, И.И. Волковой и Ю.И. Прейс.**

Н.В. Синельникова (Магадан) в докладе “Типы горных болот хребтов Черского и Колымского нагорья (Магаданская область, республика Саха-Якутия, Чукотка)” представила разнообразие болот обширной горной страны, образуемой цепями хребта Черского, где большая часть площади болот приходится на осоково-пушицевые и осоково-пушицево-сфагновые. В зависимости от высоты, экспозиции склонов встречаются и другие типы болот: кустарничково-сфагновые, травяные, гипново-травяные и осоковые, со специфическим для региона видовым составом.

И.И. Волкова (Томск) сделала доклад “Мерзлотные болота урочища Адыр-Хем (Западный Саян, Республика Тыва)”, рассказав о пойменных болотах, в формировании которых важную роль играют многолетняя мерзлота, развитые мезо- и микрорельеф. Внешний аспект болот определяют кустарники. В рамках постерной сессии сделал доклад магистрант Ирины Ивановны – **Д.С. Шуряков** “Болото Иштан: ландшафтно-экологическая характеристика и рациональное природопользование”, изложив результаты исследования крупного пойменного болота и продемонстрировав карту его ландшафтных выделов.

Ю.И. Прейс (Томск) в докладе “Влияние многолетней мерзлоты на олиготрофизацию растительности болот юга лесной зоны Западной Сибири” изложила результаты исследований по выявлению региональных особенностей олиготрофизации растительности болот этой территории. Юлия Ивановна показала, что олиготрофное заболачивание и переход болот на олиготрофную стадию развития здесь происходили на протяжении всего голоцена, и были в значительной степени обусловлены криогенными процессами, что подтверждено хронологической связью с периодами похолодания и началом последующих потеплений.

Затем последовала серия очных докладов, которую открыл **Г.М. Игнатьичев** (соавторы **Ю.А. Семенищенков, В.В. Телеганова**) (Брянск; Калуга) докладом “К вопросу о разнообразии верховых и переходных болот с участием сосны в Южном Нечерноземье России”. Автор представил синтаксономическую картину всех олиготрофных болот данного региона, в том числе и тех, где сосна не играет сколько-нибудь заметной роли в сложении растительных сообществ. Картина получилась полная, но, учитывая находки большинства ассоциаций на южной границе

ареала, хотелось бы увидеть их географическую дифференциацию внутри данного региона.

В.К. Антипин (соавтор **М.А. Шредерс**) (Петрозаводск) в докладе “Эталонные болота национального парка “Водлозерский” представил цифровую карту местоположения 19 типичных, 4 редких и 5 уникальных болотных массивов, являющихся эталонами разнообразия болот этой уникальной по разнообразию таежных природных комплексов охраняемой территории европейского Северо-Запада России.

В.А. Смагин (Санкт-Петербург) в докладе “Малоизвестные типы олиготрофных болот Ленинградской области” остановился на редких или не привлекающих внимания из-за небольших размеров типах олиготрофных болот области. К числу редких типов относятся коврово-мочажинные и коврово-озерковые болота, описанные всего 3 раза на склонах Вепсовской возвышенности и в западной, приморской части Карельского перешейка. Только на Большом Березовом острове в Финском заливе отмечены небольшие, выпуклые сосново-вересково-сфагновые неструктурированные массивы. Межсельговые топи редки из-за малой площади скального рельефа в области. Олиготрофные болота по краям небольших озер встречаются в разных частях области, но в силу малых размеров не привлекают внимания. Олиготрофные болота сплавинного типа, образовавшиеся после подъема уровня воды и всплытия верхних слоев торфяной залежи – явление редкое относительно подобных болот, относящихся к мезотрофному типу.

Т.К. Юрковская (Санкт-Петербург) в докладе “Шейхцериево-сфагновые сообщества, их ареал и классификация” представила шейхцериево-сфагновые ассоциации во всем их географическом и экологическом разнообразии. В заключение Татьяна Корнельевна отметила, что точные границы ареалов шейхцериево-сфагновых ассоциаций до сих пор не выявлены, что это одна из задач, требующих своего решения.

Т.Г. Ивченко (Санкт-Петербург) сделала доклад “Закономерности распределения типов болотных массивов Южно-Уральского региона (в пределах Челябинской области)”, в котором была представлена типология болот региона, особенности их растительного покрова, структуры, а также связь с зональным, высотно-поясным и региональным делением района исследования. Было показано, что, несмотря на преобладание в регионе низинных крупнотравно-осоковых и лесных типов болот, здесь встречаются 5 типов массивов сфагновых верховых болот, 4 типа – сфагновых переходных, 5 типов – травяно-гипновых низинных. Все типы болотных массивов по приуроченности к горной или равнинной территории были разделены на 5 групп: среднегор-

ные, низкорослые, равнинные Зауральской лесостепи, равнинные Западно-Сибирской лесостепи и равнинные степной зоны.

К.П. Егоров (соавторы **М.А. Медведева, О.В. Галанина, А.А. Сирин**) (Москва; Московская обл.; Санкт-Петербург) представил доклад “Изменение облесенности верховых болот за последние десятилетия: некоторые данные на примере объектов Западновинского лесоболотного стационара”. Были доложены результаты разработки методики оценки облесенности болот на основе спутниковой съемки и ее проверки по наземным данным. Проведенный анализ в целом подтверждает гипотезу о росте облесенности верховых болот в последние десятилетия. Доклад вызвал интерес у собравшихся, было задано много вопросов докладчику, выступавшему впервые.

Е.И. Копейна (соавторы **Н.Е. Королева, А.Д. Данилова, Т.П. Другова**) сделала доклад онлайн “Новые сведения о распространении ключевых болот ас. *Mniobryo-Epilobietum hornemannii* Nordh. 1943 в Ловозерских горах (Кольский полуостров)”. В докладе сообщалось о новых местонахождениях сообществ данной ассоциации в поясе гольцовых пустошей Ловозерских гор. Обнаруженные сообщества расположены на верхней границе распространения, что отразилось в их видовом составе: малое число видов, а среди мхов преобладают виды каменистых местообитаний и нарушенных почв.

В.А. Степанова (соавтор **Н.Г. Коронатова**) (Новосибирск) в докладе “Послепожарное восстановление растительности на западносибирских торфяниках” на примере отдельных выгоревших (2014–2016 гг.) участков трех болотных массивов, расположенных в Томской области и в Надымском районе ЯНАО, показала, что через 6–8 лет восстановительной сукцессии развиваются фитоценозы, состоящие из основных болотных видов, которые были до пожара. Наиболее быстро восстанавливается кустарничковый ярус. В сложении мохово-лишайникового покрова значительное участие принимает *Polytrichum strictum*.

Т.И. Пономарева (соавторы **И.Н. Зубов, С.Б. Селянина, А.К. Штанг, А.С. Орлов**) (Архангельск) сделала доклад “Комплексная оценка влияния длительного осушения и процессов ренатурализации на экосистему олиготрофного болота (на примере болотной системы “Иласское болото”)”. Было показано, что, если на ранее осушенном участке уровень болотных вод сохраняется ниже 24 см, сукцессионные преобразования идут по пути лесообразования. Растительному покрову участков с более высоким уровнем болотных вод характерна сукцессия, ведущая к восстановлению параметров фитоценозов, изученных авторами, до уровня таковых на неосушенных участках.

Г.Ю. Конечная (Санкт-Петербург) в докладе “Результаты мониторинга охраняемых видов болотных растений из семейства орхидных в национальном парке “Себежский” представила результаты мониторинга 3 видов орхидных, произрастающих на болотах парка, занесенных в Красные книги РФ и Псковской области. Было отмечено, что численность *Liparis loeselii* и *Listera cordata* значительно увеличилась, а *Dactylorhiza traunsteineri* осталась на прежнем уровне.

М.Я. Войтехов (Талдом, Московская обл.) в докладе “Характеристики растительности на пройденном поверхностным торфяным пожаром участке Артёмова болота во Владимирской области” привел пример послепожарного восстановления растительности за 25-летний период, подчеркнув, что состав растительных сообществ зависит от мощности оставшегося слоя торфа.

Н.С. Ликсакова (соавторы **Д.С. Шильников, Г.Я. Дорошина**) (Санкт-Петербург, Кабардино-Балкарский заповедник) в докладе “Растительность горных болот бассейна реки Черек Балкарский (Кабардино-Балкарская республика)” рассказала о разнообразии растительных сообществ 38 горных болот Кавказа в долинах рек Карасу и Курноятсу на высотах от 1500 до 2500 м. В результате классификационных построений с использованием методов многомерной статистики было получено 20 групп описаний формационного ранга, отнесенных к двум типам болотной растительности: Phorbion (травяно-гипновый) и Nurgrosphagnion (сфагновый).

О.В. Масловская (соавторы **В.Н. Тюрин, В.А. Домахина, А.О. Кох, П.Д. Муркина**) (Сургут) в докладе “Изменение электропроводности болотных вод при техногенном засолении в пойме средней Оби (по результатам мониторинга в окрестностях Нижневартовска)” проанализировала результаты исследований, проводимых с 2015 по 2020 г., на участке крупного разлива подтоварных вод. По результатам 5-летних измерений рН и электропроводности болотных вод было показано, что даже при регулярном затоплении поверхности исследуемого болотного участка полыми водами фиксируется медленное вымывание загрязнителя. Так, в 2015 году значение электропроводности в сравнении с контролем в среднем по сообществам было выше в 103–142 раза. Через пять лет электропроводность снизилась в среднем только в 2.3 раза, что в 53 раза превышает значения на фоновых территориях.

Д.В. Зацаринная (соавторы **М.С. Тарадеев, А.В. Колесников**) (Тула) сделала доклад “Влияние некоторых ионов на рост сфагновых мхов”, в котором рассказала о результатах лабораторного эксперимента по определению влияния катионов кальция и гидрокарбонат-ионов, содержащихся в воде в различных концентрациях, на рост сфагно-

вых мхов (*Sphagnum fallax* и *S. divinum*). Минимальные приросты были зафиксированы при самых низких концентрациях солей (родниковая вода и вода из заболоченного участка леса при дороге) и при увеличении концентрации до 120 мг/л. В целом прирост *Sphagnum fallax* был более значительным по сравнению со *S. divinum*.

Г.Я. Дорошина (соавтор **А.Н. Берсанова**) (Санкт-Петербург; Республика Ингушетия) в докладе “Сфагновые мхи Республики Ингушетия (Восточный Кавказ)” проанализировала распространения сфагновых мхов на Кавказе в целом и в Республике Ингушетия, в частности. Подробно охарактеризовала единственное достоверное местонахождение *Sphagnum girgensohnii* в республике. Данный вид был собран авторами в июле 2022 г.

В докладах “Связь высотных отметок поверхности и уровней воды болотного массива Ламмин-Суо”, сделанном **А.Г. Буржинским** (соавтор **В.И. Батуев**) и “Трансформация гидрологического режима олиготрофного болота Ламмин-Суо при климатических изменениях и смена микроландшафтов как результат естественной эволюции болотного массива” **Т.В. Скороспеховой** (соавторы **А.Д. Журавлева** и **В.И. Батуев**) (Санкт-Петербург) были проанализированы результаты многолетних наблюдений на болотной станции “Гидромета” Ламмин-Суо. Они показали, что поверхность болотного массива за время наблюдений (с 1950 г.) заметно поднялась, уровень же болотных вод поднимается медленнее и относительно поверхности понижился. На рубеже 1970–1980 гг. произошли существенные изменения в температурном режиме, количестве осадков и стоке с болота. Изменение гидроклиматических показателей имело следствием изменения в микроландшафтной структуре и растительности болота, в частности в увеличении его облесенности.

В.П. Шевченко (соавторы **Д.А. Филиппов**, **Д.П. Стародымова**, **Н.А. Демиденко**) (Москва; Борок, Ярославская обл.) выступил с докладом “Содержание тяжелых металлов и металлоидов в торфе Шиченгского верхового болота, Вологодская область”, в котором изложил результаты исследования элементарного состава торфа данного болотного массива. Докладчик заключил, что повышенное содержание тяжелых металлов и металлоидов в торфе может быть связано либо с техногенным загрязнением (в верхних слоях), либо с влиянием литогенных пород (в нижних).

Д.А. Шпанов (соавторы **И.Н. Зубов**, **С.А. Забелина**, **С.Б. Селянина**) (Архангельск) сделал доклад “Изучение численности и группового состава микроорганизмов болот южноприбалтийского типа”, представив результаты изучения состава бактерий в разных слоях торфяной залежи на участках грядово-мочажинного и грядово-озеркового комплексов Иласского болотного массива

(Приморский район Архангельской обл.). Полученные данные свидетельствуют о различиях в режимах протекания микробиологической деградации при сопоставимости численности микроорганизмов на исследованных участках болота южноприбалтийского типа.

А.К. Штанг (соавторы **Т.И. Пономарева**, **О.Н. Ярыгина**) (Архангельск) в докладе “Характеристика пигментного комплекса сфагновых мхов растительных сообществ гряд и мочажин олиготрофных болот южноприбалтийского типа” изложила результаты изучения сезонной динамики пигментного комплекса сфагновых мхов. Было показано, что она зависит от экотопа. У мочажинных видов ведущим фактором изменения пигментного комплекса является уровень болотных вод и температура воздуха, у произрастающих на грядах – количество осадков. Максимальная концентрация фотосинтетических пигментов наблюдается в начале сезона вегетации (мочажинные мхи) или в середине сезона (грядовые).

В обсуждении докладов активное участие приняли **Е.Д. Лапшина**, **А.А. Сирин**, **Д.Г. Груммо**, **О.Л. Кузнецов**, **В.И. Батуев** и др.

Материалы конференции опубликованы в сборнике (Materialy..., 2023).

В работе приняли участие 109 человек из 17 регионов РФ и Республики Беларусь, 15 научных учреждений, 8 университетов и 7 природоохранных структур. Круг участников конференции по-прежнему широкий, от Минска до Магадана и от Архангельска до Северного Кавказа. На конференции прозвучали 2 доклада представителей молодого поколения гидрологов-болотоведов из Государственного гидрологического института. Надеемся на продолжение наметившейся традиции, что дает основание предположить, что следующие Чтения сместятся на весну и будут включать “выездной” день с докладами на болотной станции Ламмин-Суо.

Сборник материалов конференции с 37 статьями, тиражом 100 экземпляров, оригинал-макет которого составлен **Т.Г. Ивченко**, опубликован при финансовой поддержке Ботанического института им. **В.Л. Комарова** РАН (Materialy..., 2023).

БЛАГОДАРНОСТИ

Оргкомитет конференции выражает благодарность за организацию онлайн-трансляции выступлений на конференции **Федору Андреевичу Лянгузову**.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[Materialy...] Материалы конф. “XII Галкинские Чтения. Типы болот регионов России” (Санкт-Петербург, 3 февраля 2023 г.). 2023. СПб. 109 с.

ALL-RUSSIAN SCIENTIFIC CONFERENCE WITH INTERNATIONAL PARTICIPATION “XII MEETING IN MEMORIAM OF EKATERINA ALEXEEVNA GALKINA – TYPES OF MIRES OF RUSSIAN REGIONS”

V. A. Smagin^{a,#}, T. G. Ivchenko^{a,##}, O. V. Galanina^{a,###}, and T. K. Yurkovskaya^{a,####}

^a*Komarov Botanical Institute RAS
Prof. Popova Str., 2, St. Petersburg, 197022, Russia*

[#]*e-mail: smagin.mire@gmail.com*

^{##}*e-mail: ivchenkotat@mail.ru*

^{###}*e-mail: ogalanina@binran.ru*

^{####}*e-mail: yurkovskayatat@gmail.com*

The All-Russian Scientific Conference with international participation “XII meeting in memoriam of Ekaterina Alexeevna Galkina – Types of mires of Russian regions” was held at the Komarov Botanical Institute RAS on February 3, 2023, and traditionally dedicated to the International Wetlands Day. The conference was attended by 109 specialists from 17 cities of Russia and Belarus, 15 scientific institutions, 8 universities and 7 conservation agencies. During the conference, 18 in-person and 5 online reports were presented.

Keywords: conference, mires, typology, flora, vegetation, productivity, dynamics, hydrology, geochemistry

ACKNOWLEDGEMENTS

The Organizing Committee of the conference expresses gratitude to Fedor Andreevich Lyanguzov for organizing the online broadcast.

REFERENCES

Materialy konferentsii “XII Galkinskiye Chteniya – Tipy bolot regionov Rossii” (Sankt-Peterburg, 3 fevralya 2023). [Proceedings of the “XII meeting in memoriam of Ekaterina Alexeevna Galkina – Types of mires of Russian regions” (Saint Petersburg February 3, 2023)]. 2023. Saint Petersburg. 109 p. (In Russ.).