

БОТАНИКА

Научная статья

УДК 582.26

EDN: CEXREB

doi: 10.17072/1994-9952-2025-2-125-131



Эпифитная альгофлора деревьев и мхов в урбосреде

Ирина Евгеньевна Дубовик^{1✉}, Марина Юрьевна Шарипова²,
Яна Алексеевна Иманова³

^{1–3} Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

^{1✉} dubovikie@mail.ru

² sharipovamy@mail.ru

³ emanovaiana@gmail.com

Аннотация. Впервые проведено изучение таксономической и экологической структуры эпифитной альгофлоры древесных растений и мхов в условиях аэротехногенного загрязнения. В качестве объектов исследования было выбрано четыре вида деревьев: лиственные (*Tilia cordata* Mill., *Quercus robur* L.) и хвойные (*Picea obovata* Ledeb., *Pinus sylvestris* L.); а также четыре вида мхов: *Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid., *Dicranum montanum* Hedw., *Nyholmiella obtusifolia* (Brid.) Holmen & E. Warncke, *Pylaisia polyantha* (Hedw.) Schimp. Составлен таксономический список, включающий 113 видовых и внутривидовых таксонов водорослей (из них на деревьях – 85, на мхах – 48), относящихся к 4 отделам, 9 классам, 44 семействам и 62 родам. Преобладали представители отделов Chlorophyta и Cyanobacteria. Наиболее часто встречались *Desmococcus olivaceus*, *Trentepohlia umbrina*, *Trebouxia arboricola*, *Mychonaster homoshaera*. Древесные растения по мере уменьшения видового разнообразия эпифитной альгофлоры располагаются в следующем ряду: *Tilia cordata* – 42 таксона, *Picea obovata* – 38, *Pinus sylvestris* – 35, *Quercus robur* – 32; мхи *Dicranum montanum* – 3, *Ceratodon purpureus* – 18, *Pylaisia polyantha* – 13. *Nyholmiella obtusifolia* – 10 видов. Общая формула экобиоморф: Ch₂₈ P₁₇ H₁₂ X₁₁ CF₉ Aer₉ C₉ B₉ hydr₄ amph₄ PF₁ M₁. Для коры деревьев – Ch₂₄ P₁₇ H₁₀ CF₉ X₅ C₅ Aer₄ B₄ hydr₄ amph₂ PF₁, для мхов – Ch₉ Aer₆ P₅ B₅ H₅ X₅ CF₄ C₄ hydr₃ amph₁ M₁. Не выявлено специфики эпифитной альгофлоры древесных растений и мхов в зависимости от условий обитания, показано, что полученные результаты не могут быть использованы для биомониторинга.

Ключевые слова: аэротехногенное загрязнение, эпифитная альгофлора, биомониторинг

Для цитирования: Дубовик И. Е., Шарипова М. Ю., Иманова Я. А. Эпифитная альгофлора деревьев и мхов в урбосреде // Вестник Пермского университета. Сер. Биология. 2025. Вып. 2. С. 125–131. <http://dx.doi.org/10.17072/1994-9952-2025-2-125-131>.

Благодарности: выражаем благодарность д-ру биол. наук Эльвире Закирьяновне Баишевой за помощь в идентификации видов мхов.

BOTANY

Original article

Epiphytic algaeflora of trees and mosses in the urban environment

Irina E. Dubovik^{1✉}, Marina Yu. Sharipova², Yana A. Imanova³

^{1–3} Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russia

^{1✉} dubovikie@mail.ru

² sharipovamy@mail.ru

³ emanovaiana@gmail.com

Abstract. The study of the taxonomic and ecological structure of the epiphytic algaeflora of woody plants and mosses under conditions of aerotechnogenic pollution has been made for the first time/ Four species of trees were selected as objects for research: deciduous (*Tilia cordata* Mill., *Quercus robur* L.) and coniferous (*Picea obovata* Ledeb., *Pinus sylvestris* L.); and four species of mosses *Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid., *Dicranum montanum* Hedw., *Nyholmiella obtusifolia* (Brid.) Holmen & E. Warncke, *Pylaisia polyantha* (Hedw.) Schimp. A taxonomic list has been compiled, including 113 species and intraspecific taxa of algae belonging to 4 divisions, 9 classes, 44 families, and 62 genera, of which 85 were found on trees and 48 on mosses. Representatives of the

Chlorophyta and Cyanobacteria divisions prevailed. The most common species were *Desmococcus olivaceus*, *Trentepohlia umbrina*, *Trebouxia arboricola* and *Mychonaster homosphaera*. As the species diversity of the epiphytic alga flora decreases, woody plants are arranged in the following order *Tilia cordata* – 42 taxa, *Picea obovata* – 38, *Pinus sylvestris* – 35, *Quercus robur* – 32; mosses *Dicranum montanum* – 23, *Ceratodon purpureus* – 18, *Pyralisia polyantha* – 13. *Nyholmiella obtusifolia* – 10. The general formula of the ecobiomorph is: Ch₂₈ P₁₇ H₁₂ X₁₁ CF₉ Aer₉ C₉ B₉ hydr₄ amph₄ PF₁ M₁. For bark of trees: Ch₂₄ P₁₇ H₁₀ CF₉ X₅ C₅ Aer₄ B₄ hydr₄ amph₂ PF₁, for mosses: Ch₉ Aer₆ P₅ B₅ H₅ X₅ CF₄ C₄ hydr₃ amph₁ M₁. The specificity of the epiphytic alga flora of woody plants and mosses has not been revealed depending on the habitat conditions, it has been shown that the results obtained cannot be used for biomonitoring.

Keywords: aerotechnogenic pollution, epiphytic alga flora, biomonitoring

For citation: Dubovik I. E., Sharipova M. Yu., Imanova Ya. A. [Epiphytic algal flora of trees and mosses in the urban environment]. *Bulletin of Perm University. Biology*. Iss. 2 (2025): pp. 125-131. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.17072/1994-9952-2025-2-125-131>.

Acknowledgments: we would like to thank Doctor of Biological Sciences E.Z. Baisheva for her assistance in identifying mosses.

Введение

Эпифитные водоросли – весьма интересная группа организмов, обитающая на поверхности растений (коре, листьях и т.д.). Видовое разнообразие их, по сравнению с другими экологическими группами, невелико, около 300 видов [Водоросли, 1989]. Сообщества эпифитных водорослей формируются за счет их попадания на растения вместе с массами воздуха из открытых водоемов, поверхностных слоев почвы с ее частицами, пылью [Влодавец, 1960; Дубовик, 2002; Кузяхметов, 2007].

Многими исследователями отмечено, что на стволах деревьев и кустарников ведущее положение занимают представители отдела Chlorophyta [Водоросли, 1989; Воронкова, 1998; Дубовик, 2002; Егорова, 2008 и др.], что является отличительной чертой альгофлоры на растительных субстратах в умеренной зоне, однако четкой приуроченности определенных видов водорослей к форофитам [Кузяхметов, 2007; Егорова, 2008; Дубовик, Климина, 2009; Дубовик, Шарипова, 2016] в настоящее время не установлено.

Водоросли, поселившись, могут сохраняться на коре деревьев в течение долгого времени, причем их распределение меняется по высоте ствола, в нижней его части в состав эпифитов начинают внедряться представители типичной почвенной альгофлоры [Кузяхметов, 2007; Дубовик, Шарипова, Смирнова, 2014].

Альгологические исследования, проведенные ранее, в основном, сводились к установлению таксономического состава этих организмов на коре древесных растений. В то же время определенный интерес представляет сравнительное изучение эпифитной альгофлоры на представителях растений различных отделов, произрастающих в различных районах аэротехногенного загрязнения.

Материалы и методы исследования

Изучение эпифитной альгофлоры древесных растений и мхов проводилось во время маршрутных исследований в 2023–2024 гг. в зонах города с различной степенью загрязнения. Первый расположен в зоне слабого загрязнения г. Уфы (парки, контроль), второй – в промышленной зоне города с высоким уровнем загрязнения.

Эпифитную альгофлору изучали на древесных растениях, которые являются лесообразователями Предуралья, и мхах, преимущественно растущих на почве. Состав деревьев: лиственные (*Tilia cordata* Mill., *Quercus robur* L.) и хвойные (*Picea obovata* Ledeb., *Pinus sylvestris* L.). Состав мхов: *Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid., *Dicranum montanum* Hedw., *Nyholmiella obtusifolia* (Brid.) Holmen & E. Warncke, *Pyralisia polyantha* (Hedw.) Schimp. Авторы выражают благодарность доктору биологических наук Э.З. Бaisheвой за помощь в идентификации видов мхов.

С деревьев отбирали образцы коры размером приблизительно 5×5 см и толщиной 2–5 мм, для изучения эпифитов мхов – их фрагменты. Использовали классические методы альгологического анализа: прямое микроскопирование и метод чистых культур с использованием среды Громова № 6 [Шарипова, Дубовик, 2012]. Устанавливали таксономический и экологический состав (жизненные формы) альгофлоры [Шарипова, Дубовик, 2012]. Систематическое положение водорослей приведено в соответствии с международно-базой AlgaeBase [Guiry, Guiry, 2024].

Результаты и их обсуждение

Эпифитная альгофлора, выявленная нами, включает 113 видовых и внутривидовых таксонов водорослей, относящихся к 4 отделам, 9 классам, 44 семействам и 62 родам (табл. 1). Необходимо отметить, что отделы Chlorophyta и Cyanobacteria не только лидируют по видовому богатству водорослей, но пред-

ставлены равным числом видов. На третьем месте водоросли отдела Heterokontophyta. Ведущие порядки по мере уменьшения в них числа видов водорослей располагаются следующим образом: Nostocales (16 видов), Chlamydomonadales (14), Sphaeropleales (10), Oscillatoriales (10), Mischococcales (9), Chroococcales (8), Trentepohliales (8), Leptolyngbyales (7); они составляют 73% альгофлоры. Ведущие семейства и роды альгофлоры приведены в табл. 2, 3.

Таблица 1

Таксономическая структура эпифитной альгофлоры

[Taxonomic structure of epiphytic algoflora]

Отдел	Число					Пропорции флоры		
	классов	порядков	семейств	родов	видов, в/вид. такс.	вид/ сем.	род/ сем.	вид/ род
Cyanobacteria	1	7	13	19	43	3.3	1.5	2.3
Chlorophyta	3	7	16	23	43	2.6	1.4	1.9
Heterokontophyta	2	6	12	17	24	2.0	1.4	1.4
Charophyta	3	3	3	3	3	1.0	1.0	1.0
Всего	9	23	44	62	113	2.5	1.4	1.8

Примечание: далее термин «вид» включает и внутривидовые таксоны.

Таблица 2

Ведущие семейства эпифитной альгофлоры

[The leading families of epiphytic algoflora]

Семейство	Число видов	% от общего числа таксонов	Ранги семейств
<i>Oscillatoriaceae</i>	10	9	1
<i>Trentepohliaceae</i>	8	7	2
<i>Chlorococcaceae</i>	7	6	3–5
<i>Leptolyngbyaceae</i>	7	6	3–5
<i>Nostocaceae</i>	7	6	3–5
<i>Tribonemataceae</i>	5	4	6
Всего	44	38	-

Таблица 3

Ведущие роды эпифитной альгофлоры

[The leading genera of epiphytic algoflora]

Род	Число таксонов	% от общего числа таксонов	Ранги родов
<i>Trentepohlia</i>	8	7	1
<i>Phormidium</i>	7	6	2–4
<i>Leptolyngbya</i>	7	6	2–4
<i>Nostoc</i>	7	6	2–4
<i>Chlorococcum</i>	4	3	5
Всего	33	29	-

Выявлено шесть ведущих семейств, объединяющих 44 видовых и внутривидовых таксона (38%), оставшиеся содержат менее 5 видов. Преобладающими семействами явились представители отделов Chlorophyta (*Trentepohliaceae*, *Chlorococcaceae*) и Cyanobacteria (*Oscillatoriaceae*, *Leptolyngbyaceae*, *Nostocaceae*). Ведущие пять родов включают 33 вида (29%). Из отдела Heterokontophyta – это одно семейство (*Tribonemataceae*), представленное 8 видами. Невысокая видовая представленность водорослей отдела Charophyta находит отражение и на родовом уровне. В данный отдел входят одновидовые роды.

Ведущими родами явились широко распространенные представители альгоэпифитов, на что неоднократно указывалось исследователями ранее [Малышева, 1986; Водоросли, 1989; Дубовик, 2002; Кузяхметов, 2007; Егорова, 2008].

На первом месте находится род *Trentepohlia*, включающий 8 видов водорослей (*T. umbrina*, *T. rigidula*, *T. annulata*, *T. uncinata*, *T. abietina*, *T. arborum*, *T. aurea*, *T. gobic*), это типичные эпифитные представители, широко распространенные в различных климатических областях. Одновидовой род *Desmococcus* характеризовался постоянным присутствием в пробах, часто именно он доминировал, формируя разраста-

ния, хорошо заметные невооруженным глазом на коре дерева. Доминирующие виды на коре деревьев, кроме *Desmococcus olivaceus*, – *Trentepohlia umbrina*, *Trebouxia arboricola*, *Mychonastes homoshaera*.

Общая формула эколобиоморф эпифитной альгофлоры деревьев и мхов: $Ch_{28} P_{17} H_{12} X_{11} CF_9 Aer_9 C_9 B_9 hydr_4 amph_4 PF_1 M_1$. В головной части спектра представители Ch- и P-форм, водоросли, хорошо переносящие неблагоприятные экологические условия, главным образом недостаток влаги.

Сравнительные исследования альгофлоры древесных растений промышленной и контрольной зон показало большое сходство (коэффициент Серенсена 79%), видовое разнообразие практически не различалось (табл. 4). Общая формула эколобиоморф эпифитной альгофлоры коры деревьев выглядит следующим образом: $Ch_{24} P_{17} H_{10} CF_9 X_5 C_5 Aer_4 B_4 hydr_4 amph_2 PF_1$; а для зоны контроля: $Ch_{20} P_{13} CF_9 H_8 C_5 X_5 Aer_4 B_4 hydr_2 amph_2 PF_1$; для зоны загрязнения: $Ch_{20} P_{12} CF_8 H_8 C_5 X_5 Aer_4 B_4 hydr_2 amph_2$. То есть соотношение различных эколобиоморф почти полностью совпадает.

В контроле идентифицировано 73 вида, в промышленной зоне чуть меньше – 70, структура альгофлоры также сходна (табл. 4). Древесные растения по мере уменьшения видового разнообразия эпифитной альгофлоры на них располагаются в следующий ряд: *Tilia cordata* – 42 таксона, *Picea obovata* – 38, *Pinus sylvestris* – 35, *Quercus robur* – 32.

Таблица 4

Содержание тяжелых металлов в коре древесных растений промышленной (1) и контрольной (2) зон, мг/кг сухой коры

[The content of heavy metals in the bark of woody plants in industrial (1) and control (2) zones, mg/kg of dry bark]

Деревья	Металл							
	Медь		Цинк		Кадмий		Железо	
	1	2	1	2	1	2	1	2
<i>Tilia cordata</i>	59.4 ±3.9	7.9 ±0.4	90.1 ±5.7	6.9 ±0.5	0.68 ±0.02	0.24 ±0.01	1068.4 ±50.8	185.4 ±9.1
<i>Quercus robur</i>	49.2 ±1.2	6.2 ±0.2	84.8 ±0.2	6.4 ±0.3	0.68 ±0.04	0.51 ±0.02	1055 ±53.0	115.5 ±6.3
<i>Pinus sylvestris</i>	65.4 ±3.1	4.1 ±0.7	95.9 ±5.4	9.1 ±0.5	0.31 ±0.01	0.25 ±0.02	1315.2 ±65.7	98.3 ±4.9
<i>Picea obovata</i>	62.8 ±0.6	3.1 ±0.2	102.9 ±5.2	8.9 ±0.5	0.38 ±0.02	0.27 ±0.01	1159.5 ±56.5	72.6 ±4.2

В промышленных городах в приземном воздухе содержится много поллютантов, которые авторы образно называют пылевой нагрузкой [Неврюев, Макаров, 2022]. В пыли находятся такие тяжелые металлы, как медь, цинк, свинец и др. Растения способны аккумулировать их в различных органах [Романькова, Батлукская, 2011; Уразгильдин, Кулагин, 2017].

Хотя табл. 4 наглядно иллюстрирует повышение содержания тяжелых металлов в коре деревьев в зоне загрязнения воздушного бассейна города, это не отразилось на видовом разнообразии эпифитной альгофлоры (табл.5). При просмотре клеток водорослей под микроскопом отмечено, что в зоне загрязнения клетки водорослей сохранили морфологические и цитологические особенности (размер клеток, пульсирующие вакуоли у хламидомонад, определенную форму хлоропластов у эукариот, строение кремнеземного панциря у диатомей), поэтому не считаем возможным использовать их для биомониторинга окружающей среды. Это отличает их от эпифитных микромицетов, которые могут быть использованы для биоиндикации, т. к. показано, что промышленное загрязнение приводит к значительным изменениям в структуре микофлоры, обитающей на коре древесных растений совместно с водорослями [Дубовик, Шарипова, Климина, 2018].

Таблица 5

Эпифитные водоросли на коре различных деревьев (1- контроль, 2- промышленная зона)

[Epiphytic algae on the bark of various trees (1- control, 2- industrial area)]

Отдел	Дерево							
	<i>Tilia cordata</i>		<i>Quercus robur</i>		<i>Pinus sylvestris</i>		<i>Picea obovata</i>	
	1	2	1	2	1	2	1	2
Cyanobacteria	11	10	8	8	5	7	8	11
Chlorophyta	13	14	18	16	15	7	13	13
Heterokontophyta	7	3	2	6	6	4	3	1
Charophyta	1	2	0	0	1	0	0	0
Всего	32	29	28	30	27	18	24	25

Сравнение эпифитной альгофлоры деревьев и мхов показало, что меньшее видовое разнообразие водорослей характерно для мхов. На деревьях идентифицировано 85 видов водорослей, на мхах – 48 (табл. 6). Распределение водорослей по отделам носит одинаковый характер. Коэффициент общности Серенсена, полученный при сравнении альгофлоры деревьев и мхов, равен 33%. Общими видами явились типично эпифитные представители рода *Trentepohlia*, *Desmococcus olivaceus*, *Trebouxia arboricola*, которые встречались в пробах наиболее часто.

Таблица 6

Сравнительная характеристика таксономической структуры эпифитной альгофлоры деревьев и мхов
[Comparative characteristics of the taxonomic structure of the epiphytic alga flora of trees and mosses]

Отдел	Число				
	классов	порядков	семейств	родов	видов, в/вид. такс.
Cyanobacteria	1/1	7/6	13/10	19/16	33/19
Chlorophyta	3/3	7/5	15/10	22/10	35/16
Heterokontophyta	2/2	6/5	9/11	12/12	15/12
Charophyta	2/1	2/1	2/1	2/1	2/1
Всего	8/7	22/17	39/32	55/39	85/48

Наземные эпифитные водоросли обитают в весьма сложных экологических условиях, главным ограничивающим фактором здесь, несомненно, является дефицит влаги. Эти организмы часто испытывают стресс, и их следует отнести к S-стратегам (пациенты экотопические) [Миркин, 1985]. Мхи являются пойкилогидрическими растениями, не способными к регуляции количества воды в клетках, при недостатке ее высыхают, переходя к анабиозу. Мхи, участвуя в формировании наземно-ярусного слоя растительных сообществ, предпочитают затененные места с низким уровнем освещенности. Поэтому альго-эпифиты здесь вполне могут испытывать и дефицит солнечной энергии. Кора деревьев является более стабильным субстратом для поселения водорослей, которые обычно образуют хорошо заметные разрастания, в которых поселяются микромицеты, микроскопические беспозвоночные животные.

Видовой состав альгофлоры мхов показан в табл. 7. Мхи, по уменьшению видового разнообразия водорослей, располагаются в следующий ряд: *Dicranum montanum* – 23 вида, *Ceratodon purpureus* – 18, *Pylaisia polyantha* – 13, *Nyholmiella obtusifolia* – 10. В промышленной зоне обнаружено большее видовое разнообразие (28 видов) по сравнению с контролем (25). Общая формула экобиоморф эпифитной альгофлоры мхов выглядит следующим образом: Ch₉ P₅ B₅ H₅ X₅ Aer₆ CF₄ C₄ hydr₃ amph₁ M₁, в загрязненной зоне – Ch₄ P₄ B₃ Aer₃ CF₂ C₂ H₂ X₂ hydr₁ amph₁ M₁, в контроле – Ch₅ P₃ H₃ X₃ Aer₃ CF₁ C₁ B₃ hydr₂ amph₁.

Таблица 7

Число видов эпифитных водорослей на мхах (1- контроль, 2- промышленная зона)
[Number of epiphytic algae species on mosses (1- control, 2- industrial area)]

Отдел	Мох							
	<i>Dicranum montanum</i>		<i>Ceratodon purpureus</i>		<i>Pylaisia polyantha</i>		<i>Nyholmiella obtusifolia</i>	
	1	2	1	2	1	2	1	2
Cyanobacteria	2	10	2	7	4	3	4	2
Chlorophyta	0	5	2	1	1	2	1	2
Heterokontophyta	6	1	0	6	2	1	2	0
Charophyta	0	0	0	1	0	0	0	0
Всего	8	16	4	15	7	6	7	4

Попарное сравнение альгофлоры мхов на каждом представителе с помощью коэффициента Серенсена показало весьма низкое значение (не более 25%), что подтверждает случайный характер попадания клеток водорослей на поверхность мха.

Заключение

Таким образом, изучение эпифитной альгофлоры позволило выявить 113 видовых и внутривидовых таксонов водорослей, относящихся к 4 отделам, 9 классам, 44 семействам и 62 родам, из них на деревьях 85 видов, на мхах – 48. Преобладали представители отделов Chlorophyta и Cyanobacteria. Наиболее часто встречались *Desmococcus olivaceus*, *Trentepohlia umbrina*, *Trebouxia arboricola*, *Mychonastes homoshaera*. Древесные растения по мере уменьшения видового разнообразия эпифитной альгофлоры расположились в следующий ряд: *Tilia cordata* – 42 таксона, *Picea obovata* – 38, *Pinus sylvestris* – 35, *Quercus robur* – 32; мхи *Dicranum montanum* – 3, *Ceratodon purpureus* – 18, *Pylaisia polyantha* – 13, *Nyholmiella obtusifolia* – 10.

Общая формула экибиоморф: $Ch_{28} P_{17} H_{12} X_{11} CF_9 Aer_9 C_9 B_9 hydr_4 amph_4 PF_1 M_1$. Для коры деревьев – $Ch_{24} P_{17} H_{10} CF_9 X_5 C_5 Aer_4 B_4 hydr_4 amph_2 PF_1$, для мхов – $Ch_9 Aer_6 P_5 B_5 H_5 X_5 CF_4 C_4 hydr_3 amph_1 M_1$.

Сравнительные исследования эпифитной альгофлоры древесной растительности и мхов, произрастающих в разных зонах города (слабой и сильной загрязненности) не выявили ее специфики в зависимости от условий обитания. В связи с этим виды эпифитной альгофлоры не могут быть использованы для биомониторинга.

Список источников

1. Влодавец В.В. Водоросли в атмосферном воздухе // Природа. 1960, № 2. С. 85–86.
2. Водоросли: справочник / под ред. С.П. Вассера. Киев: Наук. думка, 1989. 608 с.
3. Воронкова Е.А. Эпифитные водоросли на *Betula pendula* и *Tilia cordata* // Ботанический журнал. 1998. Т. 83, № 11. С. 40–42.
4. Дубовик И.Е. Перемещение водорослей аэрофитона и их поселения на различных субстратах // Альгология. 2002. Т. 67, № 1. С. 125–132.
5. Дубовик И.Е., Климина И.П. Эпифитные водоросли древесных растений в городах Предуралья // Ботанический журнал. 2009. Т. 94, № 10. С. 1527–1534. EDN: MWRLDH
6. Дубовик И.Е., Шарипова М.Ю. Наземные и водные эпифитные цианопрокариоты и водоросли и возможность их использования в оценке состояния окружающей среды // Теоретическая и прикладная экология. 2016. № 1. С. 51–55. EDN: VXCBUN
7. Дубовик И.Е., Шарипова М.Ю., Климина И.П. Влияние аэротехногенных загрязнений на состав сообществ эпифитных микромицетов г. Уфы // Вестник Пермского университета. Сер. Биология. 2018. Вып. 2. С. 130–138. EDN: XVQULZ
8. Дубовик И.Е., Шарипова М.Ю., Смирнова Н.Г. Почвенные и эпифитные цианопрокариоты и водоросли широколиственных лесов при различной степени антропогенной нагрузки // Лесоведение. 2014. № 6. С. 25–30. EDN: TEUWUJ
9. Егорова И.Н. Аэрофитные водоросли Байкальской Сибири // Фундаментальные и прикладные проблемы ботаники в начале XXI века. Петрозаводск, 2008. Ч. 2. С. 34–36.
10. Кузяхметов Г.Г. Распространение водорослей атмосферным воздухом зимой // Экология. 1978. № 5. С. 91–93.
11. Кузяхметов Г.Г. Ярусное распределение водорослей в лесных сообществах лесостепи Предуралья // Ботанический журнал. 2007. Т. 92, № 4. С. 469–477. EDN: HZVUNN
12. Малышева О.А. Сообщества эпифитных водорослей как компонент древесных и кустарниковых консорциев. М., 1986. 11 с. Деп. в ВИНТИ, № 7094-В.
13. Миркин Б.М. Теоретические основы современной фитоценологии. М.: Наука, 1985. 137 с.
14. Неврюев А.М., Макаров В.З. Пылевая нагрузка на приземный воздух и уличные дороги в центральной (исторической) части Саратова // Известия Саратовского университета. Новая серия. Сер. Науки о Земле. 2022. Т. 22, № 2. С. 88–93. DOI: 10.18500/1819-7663-2022-22-2-88-93. EDN: KKYBDN
15. Романькова А.А., Батлущая И.В. Содержание кадмия и свинца в высших растениях на территории Красненского района Белгородской области // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Сер. Естественные науки. 2011. № 3(98). С. 68–75. EDN: ORHMIJZ
16. Шарипова М.Ю., Дубовик И.Е. Современные методы альгологии. Уфа, 2012. 116 с. EDN: TUWINC
17. Уразгильдин Р.В., Кулагин А.Ю. Развитие классификации адаптивных стратегий растительности применительно к древесным видам и техногенезу и оценка на ее основе лесообразователей Предуралья // Известия Уфимского научного центра РАН. 2017. № 4-1. С. 126–130.
18. Guiry M.D., Guiry G.M. AlgaeBase: World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. URL: <http://www.algaebase.org> (дата обращения: 20.09.2024).

References

1. Vlodavets V.V. [Algae in the atmospheric air]. *Priroda*. No. 2 (1960): pp. 85-86. (In Russ.).
2. Vasser S.P., ed. *Vodorosli. Spravochnik* [Algae: a reference book]. Kiyev, Nauk. dumka Publ., 1989. 608 p. (In Russ.).
3. Voronkova Ye.A. [Epiphytic algae on *Betula pendula* and *Tilia cordata*]. *Botaničeskij žurnal*. V. 83, No. 11 (1998): pp. 40-42. (In Russ.).
4. Dubovik I.Ye. [Movement of periphyton algae and their settlements on various substrates]. *Al'gologija*. V. 67, No. 1 (2002): pp. 125-132. (In Russ.).
5. Dubovik I.Ye., Klimina I.P. [Epiphytic algae of woody plants in the cities of the Urals]. *Botaničeskij žurnal*. V. 94, No. 10 (2009): pp. 1527-1534. (In Russ.).

6. Dubovik I.Ye., Sharipova M.Yu. [Terrestrial and aquatic epiphytic cyanoprocaryotes and algae and the possibility of their use in environmental assessment]. *Teoretičeskaja i prikladnaja ekologija*. No. 1 (2016): pp. 51-55. (In Russ.).
7. Dubovik I.Ye., Sharipova M.Yu., Klimina I.P. [The impact of aerial technogenic pollution on the epiphytic community composition of the micromycetes of the city of Ufa]. *Vestnik Permskogo universiteta. Biologija*. Iss. 2 (2018): pp. 130-138. (In Russ.). DOI: 10.17072/1994-9952-2018-2-130-138.
8. Dubovik I.Ye., Sharipova M.Yu., Smirnova N.G. [Soil and epiphytic cyanoprocaryotes and algae of broadleaf forests under varying degrees of anthropogenic stress]. *Lesovedenie*. No. 6 (2014): pp. 25-30. (In Russ.).
9. Yegorova I.N. [Aerophytic algae of Baikal Siberia]. *Fundamental'nye i prikladnye problemy botaniki v načale XXI veka* [Fundamental and applied problems of botany at the beginning of the 21st century]. Petrozavodsk, 2008, Part 2, pp. 34-36. (In Russ.).
10. Kuzyakhmetov G.G. [The spread of algae by atmospheric air in winter]. *Ėkologija*. No. 5 (1978): pp. 91-93. (In Russ.).
11. Kuzyakhmetov G.G. [Longline distribution of algae in forest communities of the forest steppe of the Urals]. *Botaničeskij žurnal*. V. 92, No. 4 (2007): pp. 469-477.
12. Malysheva O.A. *Soobščestva epifitnykh vodoroslej kak komponent drevesnykh i kustarnikovych konsorcij* [Epiphytic algae communities as a component of tree and shrub consortia]. Moscow, 1986. 11 p. Dep. v VINITI, No. 7094-V. (In Russ.).
13. Mirkin B.M. *Teoretičeskije osnovy sovremennoj fitocenologii* [Theoretical foundations of modern phytocenology]. Moscow, Nauka Publ., 1985. 137 p. (In Russ.).
14. Nevryuyev A.M., Makarov V.Z. [Dust load on surface air and street roads in the central (historical) part of Saratov]. *Izvestija Saratovskogo universiteta. Novaja serija. Serija Nauki o Zemle*. V. 22, No. 2 (2022): pp. 88-93. (In Russ.).
15. Roman'kova A.A., Batlutskaya I.V. [Cadmium and lead content in higher plants in the Krasnensky district of the Belgorod region]. *Naučnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Serija Estestvennye nauki*. No. 3(98) (2011): pp. 68-75. (In Russ.).
16. Sharipova M.Yu., Dubovik I.Ye. *Sovremennye metody al'gologii* [Modern methods of algology]. Ufa, 2012. 116 p. (In Russ.).
17. Urazgil'din R.V., Kulagin A.Yu. [Development of classification of adaptive vegetation strategies in relation to tree species and technogenesis and assessment of forest formations in the Urals based on it]. *Izvestija Ufimskogo naučnogo centra RAN*. No. 4-1 (2017): pp. 126-130. (In Russ.).
18. Guiry M.D., Guiry G.M. (2024). *AlgaeBase: World-wide electronic publication*, National University of Ireland, Galway. Available at: <http://www.algaebase.org> (accessed: 20.09.2024).

Статья поступила в редакцию 20.03.2025; одобрена после рецензирования 15.04.2025; принята к публикации 10.06.2025.

The article was submitted 20.03.2025; approved after reviewing 15.04.2025; accepted for publication 10.06.2025.

Информация об авторах

И. Е. Дубовик – д-р биол. наук, профессор кафедры биологии и экологии;
М. Ю. Шарипова – д-р биол. наук, профессор кафедры биологии и экологии;
Я. А. Иманова – магистрант кафедры биологии и экологии.

Information about the authors

I. E. Dubovik – Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Biology and Ecology;
M. Yu. Sharipova – Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Biology and Ecology;
Ya. A. Imanova – Master's student of the Department of Biology and Ecology.

Вклад авторов:

Дубовик И. Е. – концепция исследования; планирование эксперимента; написание исходного текста; итоговые выводы.
Шарипова М. Ю. – концепция исследования; планирование эксперимента; сбор материала; написание исходного текста; итоговые выводы.
Иманова Я.А. – планирование эксперимента; сбор материала; итоговые выводы.

Contribution of the authors:

Dubovik I. E. – research concept; experiment planning; writing the source text; final conclusions.
Sharipova M. Yu. – research concept; experiment planning; collection of material; writing the source text; final conclusions.
Imanova Ya. A. – experiment planning; material collection; final conclusions.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.