

Лишайники еловых лесов Беларуси: опыт лишеноиндикации

УДК 582.29(476)581.5

Резюме. В статье изложены результаты эколого-географического анализа, оценки состояния и динамики лишенобиоты еловых лесов Беларуси в условиях техногенного загрязнения. Установлены особенности трансформации лишенобиоты еловых древостоев, произрастающих вблизи крупного промышленного центра – г. Минска. В качестве индикаторов техногенной трансформации еловых лесов предложено 14 видов лишайников.

Ключевые слова: лишайник, лишенология, лишеноиндикация, окружающая среда, еловые фитоценозы, экология.

Господствующим типом растительности Беларуси являются леса, занимающие около 40% всей территории страны. Преобладают хвойные и широколиственно-хвойные – порядка 60% от лесопокрытой площади. Среди них около половины составляют повсеместно распространенные сосняки и около 10% приходится на ельники.



Павел Белый,
научный сотрудник лаборатории экологической физиологии растений Центрального ботанического сада НАН Беларуси, кандидат биологических наук



Евгений Сидорович,
главный научный сотрудник лаборатории экологической физиологии растений Центрального ботанического сада НАН Беларуси, член-корреспондент

Лишайники являются неотъемлемым компонентом еловых сообществ (*Piceeta*), чутко реагирующим на антропогенное воздействие. Однако невзирая на большое количество работ, посвященных исследованию генезиса и географии, особенностям организации и формирования еловых лесов, видовое разнообразие лишайников в ельниках Беларуси до сих пор остается малоизученным. Поэтому подобный анализ (учитывая, что по территории республики проходит южная граница бореальной области сплошного распространения ели) актуален и послужит основой для комплексного мониторинга лесов и разработки концепций сохранения видового разнообразия растительности лесных сообществ. Большое значение имеет сравнительное изучение лишенобиоты особо охраняемых природных территорий и мест, подверженных активному хозяйственному освоению.

Материалом для исследований послужили более 8500 образцов лишайников, собранных в 31 административном районе республики, а также на особо охраняемых природных территориях различного статуса. Мониторинг проводился в течение полевых сезонов 2008–2013 гг. в восьми типах еловых лесов (ельники кисличные, мшистые, орляковые, папоротниковые, снытевые, черничные, долгомошные, приручейно-травяные) с использованием маршрутного и стационарного методов.

Влияние техногенеза на лишенофлору оценивалось на пробных площадях, организованных Центральным ботаническим садом НАН Беларуси для выполнения задания ГПОФИ «Природопользование – 21» «Биологический круговорот тяжелых металлов еловых экосистем, примыкающих к крупным промышленным центрам Беларуси, и разработка прогностических показателей уровня их накопления» и расположенных на различном удалении от г. Минска (преимущественно в северном, северо-западном и западном направлениях). Определение собранных образцов лишайников осуществлялось по [1–3]. Систематическое положение видов приводится согласно [4]. Для эколого-биоморфологического анализа использована классификация из [5]. Географический анализ проведен на основании работ [1, 5–8], при оценке отношения видов к условиям влажности применена классификация, использованная в [8].

Лишенобиота еловых лесов Беларуси и ее особенности в условиях техногенного загрязнения. Таксономическая структура. Установлено, что в настоящее время таксономическое разнообразие лишайников еловых лесов республики составляет 262 вида и 30 внутривидовых таксо-

нов, принадлежащих к 88 родам, входящим в 41 семейство, относящимся к 15 порядкам, 4 классам отделов *Ascomycota* и *Basidiomycota*. Класс *Lecanoromycetes*, в состав которого входят 2 подкласса, 11 порядков, 34 семейства, 79 родов и 249 видов (95% от общего числа видов), является ведущим. Совсем незначительно представлены классы *Arthoniomycetes*, насчитывающий 1 порядок, 3 семейства, 4 рода, 7 видов (3% общего числа видов), и *Eurotiomycetes*, включающий 2 подкласса, 2 порядка, 3 семейства, 4 рода, 5 видов (2% общего числа). Класс *Agaricomycetes* представлен единственным видом – *Lichenomphalia umbellifera*, относящимся к базидиальным лишайникам. Следует отметить, что *Coniocybaceae* (2 рода, 10 видов) и *Thelocarpaceae* (1 род, 1 вид) рассматриваются в качестве семейств с неясным систематическим положением в классе *Lecanoromycetes*.

Основу лишайнобиоты составляют лишайники порядка *Lecanorales*, представленного 144 видами (55% общего числа), 40 родами, 8 семействами. Порядок *Teloschistales* представлен 37 видами (14,1%), относящимся к 12 родам, 4 семействам; порядок *Peltigerales* – 21 видом (8%), принадлежащим к 5 родам и 4 семействам. Остальные выражены не столь значительно. Так, порядок *Pertusariales* представлен соответственно 4 родами и 14 видами, *Arthoniales* – 4 и 7, *Ostropales* – 6 и 7, *Baeomycetales* – 2 и 5, *Candelariales* – 2 и 4, порядки *Agyrales* и *Pyrenulales* – 2 и 3, *Mycocaliciales* – 2 и 2, порядки *Agaricales*, *Lecideales*, *Rhizocarpales* и *Umbilicariales* – 1 родом и 1 видом каждый.

В составе лишайнобиоты ельников республики насчитывается 41 семейство. Среднее число видов в семействе – 6,4, а родов – 2,1. Уровнем видового разнообразия выше среднего показателя обладают 9 семейств (табл. 1), включающие 189 видов, или 72,1% общего их числа. На долю остальных приходится 73 вида (27,9% общего числа), из них шестью видами представлено 1 семейство, пятью – 1 семейство, четырьмя – 3 семейства, тремя – 4 семейства, двумя – 7 семейства. 16 семейств представлены одним родом и одним видом каждое. 4 рода (*Lecania*, *Psilolechia*, *Scoliciosporum*, *Strangospora*), включающие 4, 1, 2 и 1 вид соответственно, не входят ни в одно из семейств и рассматриваются как роды с неясным систематическим положением в составе порядка *Lecanorales*.

В настоящее время для еловых лесов республики указано 88 родов лишайнизированных грибов. Среднее число видов в роде – 3. Уровнем видового разнообразия выше среднего показателя обладают 16 родов, объединяющих 154 вида, что составляет 58,8% общего числа видов. На долю

остальных 72 родов приходится 108 видов, или 41,2% общего их числа. Из них тремя видами представлено 10 родов, двумя – 16, одним – 46.

Таксономическое разнообразие лишайников еловых экосистем Минского промышленного узла насчитывает 90 видов, принадлежащих к 42 родам, входящим в 21 семейство класса *Lecanoromycetes*. В состав лишайнобиоты данной территории входят представители 9 порядков – *Baeomycetales*, *Candelariales*, *Lecanorales*, *Ostropales*, *Peltigerales*, *Pertusariales*, *Rhizocarpales*, *Teloschistales*, *Umbilicariales*. Основу лишайнофлоры образуют лишайники порядка *Lecanorales*, представленного 47 видами (52,2% общего числа видов), 21 родом, 6 семействами. Порядок *Teloschistales* представлен 21 видом (23,3%), относящимся к 8 родам, 3 семействам. Остальные порядки представлены во флоре лишайников меньшим количеством таксонов. Так, порядок *Pertusariales* включает 2 рода и 4 вида, *Ostropales* – 3 и 3, *Candelariales* – 2 и 3, *Peltigerales* – 3 вида 1 рода, *Baeomycetales* – 2 рода и 2 вида, порядки *Umbilicariales* и *Rhizocarpales* – 1 род и 1 вид каждый.

В составе флоры лишайников еловых экосистем района исследований насчитывается 21 семейство. Среднее число видов в семействе – 4,3, родов – 2,0. Уровнем видового разнообразия выше среднего показателя обладают 6 семейств (табл. 1), представленные 62 видами (68,9% общего числа видов). На долю остальных приходится 28 видов (31,1% общего числа), из них 4 вида содержат 1 семейство (*Ramalinaceae*), по 3 вида – 3 семейства (*Candelariaceae*, *Peltigeraceae*, *Pertusariaceae*), 2 вида – 1 (*Stereocaulaceae*). 10 семейств в лишайнофлоре района исследований включают по одному роду и виду каждое (*Baeomycetaceae*, *Caliciaceae*, *Catillariaceae*, *Coenogoniaceae*, *Graphidaceae*, *Ochrolechiaceae*, *Ophioparmaceae*, *Phlyctidaceae*, *Pilocarpaceae*, *Trapeliaceae*). Роды *Lecania* (2 вида)

Таблица 1. Состав ведущих семейств лишайнобиоты еловых лесов

Семейство	Беларусь			Минская возвышенность		
	Число родов	Число видов	% общего числа видов	Число родов	Число видов	% общего числа видов
<i>Parmeliaceae</i>	21	51	19,5	11	14	15,6
<i>Cladoniaceae</i>	1	40	15,3	1	15	16,7
<i>Physciaceae</i>	6	21	8,0	5	14	15,6
<i>Ramalinaceae</i>	5	19	7,3	–	–	–
<i>Lecanoraceae</i>	2	15	5,7	2	8	8,9
<i>Peltigeraceae</i>	1	15	5,7	–	–	–
<i>Coniocybaceae</i>	2	10	3,8	1	5	5,6
<i>Pertusariaceae</i>	1	9	3,4	–	–	–
<i>Teloschistaceae</i>	2	9	3,4	2	6	6,7
Всего:	41	189	72,1	22	62	69,1

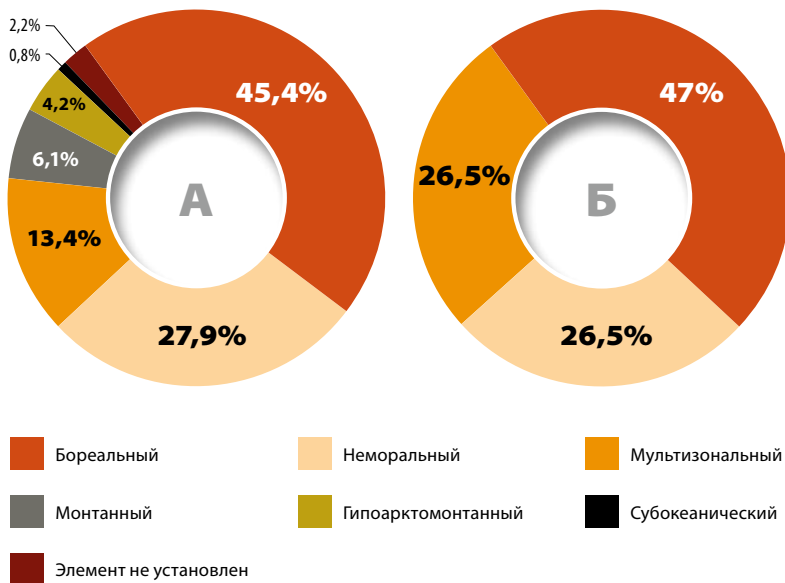


Рис. 1. Сравнительная характеристика географической структуры лишайности еловых лесов: А – Беларусь, Б – Минская возвышенность, %

и *Scoliciosporum* (1 вид) не входят ни в одно из семейств и рассматриваются как роды с неясным систематическим положением в составе порядка *Lecanorales*.

Из 88 родов лишайнизированных грибов, установленных в настоящее время для еловых экосистем республики, на территории Минского промышленного узла отмечены представители 42. Среднее число видов в роде – 2,1. Уровнем видового разнообразия выше среднего показателя обладают 19 родов, объединяющих 67 видов, что составляет 74,2% общего числа видов. Остальные 23 рода содержат по одному виду каждый.

Таким образом, систематическая структура лишайности ельников Минской возвышенности подвергается значительной перестройке, что наиболее выражено в составе ведущих родов лишайности региона. Из 42 родов видовым разнообразием выше среднего уровня характеризуются 19. По сравнению с лишайнофлорой еловых экосистем страны из состава ведущих выпадают роды *Bacidia*, *Bryoria*, *Lecania*, *Melanohalea*, *Placynthiella*, *Usnea*. Род *Cladonia* является самым объемным по количеству видов. Роды *Lecanora* и *Physcia* занимают 2-е место, *Chaenotheca* – 3-е, *Caloplaca*, *Pertusaria*, *Phaeophyscia* и *Xanthoria* – 4-е. Род *Peltigera*, являющийся наряду с родами *Usnea* и *Bryoria* типичным в составе бореальных флор лишайников, представлен незначительным количеством видов и среди ведущих родов занимает 4-е место. Наименее малочисленны по видовому составу среди ведущих роды *Candelariella*, *Hypogymnia*, *Lecidella*, *Lepraria*, *Melaneliaxia*, *Parmeliopsis*, *Physconia*, *Ramalina*, *Rinodina*, *Scoliciosporum*, включающие по 2 вида. Причем все они, кроме *Physconia* и *Ramalina*, не входят в перечень лидирующих в лишайности ельников Беларуси.

В составе лишайности еловых лесов района исследований зарегистрированы виды, не свойственные еловым фитоценозам, произрастающим в фоновых условиях: *Bacidia arceutina* (Ach.) Arnold., *Caloplaca decipiens* (Ach.) Blomb. & Forssel, *Candelaria pacifica* M. Westb., *Candelariella vitellina* (Hoffm.) Müll. Arg., *C. xanthostigma* (Ach.) Lettau, *Lecania naegelii* (Hepp) Diederich & Van den Boom, *Lecanora hagenii* (Ach.) Ach., *L. muralis* (Schreb.) Rabenh., *Phaeophyscia nigricans* (Flörke) Moberg, *Physcia caesia* (Hoffm.) Fűrnr., *Rinodina exigua* (Ach.) Gray, *Scoliciosporum chlorococcum* (Graewe ex Stenh.) Vězda, *S. umbrinum* (Ach.) Arnold, *Xanthoria candelaria* (L.) Th. Fr. Все они могут выступать в качестве индикаторов техногенной трансформации сообществ еловых лесов.

Географическая структура. В лишайности еловых лесов Беларуси выделено 6 географических элементов, численное соотношение представителей которых неодинаково (рис. 1).

Ареалогический анализ позволил выделить в исследованной лишайности 6 ареалогических групп. Преобладают виды с мультирегиональным типом ареала (140 видов, или 53,4% общего числа установленных видов). Виды с голарктическими типами ареала составляют вторую по численности ареалогическую группу (93 вида, или 35,5%). Европейским типом ареала обладают 12 видов (4,6%), европейско-американским – 6 (2,3%), евразийским – 4 (1,5%). Всего лишь одним видом представлен палеарктический тип ареала (0,4%).

По сравнению с лишайностью республики в целом, в зоне техногенного влияния полностью отсутствуют представители гипоарктомонтанного, монтанного и субокеанического географических элементов. Центральное звено образуют лишайники бореального элемента, на долю которых приходится 42 вида, или около 47% выявленных. Все без исключения бореальные лишайники характеризуются обширными евразийскими (1 вид, или 2,4% общего количества бореальных видов), голарктическими (17 видов, или около 40,5%) и мультирегиональными (24 вида, или 57,1%) типами ареалов. Представители неморального и мультизонального географических элементов включают по 24 вида (26,5%). В ареалогическом отношении для них также характерно преобладание видов с широкими мультирегиональными и голарктическими типами ареалов. Среди неморальных и мультизональных лишайников Минского промышленного района мультирегиональный тип ареала присущ 58,3% и 75,0% видов, голарктический – 41,7% и 25,0% соответственно. Наблюдается повышение доли мультизональных лишайников при сохранении

процентного соотношения бореальных и неморальных видов. Значительное участие видов данного элемента в сложении флоры свидетельствует о высокой степени антропогенного воздействия, поскольку большая часть видов малоспецифична по отношению к субстрату и характеризуется широкой экологической амплитудой. По указаниям [7], в наиболее сохранившихся фитоценозах роль мультизональных лишайников относительно невелика, в то время как наибольшее участие лишайников данного географического элемента наблюдается в фитоценозах, подвергавшихся значительным нарушениям в результате хозяйственной деятельности.

Эколого-биоморфологические особенности.

Лишениобиота еловых лесов республики характеризуется значительным разнообразием жизненных форм лишайников. В ее состав входят 2 отдела, 3 типа, 4 класса и 11 групп экибиоморф, охватывающих 262 проанализированных вида (табл. 2).

Незначительно представлен отдел эндогенных жизненных форм, насчитывающий 6 видов (2,3%). Отдел эпигенных включает подавляющее большинство видов (256, или 97,7%), из них 179 (или 68,3%) входят в тип плагиотропных, среди которых ведущим по количеству видов является класс накипных биоморф (108 видов, или 41,2%). Класс листоватых жизненных форм представлен 71 видом (27,4%), тип плагио-ортотропных включает 43 вида (16,4%), тип ортотропных – 34 (13%). Таким образом, лишениобиоту ельников республики можно охарактеризовать как плагиотропную со значительным участием плагио-ортотропных и ортотропных жизненных форм. Среди экибиоморф лишайников преобладают мезофитные лесные, что соответствует географическому положению и природным условиям Республики Беларусь.

Спектр жизненных форм лишайников Минской возвышенности упрощен (табл. 2). Из общего числа выявленных видов 69, или 76,7%, входят в тип плагиотропных, среди которых ведущим по количеству является класс накипных (39 видов, или 43,4%). Класс листоватых представлен 30 видами (33,3%). Тип плагио-ортотропных жизненных форм включает 16 видов (17,8%), относящихся к классу бородавчато- или чешуйчато-кустистых. Основная часть плагио-ортотропных лишайников представлена группой шило- или сцифовидных (15 таксонов). К группе кустисторазветвленных экибиоморф относится только 1 вид. Наименее представлен в исследуемой лишениофлоре тип ортотропных жизненных форм – 5 видов (5,6%). Наблюдается полное выпадение отдела эндогенных. Его представители в еловых фитоценозах – прежде всего порошокплодные

Отдел	Тип	Класс	Группа	Беларусь		Минский промузел	
				Число пвидов	% общего числа видов	Число видов	% общего числа видов
En	Pl	Ct	Eph	6	2,3	–	–
Ep	Pl	Ct	Cr	96	36,6	33	36,6
			Dm	11	4,2	5	5,6
			Sq	1	0,4	1	1,1
		Fl	Ll	19	7,3	3	3,3
			Sl	49	18,7	25	27,8
			Cl	3	1,1	2	2,2
	Pl-Or	Sqf	Sc	38	14,5	15	16,7
			Fr	5	1,9	1	1,1
	Or	Fc	Fe	2	0,8	–	–
			Fp	32	12,2	5	5,6
Всего:				262	100	90	100

калициодные лишайники, широко распространенные в лесной зоне Голарктики. Большинство из них специфично только для старых и первичных лесов со стабильным микроклиматом, включающих деревья всех стадий жизненного цикла и подверженных минимальным антропогенным воздействиям. По данным [9], порошокплодные лишайники проявляют высокую чувствительность к малейшим изменениям микроклимата леса вследствие вырубки, пожара, загрязнения атмосферы и могут быть рекомендованы как удобный индикатор при проведении мониторинга лесов. Полностью выпадает также группа кустистых прямостоячих жизненных форм (эпигейные виды рода *Cetraria*), относящаяся к эпигенным кустистым лишайникам. С одной стороны, это можно объяснить слабым развитием напочвенных лишайников в еловых фитоценозах ввиду значительного эдификаторного воздействия древостоя, с другой – повышенной антропогенной нагрузкой на леса, прилегающие к Минску. Значительно снижается доля широколопастных ризоидальных биоморф, в основном представленных родом *Peltigera*, а также лишайников из группы кустистых повисающих жизненных форм – роды *Bryoria*, *Evernia*, *Ramalina* и *Usnea*, многие из которых являются типичными бореальными видами, придающими своеобразный колорит слабонарушенным и старовозрастным еловым лесам. Примерно одинаковыми, по сравнению с фоновыми, показателями характеризуются группы шило- или сцифовидных и диморфных биоморф лишайников. На наш взгляд, это связано с общим снижением видового разнообразия лишениобиоты в зоне техногенного воздействия, а в случае с группой диморфных – еще и с появлением новых видов, не свойственных лишениофлоре интактных еловых древостоев. Такими таксонами являются *Caloplaca decipiens* и *Lecanora muralis* – типичные токситолерантные эпипитные виды, изредка заселяющие

Таблица 2. Состав жизненных форм лишайников еловых лесов

Примечание:
 Ep – эндогенные,
 Ep – эпигенные,
 Pl – плагиотропные,
 Pl-Or – плагио-ортотропные,
 Or – ортотропные,
 Ct – накипные,
 Fl – листоватые,
 Sqf – бородавчато- или чешуйчато-кустистые,
 Fc – кустистые,
 Eph – эндофлеоидные,
 Cr – однообразно-накипные,
 Dm – диморфные,
 Sq – чешуйчатые,
 Ll – широколопастные ризоидальные,
 Sl – расщечнолопастные ризоидальные,
 Cl – вздутолопастные неризоидальные,
 Sc – шило- или сцифовидные,
 Fr – кустисторазветвленные,
 Fe – кустистые прямостоячие,
 Fp – кустистые повисающие

нехарактерные для них субстраты. По соотношению представителей однообразно-накипных и рассеченнолопастных ризоидальных жизненных форм лишенофлора еловых лесов Минского промузла намного превышает показатели по республике.

В связи с изменением соотношения экобиоморф лишайников на территории Минского промышленного узла особый интерес представляет характеристика видов по их отношению к условиям влажности. Всего было выделено 4 экологических группы лишайников по данному признаку: гигрофиты, мезофиты, ксеромезофиты и ксерофиты. Подавляющее большинство видов в обеих сравниваемых флорах принадлежит к мезофитам. По соотношению оставшихся экологических групп наблюдаются значительные расхождения. Так, гигрофиты зарегистрированы только в фоновых условиях и совершенно не представлены при повышенной антропогенной нагрузке. Ксерофиты, напротив, характерны только для зоны техногенеза. Экологическая группа ксеромезофитов присутствует в обеих рассматриваемых флорах, однако доля ее представителей различна: около 5% – для лишенофлоры республики и свыше 11% – для флоры лишайников столичного промузла.

Таким образом, лишенобиота еловых лесов Беларуси характеризуется значительным видовым разнообразием и, по результатам проведенных таксономического, географического и эколого-биоморфологического анализов, может быть охарактеризована как типичная бореальная лишенофлора Голарктики, имеющая, однако, некоторые региональные особенности, обусловленные зональностью растительного покрова на территории республики.

Своеобразная лишенобиота ельников нашей страны, как и весь природный растительный мир региона, подвергается интенсивному хозяйственному воздействию. Основные тенденции преобразования лишайникового покрова заключаются в изменении таксономической, географической и биоморфологической структуры. Наблюдается исключение из состава лидирующих семейств и родов типичных представителей бореальных флор лишайников (либо понижение их ранга), вхождение в состав лидирующих родов *Lecidella*, *Scoliciosporum*, *Rinodina*, *Xanthoria*, многие представители которых являются нитрофильными и токситолерантными видами, а также появление видов, нехарактерных для лишенобиоты слабонарушенных еловых лесов. Соотношение географических элементов лишайников, произрастаю-

щих в зоне интенсивного техногенеза, сохраняет неморально-бореальные черты при повышении долевого участия мультizonальных видов. Преобладают виды с обширными мультирегиональными и голарктическими ареалами. Происходит упрощение биоморфологической структуры. В ведущие группы входит значительное количество видов, которые могут существовать на большинстве типов субстратов исследованного региона в различных ценозах. Группы жизненных форм, представители которых предпочитают селиться в слабонарушенных естественных сообществах (широколопастные ризоидальные и кустистые повисающие лишайники), малочисленны. Кроме того, наблюдается появление ксерофитных биоморф, сопровождающееся общей ксерофитизацией лишенофлоры в районе техногенеза.

Следовательно, современное состояние лишенобиоты ельников республики вызывает серьезную тревогу, поскольку специфика функционирования сообществ еловых лесов, достаточно широко представленных на территории Беларуси, определяется, с одной стороны, сложившимися природными особенностями, с другой – продолжительным и усиливающимся воздействием антропогенных факторов. ■

Статья поступила в редакцию 12.03.2014 г.

Summary

The publication presents the results of the ecological and geographical analysis of lichen flora of norway spruce forests of Belarus in the conditions of anthropogenic pollution and protected areas. Lichen flora of spruce forests of Belarus is described. Features of transformation of lichen flora of the spruce forest growing close by large industrial center (Minsk city) are established. 14 species of lichens are offered as indicators of anthropogenic transformation communities of spruce forests.

See: <http://innosfera.org/2014/11/lichen>

Литература

- Окснер А. Н. Определитель лишайников СССР. Морфология, систематика и географическое распространение / А. Н. Окснер. – Л., 1974.
- Горбач Н. В. Лишайники Белоруссии. Определитель / Н. В. Горбач. – Мн., 1973.
- The lichens of Great Britain and Ireland / British lichen society; eds.: C. W. Smith [et al.]. – London, 2009.
- Ainsworth and Bisby's Dictionary of the Fungi / P. M. Kirk [et al.]; ed. P. M. Kirk. – 10-th ed. – UK: Wallingford, 2008.
- Голубкова Н. С. Анализ флоры лишайников Монголии / Н. С. Голубкова. – Л., 1983.
- Трасс Х. Х. Элементы и развитие лишенофлоры Эстонии / Х. Х. Трасс // Учен. зап. ун-та Тарту. Труды по ботанике. 1970. Т. 9. С. 5–259.
- Шустов М. В. Лишайники Приволжской возвышенности / М. В. Шустов. – М., 2006.
- Седельникова Н. В. Лишайники Алтая и Кузнецкого нагорья: конспект флоры. – Новосибирск, 1990.
- Голубков В. В. Порошкоплодные лишайники Белоруссии / В. В. Голубков, А. Н. Титов // Новосты систематики низших растений. 1990. Т. 27. С. 97–101.