

УДК 582.232

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ФЛОР ЦИАНОПРОКАРИОТ ПОЛЯРНЫХ ПУСТЫНЬ И ТУНДР ЕВРОПЫ

Д. А. Давыдов

Полярно-альпийский ботанический сад-институт Кольского научного центра РАН, Апатиты, Мурманская обл., Россия

Проведен сравнительный анализ флор цианопрокариот высоких широт Европы. Базой для анализа являются собственные данные, полученные в ходе многолетних исследований на территории полярных пустынь и тундр Шпицбергена, и литературные источники, обобщение которых выполнено впервые. Собственными сборами охвачен о. Северо-Восточная Земля на арх. Шпицберген, где изучены четыре локальных участка. Информация обо всех местонахождениях собственных сборов и литературные указания вносились в специально разработанный раздел CYANOpro (<http://kpabg.ru/cyanopro/>) системы CRIS. Флора цианопрокариот европейского сектора полярных пустынь насчитывает 176 таксонов, включая 20 определенных только до рода, и отличается бедным составом, во флоре более южной зоны тундр насчитывается 437 видов. Флористическое сходство полярных пустынь и тундр Европы составляет только 44 %. Высокая экстремальность условий, проявляющаяся в преобладании низких температур и коротком вегетационном периоде, негативно сказывается на развитии большинства видов. Изученные флоры Северо-Восточной Земли характеризуются общностью видового состава, дифференциация флор связана в первую очередь с разнообразием геологических условий районов. Выявлено, что в арктических экосистемах цианопрокариоты занимают широкий диапазон местообитаний. Для пресноводных экосистем высоких широт одной из главных черт является заметное уменьшение разнообразия типичных водных цианопрокариот с юга на север. В экстремальных условиях полярных пустынь видовой состав и биомасса цианопрокариот планктона и бентоса чрезвычайно бедны. В тундровой зоне их разнообразие заметно возрастает. Наблюдается тенденция к снижению видового разнообразия в группах субаэрофитов и аэрофитов. Площади, занимаемые цианобактериальными сообществами, напротив, увеличиваются, что является отражением сниженной конкуренции.

Ключевые слова: цианопрокариоты; Арктика; полярные пустыни; тундры; видовой состав; флора; биоразнообразие.

D. A. Davydov. A COMPARATIVE ANALYSIS OF CYANOPROKARYOTES FLORAS OF EUROPEAN POLAR DESERT AND TUNDRA ZONES

A comparative analysis of the floras of cyanoprokaryotes at European high latitudes was carried out. The analysis relied on information from the literature and data from own long-term research in the polar desert of the Svalbard archipelago. We sampled cyanobacteria in four sites of the North-East Land Island. Both original and published data on biodiversity were used in the analysis. The data were uploaded to the CYANOpro database (<http://kpabg.ru/cyanopro/>). The studied cyanoprokaryotes flora of European polar des-

erts has 176 taxa and is characterized by low diversity. The flora of the southerner tundra zone comprises 437 species. The similarity of the floras of European polar deserts and tundras is as low as 44 %. The causes of the low biodiversity are extreme ecological conditions – low temperatures, short growing season are limiting factors for the growth of most species. The studied floras of the North-East Land Island share much of their species composition. Differences between these floras are mainly due to the variation of geological conditions. Cyanoprokaryotes in Arctic ecosystems occupy a wide range of habitats. A notable reduction in the species diversity of typical aquatic cyanoprokaryotes from south to north is one of the main features of freshwater ecosystems at high latitudes. In polar desert conditions, the species composition and biomass of planktic and benthic cyanoprokaryotes are very poor. The cyanoprokaryotes diversity in the tundra zone increases markedly. There is a tendency for a reduction in the species diversity of the subaerophytic and aerophytic groups, but the areas occupied by cyanobacterial communities, on the contrary, increase, owing to a lower competition.

Key words: Cyanoprokaryota; the Arctic; polar desert; tundra; species composition; flora; biodiversity.

Введение

Отсутствие резких географических границ между природными типами растительности обуславливает сложности, возникающие при зонировании северных территорий. Взгляды на зональное деление евразийского Севера Голарктики существенно различаются [Walker et al., 2005 и др.]. Причинами отсутствия единого мнения о названиях и объеме единиц зонального деления Арктики Н. В. Матвеева [2015] считает недостаточность критериев, предлагаемых для широтной дифференциации, и недостаток фактических данных о живом покрове.

Тем не менее выделение полярных пустынь в отдельную зону нашло поддержку ряда исследователей [Александрова, 1950; Короткевич, 1972]. Наиболее широкое признание получили взгляды на районирование Арктики В. Д. Александровой [1977], которая делит высокоширотные регионы на две зоны: зону полярных пустынь и тундровую зону. Зона полярных пустынь является самой северной и самой маленькой из всех природных зон. Она занимает крайнее положение на климатическом градиенте, условия существования организмов здесь являются экстремальными. В пределах зоны полярных пустынь выделены северный и южный варианты [Александрова, 1977]. В соответствии с зонированием к полярным пустыням Европы относятся территории островов Северо-Восточная Земля, Земля короля Карла и Белый на архипелаге Шпицберген, архипелаг Земля Франца-Иосифа целиком, северная часть о. Северного Новой Земли (рис. 1).

Цианопрокариоты (цианобактерии) широко распространены в арктических экосистемах и постоянно присутствуют во всех типах полярных местообитаний. В наземных биотопах они

образуют обширные обрастания на поверхности почвы, заселяют поверхность каменистых субстратов и скальных обнажений, внедряются в трещины. Благодаря уникальному сочетанию фотосинтеза и фиксации молекулярного азота цианопрокариот можно считать важнейшим продукционным звеном перигляциальных полярных ландшафтов.

Степень изученности цианопрокариот полярных пустынь очень низка, что обусловлено труднодоступностью и значительной удаленностью этих районов. Из-за снижения конкуренции со стороны высших растений цианопрокариоты в сообществах полярных пустынь играют значительную роль в сложении растительного покрова, иногда они остаются практически единственными фототрофами. Исследование разнообразия, экологических особенностей и зонального распределения цианопрокариот высокоширотных регионов необходимо для понимания закономерностей структурно-функциональной организации наземных экосистем.

Целью данного исследования являлось сравнение разнообразия цианопрокариот зоны полярных пустынь и тундр Европы.

Обзор исторических данных

Изучение альгофлоры полярных регионов началось в девятнадцатом веке и осуществлялось в большей степени в окрестностях населенных пунктов и научно-исследовательских станций. Наиболее доступным арктическим архипелагом и, как следствие, наиболее изученным на сегодняшний день является Шпицберген, но до настоящего времени почвенные цианопрокариоты полярных пустынь архипелага оставались неисследованными. Сведения о водорослях полярных пустынь Шпицбергена



Рис. 1. Схема европейской части зоны полярных пустынь Северного полушария

Fig. 1. The map of the European part of the polar desert zone of the Northern hemisphere

ограничиваются данными К. Thomasson [1958] о планктоне небольших озер о. Северо-Восточная Земля (приводится 13 видов цианопрокариот). По материалам, собранным в окрестностях станции Киннвика, был описан новый для науки таксон цианопрокариот *Leptolyngbya sieminskae* Richter et Matuła [Richter, Matuła, 2013].

Полевое обследование автор настоящей статьи осуществил в четырех районах о. Северо-Восточная Земля [Давыдов, 2008, 2010б; Davydov, 2013, 2016; Патова и др., 2015]. Других исследований цианопрокариот полярных пустынь Шпицбергена не проводилось.

Вторым крупным регионом, входящим в зону полярных пустынь Европы, является архипелаг Земля Франца-Иосифа. Водорослям указанного архипелага посвящено немного работ. Первая из них – публикация О. Vorge [1899] по коллекции Г. Фишера, собиравшего водоросли в экспедиции Джексона-Хармворта (1894–1897 гг.). Сведения о наземных водорослях архипелага приведены в работе Е. К. Косинской [1933], в которой изложены результаты обработки большой коллекции, собранной В. П. Савичем в 1930 г. во время полярной экспедиции Всесоюзного арктического института на ледоколе «Георгий Седов». В статье П. П. Ширшова [1935] о водорослях пресноводных водоемов островов Нортбрук,

Скотт-Кельти, Гукера, Новая Земля и Визе приведены виды, обитающие в наземных условиях, преимущественно в эфемерных лужах, заболоченных участках и на берегах водоемов. Водоросли почв полярных пустынь обследованы Л. Н. Новичковой-Ивановой [1963; Novichkova-Ivanova, 1972]. По сборам В. Д. Александровой она описала альгофлору о. Земля Александры в крайней северо-западной части архипелага Земля Франца-Иосифа.

Ранние сведения о водорослях архипелага Новая Земля относятся к XIX веку и связаны с именем N. Wille [1879]. Альгологические исследования в северной части архипелага проводили И. В. Палибин [1903], Б. К. Флеров [1925], Е. К. Косинская (по сборам В. П. Савича) [1933], Н. К. Дексбах [цит. по: Ширшов, 1935]. Их данные обобщены и дополнены собственными сборами в статье П. П. Ширшова [1935].

Цианопрокариоты полярных пустынь Азии также изучены чрезвычайно слабо. Для архипелага Северная Земля изучение почвенных цианопрокариот выполнено Е. Н. Патовой и Р. Н. Беляковой [2006], выявлен 41 вид. Остальные полярные районы Сибирской провинции не изучены в альгологическом отношении.

Тундры Европы изучены значительно подробнее. Исторический обзор работ на Шпиц-

бергене приводился нами ранее [Давыдов, 2010a], его следует дополнить современными публикациями [Давыдов, 2011; Kim et al., 2011; Kvidérová et al., 2011; Komárek et al., 2012; Strunescu et al., 2012; Давыдов и др., 2013; Патова, Давыдов, 2013; Komárek, Kovacik, 2013; Davydov, 2014, 2017; Raabová et al., 2016; Palinska et al., 2017].

Для тундр Новой Земли помимо цитированных выше работ единичные виды указаны М. В. Гецен с соавт. [1994].

Цианопрокариоты тундровой зоны Мурманской области изучены лучше, чем на российских арктических архипелагах, но уровень видового богатства невелик – всего 116 видов. Первые сведения о данной территории содержатся в работах финских ботаников. Так, сборы А. О. Kihlman, N. I. Fellman, V. T. Brotherus, E. Nylander обработаны F. Elfving [1895]. Подробный обзор всех работ по зональным тундрам Мурманской области можно найти в публикации [Давыдов, 2014].

Первые данные по флоре водорослей Малоземельской тундры приводятся в работе И. А. Киселева [1930], содержащей сведения о фитопланктоне эстуария р. Печоры. Флора озер побережья Колоколковой губы приводится в работах [Гецен и др., 1994; Stenina et al., 2000]. Флора цианопрокариот Малоземельской тундры обследовалась Е. Н. Патовой. Данные по биоразнообразию этой территории нашли отражение в ряде публикаций [Патова, 2001; Патова, Стенина, 2007a]. Также составлен список водорослей Ненецкого заповедника [Патова, Стенина, 2004].

Значительно лучше изучены цианопрокариоты Большеземельской тундры [Гецен и др., 1994; Патова, 2004].

Цианопрокариоты Полярного Урала начали изучаться Н. Н. Ворониным [1930]. Большая часть находок была сделана в последние годы [Ярушина, 2002, 2003; Богданов и др., 2004; Биоразнообразие..., 2007; Патова, Демина, 2008; Новаковская, Патова, 2013; Митрофанова, 2017; Винокурова, 2017; Патова, Новаковская, 2018].

Приполярный Урал хорошо изучен в отношении водной флоры цианопрокариот. На территории национального парка «Югыд ва» исследованы водоросли бассейнов рек Щугор [Шубина, 1986], Малый Паток [Патова, 2004, 2005; Патова, Стенина, 2007b], фрагментарные сведения о водорослях бассейна реки Кожим приводятся в работе Н. Н. Воронина [1930]. Данные по цианофлоре были значительно дополнены в результате современных исследований [Стерлягова, Патова, 2008; Патова, Стерлягова, 2016;

Патова и др., 2016a]. Почвенные цианопрокариоты исследованы меньше, первые сведения приводятся И. В. Новаковской с соавт. [2012] для территории, охватываемой бассейном р. Балбанью. Эти данные были дополнены и обобщены позднее [Патова и др., 2016b].

Материалы и методы

Собственными сборами охвачен о. Северо-Восточная Земля на арх. Шпицберген. Полевое обследование проводилось в четырех районах (рис. 2, 3) традиционным маршрутно-рекогносцировочным методом (однодневные радиальные пешие маршруты). Сборы проводились преимущественно в наземных местообитаниях, а также на побережьях озер, в ручьях и морской супралиторали.

В 2006 году с 3 по 7 августа сборы цианопрокариот осуществлялись на Земле принца Оскара (Prins Oscars Land) на восточном берегу залива Рийпфиорд (Rijpfjorden) (рис. 3, А). В основном были обследованы участки между двумя возвышенностями – Сэндфорхёгдене (Sanfordhøgdene, 280 м н. у. м.) и Блюффарден (Bluffvarden, 250 м н. у. м.), а также на берегу озера Хейерен (Heieren). Всего было собрано и определено 94 образца.

В 2010 году с 23 по 31 июля проведены работы на Земле Густава V (Gustav V Land) на северном берегу Мёрчисонфиорда (Murchisonfjorden) (рис. 3, В). Были обследованы участки в районе заливов Твиллингвика (Tvillingvika), Киннвика (Kinnvika), Хоппехукта (Hoppebukta), Флорабукта (Florabukta). Собрано и определено 119 образцов.

В 2011 году изучались цианопрокариоты Земли принца Оскара в районе залива Иннвика (Innvika), являющегося южной частью залива Фозербифиорд (Fotherbyfjorden). Образцы были собраны в период с 22 по 29 июля на западном побережье и в южной части бухты Иннвика, в долинах Иннвикдален (Innvikdalen), Грёдален (Grådalen), Ринггёсдален (Ringgås-dalen), на склонах невысоких (до 300 м н. у. м.) гор Виквактарен (Vikvaktaren) и Крыккйефлогет (Krykkjefloget) (рис. 3, С). Всего было собрано и определено 69 образцов.

В 2012 году с 26 по 31 июля проведено обследование района Земли Орвина (Orvin Land) на побережье Сетербукты (Sætherbukta) залива Дувефиорд. Всего на территории исследования собрано 86 образцов. Обследован небольшой локальный участок, прилегающий к горе Полярклуббен (Polarklubben) (рис. 3, D).

Идентификация видов проводилась на основе анатомо-морфологических признаков с ис-

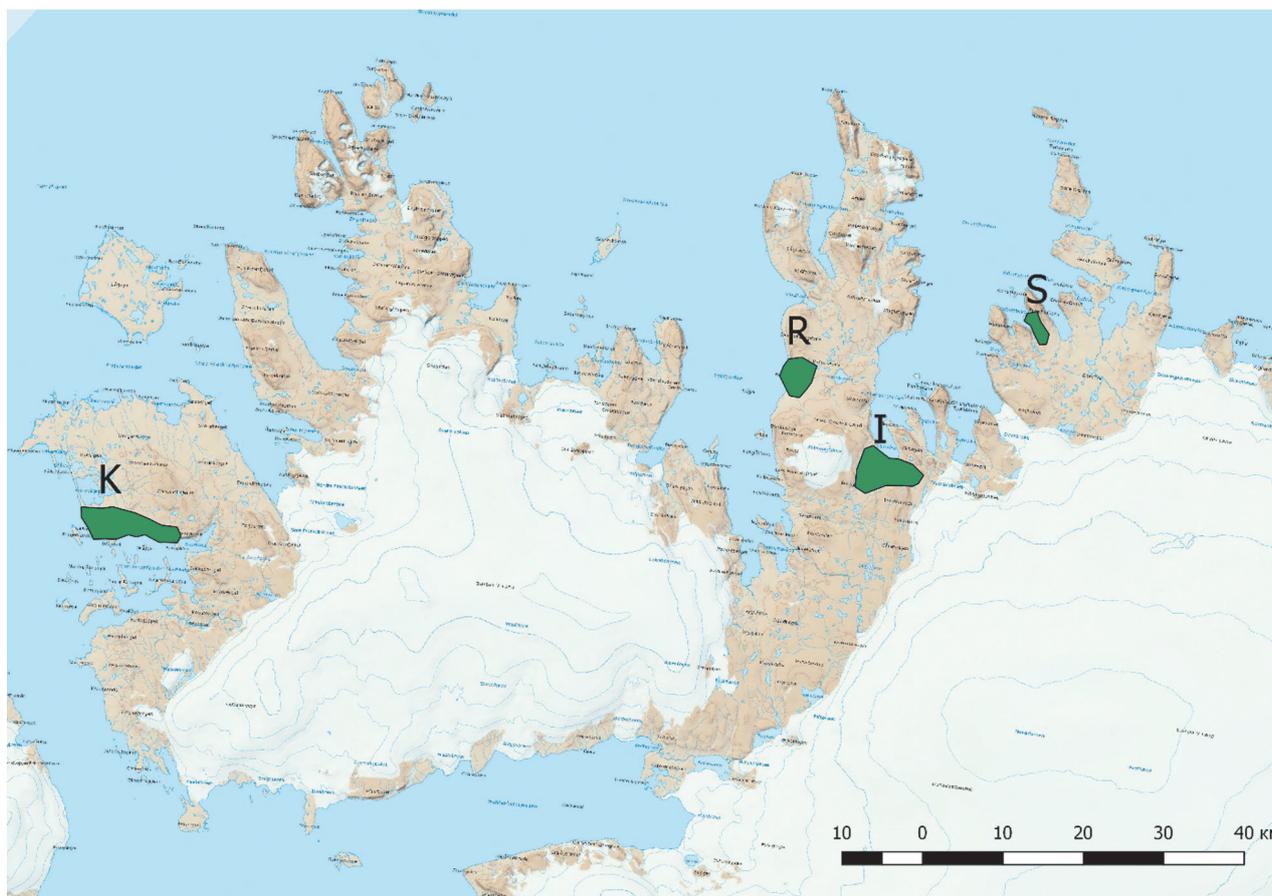


Рис. 2. Обследованные участки в зоне полярных пустынь архипелага Шпицберген. R – восточное побережье залива Рийпфиорд, К – северное побережье залива Мёрчисонфиорд, I – побережье залива Иннвика, S – побережье Сетербукты

Fig. 2. The studied areas in the polar desert zone of Svalbard archipelago. R – eastern coast of the Rijpfjorden bay, K – northern coast of the Murchisonfjorden bay, I – coast of Innvika cove, S – coast of Sætherbukta cove

пользованием световых микроскопов AxioScope A1 и AxioLab (Zeiss). Для определения использовались современные определители [Komárek, Anagnostidis, 1998, 2005; Komárek, 2013].

Информация обо всех местонахождениях собственных сборов и литературные указания вносились в специально разработанный раздел CYANOpro (<http://krabg.ru/cyanopro/>) системы CRIS [Мелехин и др., 2013]. Данная информационная система (ИС) является разделом более общей ИС CRIS [Давыдов и др., 2017]. Она разработана в качестве инструмента для внесения, хранения, организации, поиска и вывода первичных данных по биоразнообразию.

Результаты и обсуждение

Изученная флора цианопрокариот европейского сектора полярных пустынь насчитывает 176 таксонов, включая 20, определенных только до рода. Таксономическая структура флоры приведена в таблице.

Подавляющее большинство видов (80) во флоре относится к подклассу Oscillatoriophyceae (рис. 4). В этот подкласс объединены представители двух порядков Chroococcales и Oscillatoriales, занимающих 2 и 4 места в спектре порядков (рис. 5).

Во флоре насчитывается 26 семейств, среди которых доминирует *Chroococcaceae* (33 вида, 19 %). К ведущим следует отнести также *Merismopediaceae* (20, 11 %), *Oscillatoriaceae* (17, 10 %) и *Leptolyngbyaceae* (17, 10 %) (рис. 6).

Спектр родов включает 55 таксонов. Ведущими являются *Gloeocapsa* (15, 9 %), *Chroococcus* (12, 7 %), *Phormidium* (12, 7 %), *Aphanocapsa* (11, 6 %), *Leptolyngbya* (10, 6 %) (рис. 7). Такое распределение видов по родам явно указывает на арктомонтанный характер флоры (доминирование *Gloeocapsa*, *Chroococcus*, большое число *Gloeocapsopsis*) в сочетании с высокоширотными представителями, часто встречающимися на голых субстратах (*Phormidium*, *Leptolyngbya*).

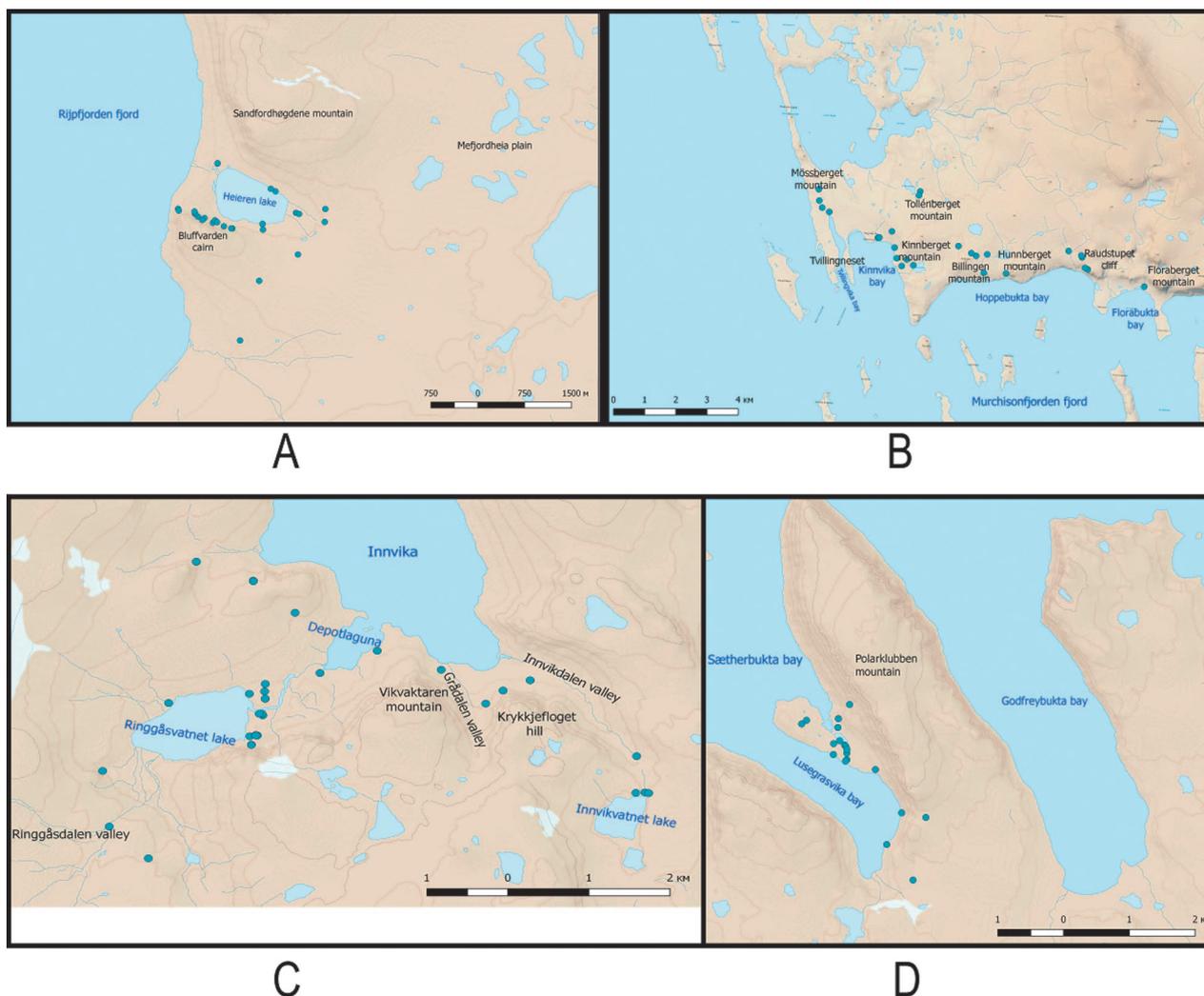


Рис. 3. Места сборов цианопрокариот: А – на восточном берегу залива Рийпфиорд, В – на северном побережье залива Мёрчисонфиорд, С – в районе залива Иннвика, D – в районе побережья бухты Сетер

Fig. 3. Position of sample plots: A – in the eastern coast of the Rijpfjorden bay, B – in the northern coast of the Murchisonfjorden bay, C – in the coast of Innvika cove, D – in the coast of Sætherbukta cove

Сравнение флоры полярных пустынь с расположенной южнее флорой цианопрокариот тундровой зоны Европы демонстрирует бедность изучаемой области. Так, во флоре тундр насчитывается 437 видов. Флористическое сходство полярных пустынь и тундр Европы составляет только 44 %.

Соотношение подклассов во флоре тундр Европы отличается от спектра полярных пустынь – лидируют представители Synecococco-phycidae (рис. 8).

При сравнении спектров порядков флор полярных пустынь и тундр Европы можно отметить увеличение доли Nostocales в более южной зоне (рис. 9) прежде всего за счет представителей бореальных видов из родов *Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Aulosira*, *Dolichospermum*, *Nostoc*.

Число Chroococcales остается почти неизменным, на 50 видов увеличивается представительство Oscillatoriales. В полярных пустынях отсутствуют виды родов *Anagnostidinema*, *Borzia*, *Komvophoron*, *Planktothrix*, *Trichodesmium*, значительно меньше видов в родах *Lyngbya*, *Oscillatoria*, *Phormidium*.

Семейственный спектр тундровой зоны отличается от изучаемой флоры полярных пустынь. Хотя в целом четыре ведущих семейства сохраняются. Доля *Chroococcaceae* (43, 11 %) уменьшается, на первое место выходит семейство *Oscillatoriaceae* (47, 12 %) (рис. 10).

Доминирование осцилляториевых объясняется появлением в тундровой зоне представителей рода *Komvophoron*, увеличением представителей *Lyngbya*, *Oscillatoria*, *Phormidium* – т. е. типичных гидрофитов, не имеющих

Таксономическая структура флоры цианопрокариот полярных пустынь Европы

The taxonomical structure of cyanoprokaryotes polar deserts flora of Europe

Подкласс Subclass	Порядок Order	Семейство Family	Род Genus
Gloeobacterophycidae	Gloeobacterales	<i>Gloeobacteraceae</i>	<i>Gloeobacter</i> (1)
Nostocophycidae	Nostocales	<i>Nostocaceae</i>	<i>Anabaena</i> (2)
			<i>Nostoc</i> (7)
		<i>Rivulariaceae</i>	<i>Calothrix</i> (3)
			<i>Dichothrix</i> (3)
			<i>Microchaete</i> (1)
			<i>Rivularia</i> (1)
		<i>Scytonemataceae</i>	<i>Petalonema</i> (4)
			<i>Scytonema</i> (3)
		<i>Stigonemataceae</i>	<i>Stigonema</i> (4)
		<i>Tolypothrichaceae</i>	<i>Coleodesmium</i> (1)
			<i>Tolypothrix</i> (6)
Oscillatoriohycidae	Chroococcales	<i>Aphanothecaceae</i>	<i>Aphanothece</i> (4)
			<i>Gleothece</i> (3)
		<i>Chroococcaceae</i>	<i>Chroococcus</i> (13)
			<i>Cyanosarcina</i> (1)
			<i>Gleocapsa</i> (15)
			<i>Gleocapsopsis</i> (4)
		<i>Cyanobacteriaceae</i>	<i>Cyanobacterium</i> (1)
		<i>Entophysalidaceae</i>	<i>Entophysalis</i> (1)
			<i>Siphononema</i> (1)
		<i>Gomphosphaeriaceae</i>	<i>Gomphosphaeria</i> (3)
		<i>Microcystaceae</i>	<i>Microcystis</i> (1)
	Chroococcidiopsidales	<i>Chroococcidiopsidaceae</i>	<i>Chroococcidiopsis</i> (1)
	Oscillatoriales	<i>Coleofasciculaceae</i>	<i>Geitlerinema</i> (1)
		<i>Cyanothecaceae</i>	<i>Cyanothece</i> (2)
		<i>Homoeothrichaceae</i>	<i>Ammatoidea</i> (1)
			<i>Phormidiochaete</i> (1)
		<i>Microcoleaceae</i>	<i>Kamptonema</i> (2)
			<i>Microcoleus</i> (5)
			<i>Symplocastrum</i> (2)
		<i>Oscillatoriaceae</i>	<i>Lyngbya</i> (1)
			<i>Oscillatoria</i> (4)
			<i>Phormidium</i> (12)
	Pleurocapsales	<i>Xenococcaceae</i>	<i>Xenococcus</i> (1)
Synechococcophycidae	Synechococcales	<i>Chamaesiphonaceae</i>	<i>Chamaesiphon</i> (2)
			<i>Clastidium</i> (1)
			<i>Geitleribactron</i> (1)
		<i>Coelosphaeriaceae</i>	<i>Coelospherium</i> (2)
			<i>Snowella</i> (1)
			<i>Woronichinia</i> (3)
		<i>Leptolyngbyaceae</i>	<i>Leptolyngbya</i> (10)
			<i>Nodosilinea</i> (1)
			<i>Phormidesmis</i> (1)
			<i>Planktolynbya</i> (1)
			<i>Trichocoleus</i> (4)
		<i>Merismopediaceae</i>	<i>Aphanocapsa</i> (11)
			<i>Eucapsis</i> (2)
			<i>Limnococcus</i> (1)
			<i>Merismopedia</i> (6)
		<i>Pseudanabaenaceae</i>	<i>Jaaginema</i> (2)
			<i>Pseudanabaena</i> (4)
		<i>Schizotrichaceae</i>	<i>Schizothrix</i> (4)
		<i>Synechococcaceae</i>	<i>Anathece</i> (2)
			<i>Synechococcus</i> (1)

Соотношение по числу видов подклассов цианопрокариот во флоре полярных пустынь

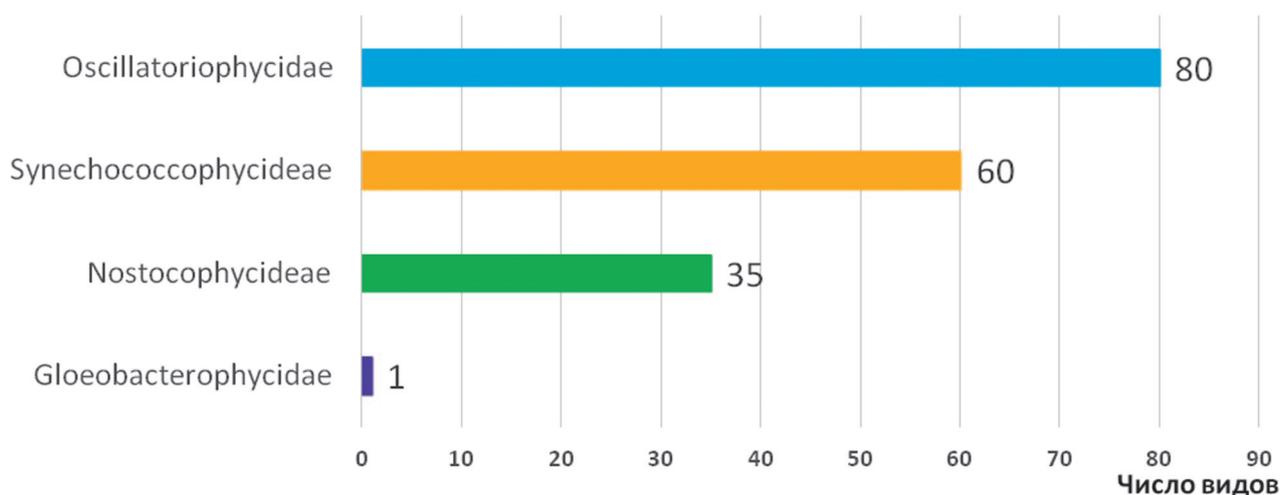


Рис. 4. Спектр подклассов цианопрокариот флоры полярных пустынь Европы

Fig. 4. Comparison of species richness within each subclasses of cyanoprokaryota in the flora of polar deserts of Europe

Соотношение по числу видов порядков цианопрокариот во флоре полярных пустынь

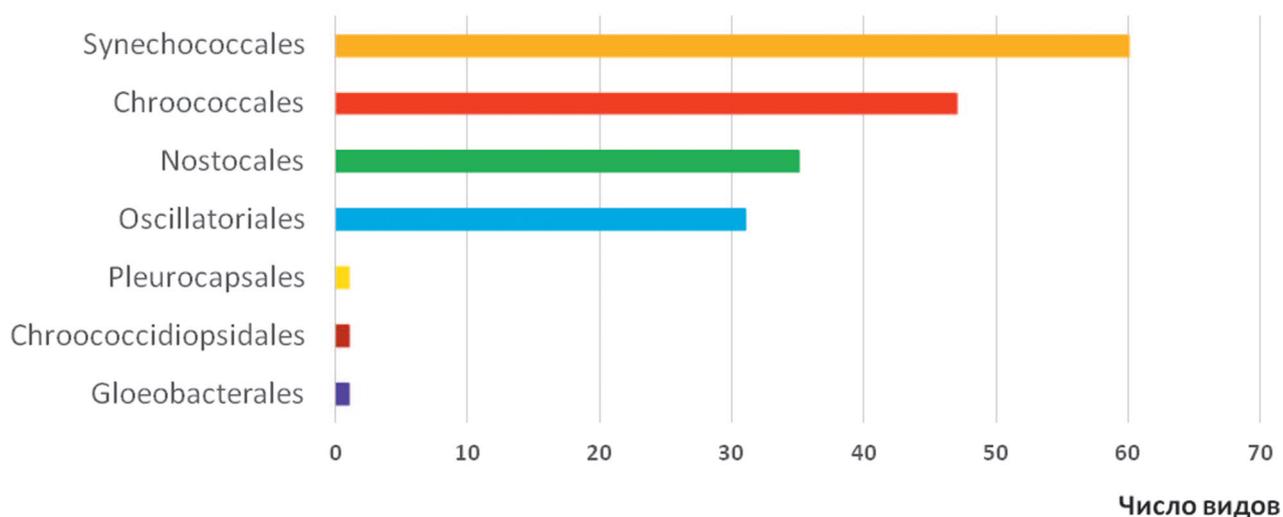


Рис. 5. Спектр порядков цианопрокариот флоры полярных пустынь Европы

Fig. 5. Comparison of species richness within each order of cyanoprokaryota in the flora of polar deserts of Europe

возможности развиваться в условиях полярных пустынь. Большинство озер – типичных местобитаний данных видов – отличаются крайне непродолжительным периодом открытой воды. Зачастую полностью лед не успевает растаять в течение лета. Низкие температуры в сочетании с ультраолиготрофностью приводят к снижению видового состава планктонов.

Таксоны, найденные только в полярных пустынях, в ряде случаев, по всей видимо-

сти, являются новыми для науки и требуют дальнейших исследований и описаний (*Blennothrix* sp., *Chroococciopsis* sp., *Cyanobacterium* sp., *Cyanosarcina* sp., *Entophysalis* sp., *Geitleribactron* sp.). Большинство не выявленных в тундрах видов широко распространены и не могут считаться специфичными для полярных пустынь (*Chamaesiphon minutus* (Rost.) Lemm., *Coelosphaerium dubium* Grun., *Merisomopedia hyalina* (Ehrenb.) Kütz., *Tolypothrix fas-*

Соотношение по числу видов семейств цианопрокариот во флоре полярных пустынь

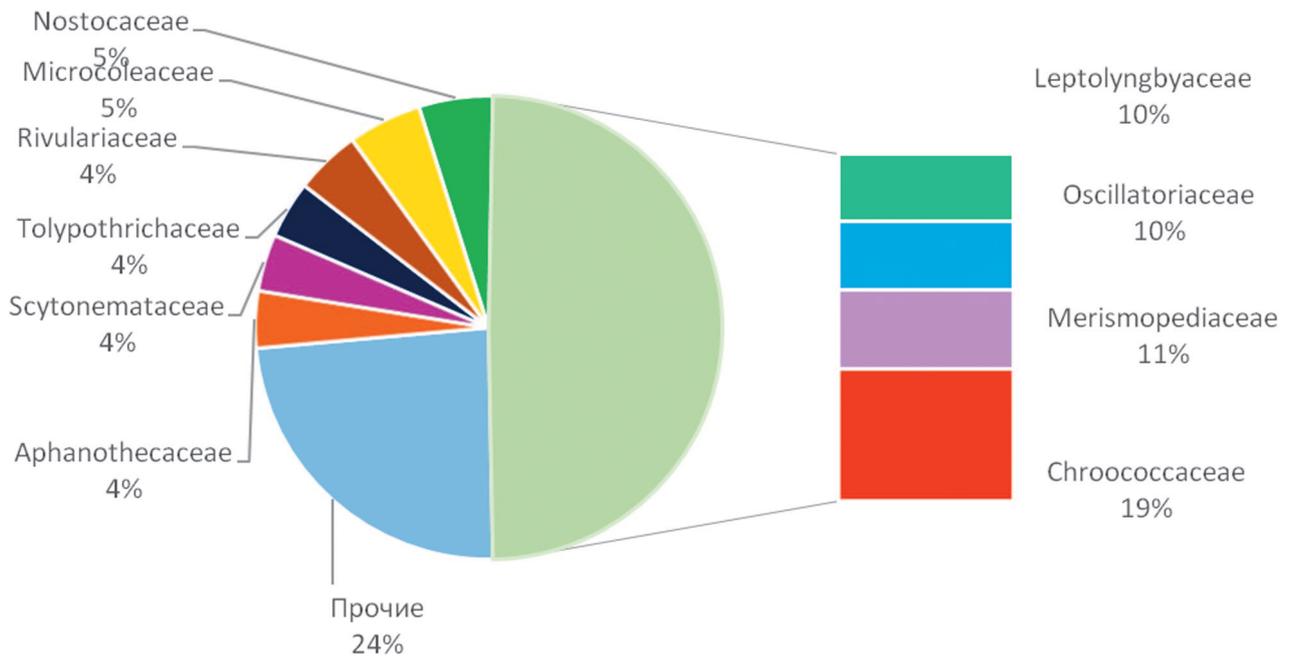


Рис. 6. Спектр семейств цианопрокариот флоры полярных пустынь Европы

Fig. 6. Comparison of species richness within each family of cyanoprokaryota in the flora of polar deserts of Europe

Соотношение по числу видов родов цианопрокариот во флоре полярных пустынь

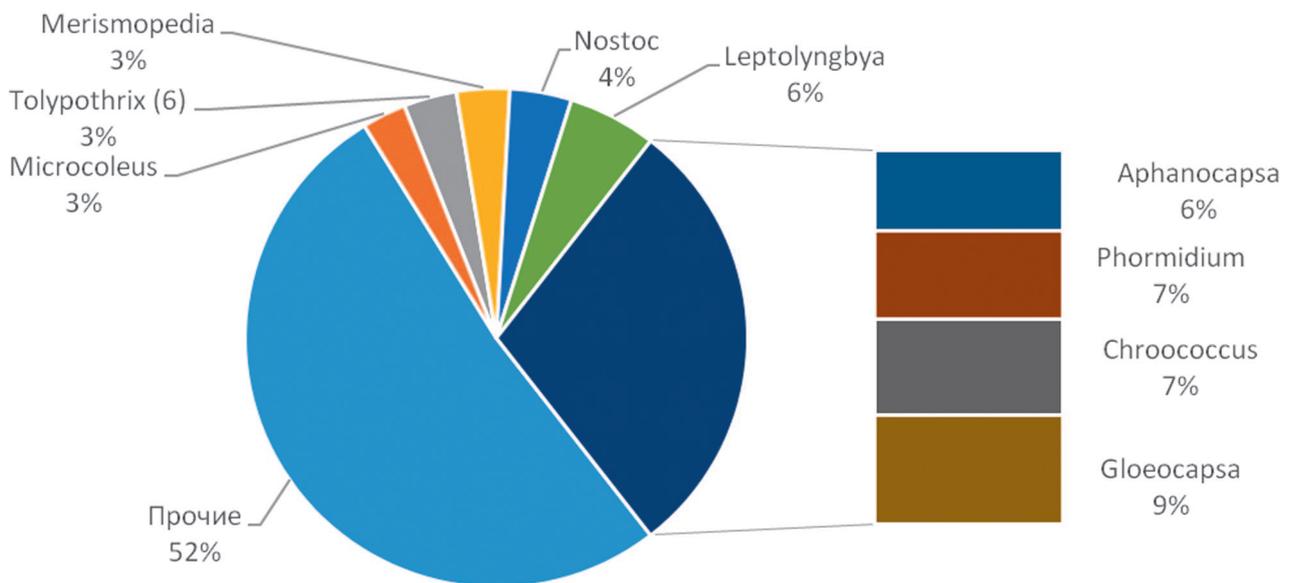


Рис. 7. Спектр родов цианопрокариот флоры полярных пустынь Европы

Fig. 7. Comparison of species richness within each genus of cyanoprokaryota in the flora of polar deserts of Europe

ciculata Gom., *Woronichinia elorantae* Komárek et Kom.-Legn.). Ряд таксонов имеют спорадическое распространение (*Ammatoidea normanii* W. West et G. S. West, *Anabaena sedovii* Kosinsk., *Chroococcus obliteratus* P. G. Richt., *Coleodes-*

mium wrangelii ([C. Ag.] Born. et Flah.) Borzi ex Geitl., *Gloeocapsopsis pleurocapsoides* (Nováč.) Komárek et Anagn., *Leptolyngbya compacta* (Hansg. ex Hansg.) Komárek, *Phormidiochaete nordstedtii* (Born. et Flah. ex De Toni) Komárek).

Соотношение по числу видов подклассов цианопрокариот во флоре тундр

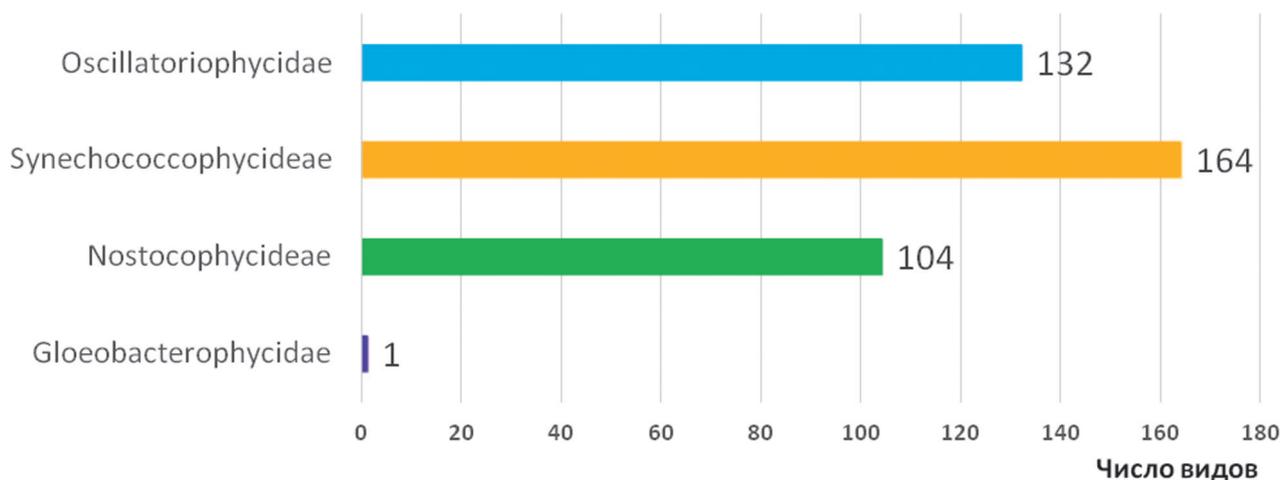


Рис. 8. Спектр подклассов цианопрокариот флоры тундр Европы

Fig. 8. Comparison of species richness within each subclasses of cyanoprokaryota in the flora of the tundra zone of Europe

Соотношение по числу видов порядков цианопрокариот во флоре тундр

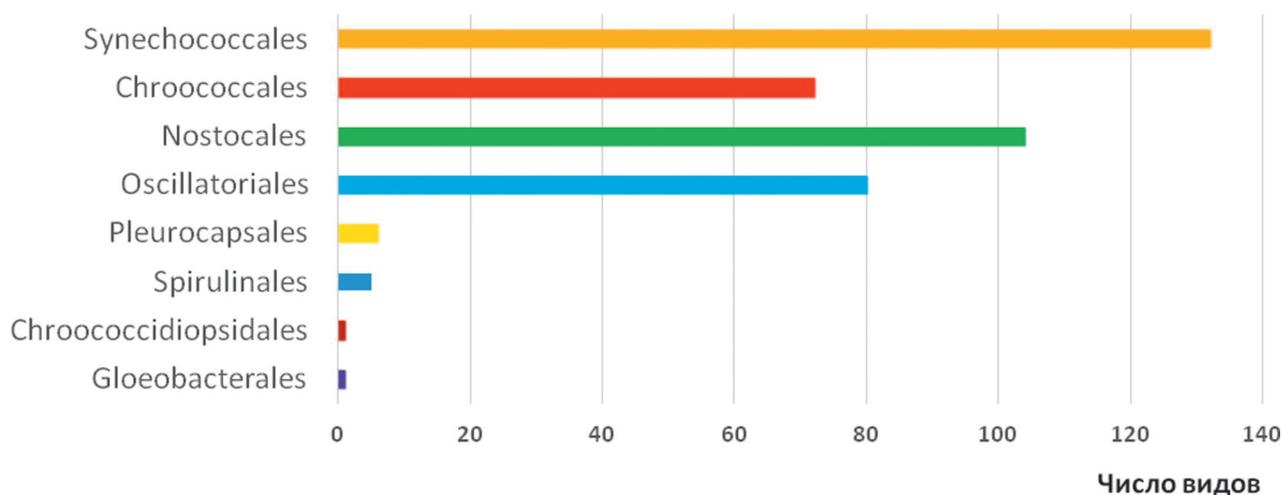


Рис. 9. Спектр порядков цианопрокариот флоры тундр Европы

Fig. 9. Comparison of species richness within each order of cyanoprokaryota in the flora of the tundra zone of Europe

Лишь 30 видов цианопрокариот, найденных в полярных пустынях, не произрастают при этом и в тундрах. Все это довольно широко распространенные виды, вероятность обнаружить которые в тундровой зоне высока. Большинство из них найдены в более южных районах Гипоарктики, за исключением 10 видов (*Chroococcus obliterated*, *Coleodesmium wrangelii*, *Gomphosphaeria cordiformis* (Wille) Hansg., *Leptolyngbya aeruginea* (Kütz. ex Hansg.) Komárek, *L. gelatinosa* (Voronich.) Anagn. et Komárek, *Merismope-*

dia hyalina, *Microchaete calothrichoides* Hansg., *Phormidium lividum* Näg., *Trichocoleus tenerimus* (Gom.) Anagn., *Xenococcus minimus* Geitl.), но их нельзя причислить к типичным высокоарктическим видам, так как они распространены более широко.

На территориях европейских полярных пустынь наиболее изученной и, как следствие, более богатой является флора о. Северо-Восточная Земля, арх. Шпицберген, где зафиксировано 132 вида.

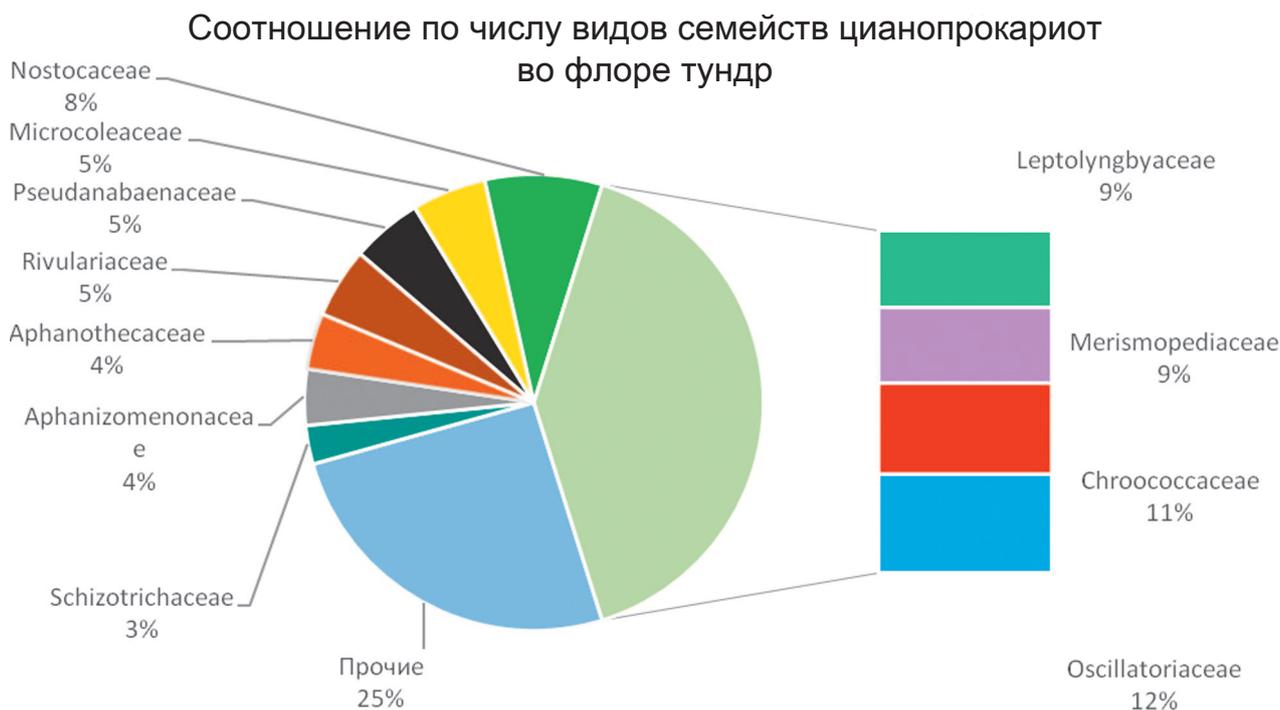


Рис. 10. Спектр семейств цианопрокариот флоры тундр Европы

Fig. 10. Comparison of species richness within each family of cyanoprokaryota in the flora of the tundra zone of Europe

Для водных экосистем высоких широт одной из главных экологических особенностей является заметное уменьшение разнообразия типичных водных цианопрокариот с юга на север. В экстремальных условиях видовой состав и биомасса цианопрокариот планктона и бентоса чрезвычайно бедны. Во флорах высокоширотных районов Шпицбергена, Земли Франца-Иосифа, Новой Земли низко разнообразие типичных планктонных видов, в тундрах их разнообразие заметно возрастает. Во флоре полярных пустынь отсутствуют представители родов *Anabaena* (в тундровой зоне зарегистрировано 12 таксонов), *Dolichospermum* (10), *Limnothrix* (6), *Planktothrix* (3) и т. д.

Например, типичный широко распространенный вид *Aphanizomenon flos-aquae* Ralfs ex Born. et Flah. до настоящего времени не обнаружен на арктических архипелагах (Шпицберген, Земля Франца-Иосифа, Новая Земля, Северная Земля), но широко встречается на более южных тундровых и гипоарктических территориях (Мурманская обл., Малоземельская тундра, Большеземельская тундра, Таймыр и т. д.), где часто вызывает «цветение» воды (рис. 11).

В свою очередь, водоемы северной тундры беднее видами в сравнении с гипоарктическими. В тундровой зоне на арктических архипелагах не отмечены характерные для южных

тундр и Гипоарктики *Anabaena echinospora* Skuja, *A. elliptica* Lemm., *Dolichospermum affinis* (Lemm.) Wacklin et al., *D. circinale* (Rabenh. ex Born. et Flah.) Wacklin et al., *D. flos-aquae* ([Lyngb.] Bréb. ex Born. et Flah.) Wacklin et al., *D. lemmermannii* (P. G. Richt.) Wacklin et al., *Limnothrix planctonica* (Wolosz.) Meffert, *Planktothrix agardhii* (Gom.) Anagn. et Komárek, *P. isothrix* (Skuja) Komárek et Komárková и др. Немногочисленны другие представители рода *Limnothrix* (*Limnothrix guttulata* (Goor) I. Umez. et M. Watan., *L. mirabilis* (Böcher) Anagn., *L. redekei* (Van Goor) Meffert, *L. vacuolifera* (Skuja) Komárek et al.).

В планктоне крупных озер полярных пустынь и высокой Арктики цианопрокариоты представлены обычно видами родов *Pseudanabaena*, *Leptolyngbya*, *Jaaginema*, *Oscillatoria*. Большинство отмеченных в планктоне представителей – это тихопланктон, т. е. виды, не являющиеся типично планктонными, попадающими в толщу воды в результате интенсивного ветрового перемешивания из перифитона и бентоса. В мелких прогреваемых озерах с более высоким трофическим статусом разнообразие цианопрокариот значительно выше. В таких озерах отмечены *Nostoc kihlmanii* Lemm., *N. zetterstedtii* Aresch. ex Born. et Flah., *N. paludosum* Kütz. ex Born. et Flah., *Merismopedia elegans* A. Braun ex Kütz., *M. glauca* (Ehrenb.) Kütz., *M. minima* Beck, *M. punctata* Meyen, *Gomphosphaeria aponina*

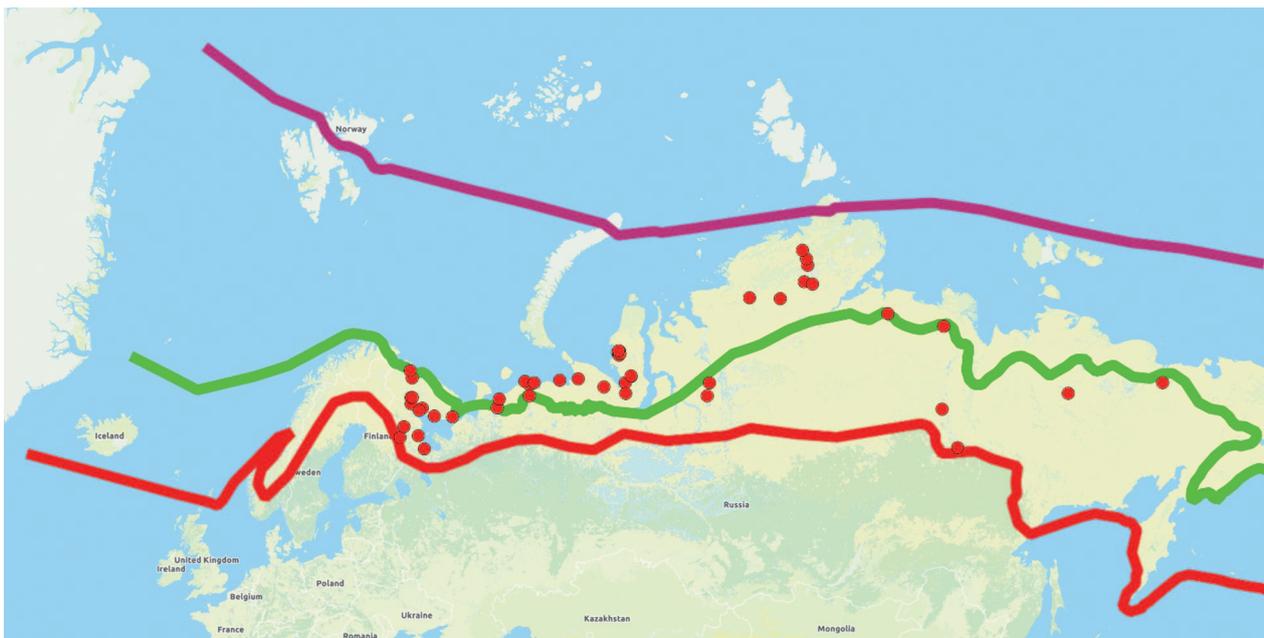


Рис. 11. Распространение *Aphanizomenon flos-aquae* в Евразийской Арктике и Гипоарктике

Fig. 11. *Aphanizomenon flos-aquae* distribution in the Eurasian Arctic and Hypoarctic

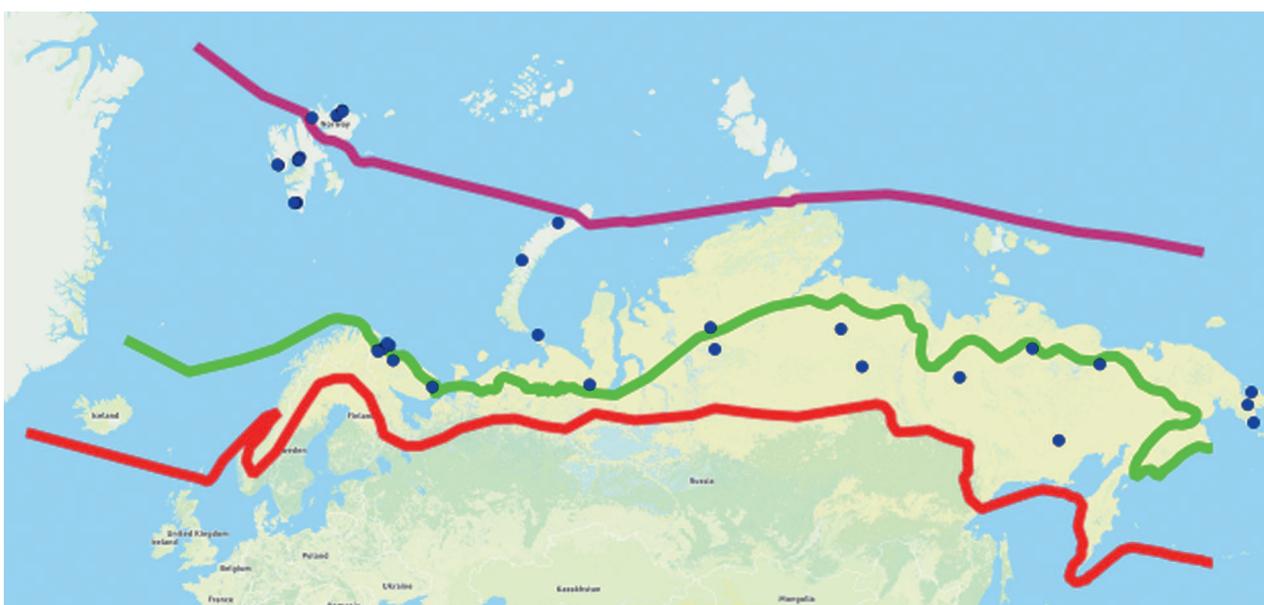


Рис. 12. Распространение *Oscillatoria tenuis* в Евразийской Арктике и Гипоарктике

Fig. 12. Distribution of *Oscillatoria tenuis* in the Eurasian Arctic and Hypoarctic

Kütz., *G. cordiformis* (Wille) Hansg., *Woronichinia compacta* (Lemm.) Komárek et Hindák, *W. delicatula* (Skuja) Komárek et Hind., *Gloeostrichia echinulata* [J. E. Smith et Sowerby] P. G. Richt.

В отличие от планктонных сообществ цианопрокариоты перифитона и бентоса в арктических и гипоарктических озерах более разнообразны и обильны. Одним из самых распространенных бентосных видов в озерах высоких широт Шпицбергена и, по-видимому, других арктических территорий является *Oscillatoria*

tenuis C. Ag. ex Gom. (рис. 12). Нередки также бентосные маты *Phormidium uncinatum* Gom. ex Gom. В условиях Шпицбергена ряд планктонных видов обнаруживаются в составе бентосных обрастаний, сформированных на основе видов *Leptolyngbya*: *Snowella lacustris* (Chod.) Komárek et Hind., *Woronichinia karelica* Komárek et Kom.-Legn. В более южных озерах тундровой зоны в составе бентоса чаще других отмечаются: *Tolypothrix tenuis* Kütz. ex Born. et Flah., *T. distorta* Kütz. ex Born. et Flah., *Hapalosiphon*

pumilus Kirchn. ex Born. et Flah., *H. intricatus* W. West et G. S. West.

Водорослевая растительность водотоков не имеет больших различий в полярных пустынях по сравнению с тундровой зоной, но в целом соответствует тенденции снижения видового разнообразия с продвижением на север. Наиболее типичными являются эпилитные обрастания *Chamaesiphon polonicus* (Rost.) Hansg., *Dichothrix gypsophila* (Kütz.) Born. et Flah., *Trichocoleus delicatulus* (W. West et G. S. West) Anagn., *Schizothrix facilis* (Skuja) Anagn., реже *Phormidium uncinatum*.

Характерной чертой субаэрофитных местообитаний полярных пустынь является доминирование в них цианобактериальных матов. Они формируют значительные площади обрастаний. Наиболее распространенными видами в таких сообществах являются *Phormidium uncinatum*, который располагается в верхнем слое, и *Leptolyngbya* cf. *gracillima* (Hansg.) Anagn. et Komárek и *Pseudanabaena* cf. *minima* (G. S. An) Anagn., образующие нижний слой матов. С продвижением на юг увеличивается конкуренция, прежде всего со стороны мохообразных, что ведет к уменьшению площадей матов. Постепенно плакорные переувлажненные местообитания становятся типичными тундровыми моховыми сообществами, где цианопрокариоты встречаются уже как эпифиты и формируют обрастания в микропонижениях. Здесь отмечены *Chroococcus turgidus* (Kütz.) Näg., *Symplocastrum friesii* [C. Ag.] ex Kirchn., *Hapalosiphon pumilus* Kirchn. ex Born. et Flah., *Aphanocapsa muscicola* (Menegh.) Wille, *Scytonema ocellatum* [Dillw.] Lyngb. ex Born. et Flah., *Microcoleus vaginatus* Gom. ex Gom., *Nostoc punctiforme* [L.] C. Ag. ex Born. et Flah. и др.

Для аэрофитных местообитаний, таких как скальные обнажения и голые поверхности почвы, внешние условия в зоне полярных пустынь и тундры не слишком отличаются. У цианопрокариот в них практически нет конкуренции. В типичных высокоарктических условиях более распространены скальные обрастания, состоящие из *Gloeocapsa kuetzingiana* Näg., *G. compacta* Kütz., *G. atrata* Kütz., *G. alpina* (Näg.) Brand и некоторых представителей *Chroococcus*: *C. cohaerens* (Bréb.) Näg., *C. pallidus* (Näg.) Näg., *C. spelaeus* Erceg. Очень типичны для скал и близкие в морфологическом отношении *Gloeocapsa ralfsii* (Harv.) Kütz., *G. sanguinea* (C. Ag.) Kütz. С продвижением на юг наиболее часто можно встретить обрастания с доминированием *Stigonema* spp. (преобладают *Stigonema ocellatum* [Dillw.] Thur. ex Born. et Flah., *S. minutum* [C. Ag.] Hass. ex Born. et Flah., *S. in-*

forme Kütz. ex Born. et Flah.). Часто среди кустиков стигонем можно обнаружить *Gloeocapsopsis magma* (Bréb.) Komárek et Anagn., *Gloeocapsa violascea* (Corda) Rabenh.

Цианопрокариоты, образующие разрастания на поверхности грунтов, разнообразны по составу и формируют специфические биологические корки на значительных площадях благодаря большой представленности оголенных участков. Здесь обычны *Microcoleus vaginatus*, *M. favosus* (Gom.) Strunecky et al., *Aphanocapsa grevillei* (Berk.) Rabenh., *Nostoc commune* Vauch. ex Born. et Flah., *N. punctiforme*, *Stigonema ocellatum*, *S. minutum*, *Scytonema ocellatum*, *Petalonema crustaceum* C. Ag. ex Kirchn., *Leptolyngbya boryana* (Gom.) Anagn. et Komárek, *Tolypothrix tenuis*. В условиях тундр такие криптогамные корочки характерны для мерзлотных пятен и высокогорных террас [Новаковская, Патова, 2013; Davydov, 2014, 2017; Davydov, Patova, 2018; Давыдов, 2018].

Выводы

Низкое видовое разнообразие цианопрокариот полярных пустынь связано в основном с отсутствием типичных гидрофитов, широко представленных в планктоне и бентосе более теплых водоемов тундр. В полярных пустынях гораздо меньше представителей родов *Anabaena*, *Lyngbya*, *Oscillatoria*, *Phormidium*, отсутствуют *Dolichospermum*, *Anagnostidinema*, *Komvophoron*, *Limnothrix* и др.

Как в полярных пустынях (более отчетливо), так и в европейских тундрах наблюдается ограниченное число доминирующих видов цианопрокариот. Повсеместно распространены и играют заметную роль в формировании растительного покрова *Nostoc commune*, *Phormidium uncinatum*, *Oscillatoria tenuis*, *Microcoleus autumnalis* (Trev. ex Gom.) Strunecky et al., *M. vaginatus*, *Aphanocapsa grevillei*, *A. muscicola*, *Calothrix parietina* Thur. ex Born. et Flah., *Tolypothrix tenuis*, *Trichocoleus sociatus* (W. West et G. S. West) Anagn., *Dichothrix gypsophila*, *G. ralfsii*, *G. sanguinea*, *G. violascea*. Эти виды-доминанты не являются специфичными арктическими по своему распространению, а обладают более широкими ареалами, часто имеют множество указаний в бореальной зоне.

Помимо снижения видового богатства в зоне полярных пустынь можно отметить увеличение площадей обрастаний цианобактериальных сообществ. Причиной этого является отсутствие конкурентов со стороны высших растений.

Исследование выполнено при поддержке грантов РФФИ 18-04-00171_а, 18-04-00643_а.

Литература

Александрова В. Д. Геоботаническое районирование Арктики и Антарктики. Л.: Наука, 1977. 189 с.

Александрова В. Д. О содержании понятия «полярная пустыня» // Природа. 1950. № 9. С. 34–36.

Биоразнообразие экосистем Полярного Урала / Ред. М. В. Гецен. Сыктывкар: Коми НЦ УрО РАН, 2007. 252 с.

Богданов В. Д., Богданова Е. Н., Гаврилов А. Л., Мельниченко И. П., Степанов Л. Н., Ярушина М. И. Биоресурсы водных экосистем Полярного Урала. Екатеринбург: УрО РАН, 2004. 167 с.

Винкурова Г. В. Фитозпилитон озера Большое Щучье и связанных с ним рек (Полярный Урал) // Научный вестник ЯНАО. Материалы Международного симпозиума «Предупреждение распространения инфекционных болезней животных в условиях меняющегося климата». 2017. № 1(94). С. 11–14.

Воронихин Н. Н. Водоросли Полярного и Северного Урала // Труды Ленинградского общества естествоиспытателей. 1930. Т. 60, вып. 3. С. 1–71.

Гецен М. В., Стенина А. С., Патова Е. Н. Альгофлора Большеземельской тундры в условиях антропогенного воздействия. Екатеринбург: Наука, 1994. 148 с.

Давыдов Д. А. Суанопрокарйота Шпицбергена, состояние изученности флоры // Ботанический журнал. 2010а. Т. 95, № 2. С. 169–176.

Давыдов Д. А. Видовой состав Суанопрокарйота западного берега залива Грен-фьорд (архипелаг Шпицберген) // Ботанический журнал. 2011. Т. 96, № 11. С. 1409–1420.

Давыдов Д. А. Дополнение к флоре цианопрокарйот полярных пустынь Земли принца Оскара (о. Северо-Восточная Земля, Шпицберген) // Комплексные исследования природы архипелага Шпицберген: Материалы X междунар. науч. конф. (Мурманск, 27–30 октября 2010 г.) М., 2010б. С. 374–376.

Давыдов Д. А. Находки новых видов цианопрокарйот в ущелье Айкуайвенчорр (Хибины, Мурманская область) // Труды КарНЦ РАН. 2018. № 8. С. 132–140. doi: 10.17076/bg734

Давыдов Д. А. Цианопрокарйоты зональных и горных тундр Мурманской области // Труды КарНЦ РАН. 2014. № 2. С. 66–76.

Давыдов Д. А. Цианопрокарйоты полярных пустынь Земли принца Оскара (о. Северо-Восточная Земля, Шпицберген) // Природа шельфа и архипелагов Европейской Арктики. Вып. 8. Материалы междунар. науч. конф. (Мурманск, 9–11 ноября 2008 г.). М.: Геос, 2008. С. 85–90.

Давыдов Д. А., Денисов Д. Б., Патова Е. Н. Водоросли и цианопрокарйоты в разнотипных озерах восточной части архипелага Шпицберген // Биоразнообразие экосистем Крайнего Севера: инвентаризация, мониторинг, охрана: Материалы всерос. конф. Сыктывкар, 2013. С. 197–200. [Электронный ресурс]. URL: http://ib.komisc.ru/add/conf/tundra/wp-content/uploads/materials_conf_tundra_2013.pdf (дата обращения: 10.06.2018).

Давыдов Д. А., Мелехин А. В., Константинова Н. А., Боровичев Е. А. Возможности информационной системы Cryptogamic Russian Information

System // Использование современных информационных технологий в ботанических исследованиях: Тезисы докл. междунар. науч.-практ. конф. (Апатиты, Мурманская область, 28–31 марта 2017 г.). Апатиты, 2017. С. 32–34.

Киселев И. А. Особенности фитопланктона эстуариев наших северных рек // Тр. II Всесоюз. гидрол. съезда (Ленинград, 20–27 апр. 1928 г.). Л., 1930. С. 221–223.

Короткевич Е. С. Полярные пустыни. Л.: Гидрометеоиздат, 1972. 420 с.

Косинская Е. К. Критический список пресноводных водорослей, собранных В. П. Савичем в Арктической правительственной экспедиции 1930 г. // Труды Ботанического института АН СССР. 1933. Сер. II, вып. 1. С. 35–51.

Матвеева Н. В. Полярные пустыни – маргинальная природная зона на глобальном широтном градиенте // Растения и грибы полярных пустынь Северного полушария. СПб.: МАРАФОН, 2015. С. 10–12.

Мелехин А. В., Давыдов Д. А., Шалыгин С. С., Боровичев Е. А. Общедоступная информационная система по биоразнообразию цианопрокарйот и лишайников CRIS (Cryptogamic Russian Information System) // Бюллетень МОИП. Отдел биол. 2013. Т. 118, вып. 6. С. 51–56.

Митрофанова Е. Ю. Фитопланктон озера Большое Щучье и рек его бассейна в августе 2016 года // Научный вестник ЯНАО. Материалы Международного симпозиума «Предупреждение распространения инфекционных болезней животных в условиях меняющегося климата». 2017. № 1(94). С. 55–61.

Новаковская И. В., Патова Е. Н. Цианопрокарйоты и водоросли горно-тундровых почв северной оконечности Полярного Урала // Бюллетень МОИП. Отдел биол. 2013. Т. 118, вып. 5. С. 57–66.

Новаковская И. В., Патова Е. Н., Шабалина Ю. Н. Почвенные водоросли горно-тундровых сообществ Приполярного Урала (национальный парк «Югыд ва») // Ботанический журнал. 2012. Т. 97, № 3. С. 305–320.

Новичкова-Иванова Л. Н. Смены синузид почвенных водорослей Земли Франца-Иосифа // Ботанический журнал. 1963. Т. 48, № 1. С. 42–53.

Палибин И. В. Ботанические результаты плавания ледокола «Ермак» в Северном Ледовитом океане летом 1901 г. Петербург: Императорский С.-Петерб. бот. сад, 1903–1906. 134 с.

Патова Е. Н. Суанорхита в водоемах и почвах восточно-европейских тундр // Ботанический журнал. 2004. Т. 89, № 9. С. 1403–1419.

Патова Е. Н. Первые сведения о синезеленых водорослях Ненецкого заповедника // Новости систематики низших растений. Т. 34. 2001. С. 34–38.

Патова Е. Н. Разнообразие Суанорхита в ледниковых озерах бассейна р. Малый Паток (Приполярный Урал, национальный парк «Югыд ва») // Новости систематики низших растений. 2005. Т. 39. С. 51–61.

Патова Е. Н., Белякова Р. Н. Наземные Суанопрокарйота острова Большевик (архипелаг Северная Земля) // Новости систематики низших растений. 2006. Т. 40. С. 83–91.

Патова Е. Н., Давыдов Д. А. Разнообразие цианопрокарйот в трех крупных озерах архипелага

Шпицберген // Современная ботаника в России. Труды XIII Съезда Русского ботанического общества и конференции «Научные основы охраны и рационального использования растительного покрова Волжского бассейна». Т. 1. Тольятти: Кассандра, 2013. С. 123–124.

Патова Е. Н., Давыдов Д. А., Андреева В. М. Цианопрокариоты и водоросли // Растения и грибы полярных пустынь Северного полушария / Отв. ред. Н. В. Матвеева. СПб.: МАРАФОН, 2015. С. 133–166.

Патова Е. Н., Демина И. В. Водоросли водоемов Полярного Урала, не подверженных антропогенному воздействию // Биология внутренних вод. 2008. № 1. С. 58–67.

Патова Е. Н., Новаковская И. В. Почвенные водоросли северо-востока европейской части России // Новости систематики низших растений. 2018. Т. 52, № 2. С. 311–353.

Патова Е. Н., Новаковская И. В., Шабалина Ю. Н., Стенина А. С. Почвенные цианопрокариоты и эукариотные водоросли // Флоры, лишено- и микобиоты особо охраняемых ландшафтов бассейнов рек Косью и Большая Сыня (Приполярный Урал, национальный парк «Югыд ва»). М.: КМК, 2016б. С. 317–348.

Патова Е. Н., Стенина А. С. Водоросли // Живая природа Ненецкого автономного округа. Нарьян-Мар, 2004. С. 50–52.

Патова Е. Н., Стенина А. С. Водоросли // Систематические списки видов флоры и фауны государственного природного заповедника «Ненецкий» (2001–2006 гг.). СПб.: С.-Петербург. ун-т, 2007а. 55 с.

Патова Е. Н., Стенина А. С. Водоросли и водная растительность // Бассейн реки Малый Паток: дикая природа / Под ред. В. И. Пономарева. Сыктывкар: Парус, 2007б. С. 161–168.

Патова Е. Н., Стерлягова И. Н. Цианопрокариоты в разнотипных водоемах бассейна реки Косью (Приполярный Урал) // Труды Кольского научного центра РАН. Сер. Прикладная экология Севера. Вып. 4. 2016. С. 24–39.

Патова Е. Н., Стерлягова И. Н., Бришкайте Р. Водоросли других отделов // Флоры, лишено- и микобиоты особо охраняемых ландшафтов бассейнов рек Косью и Большая Сыня (Приполярный Урал, национальный парк «Югыд ва»). М.: КМК, 2016а. 483 с.

Стерлягова И. Н., Патова Е. Н. Водоросли водоемов в бассейнах рек Кожым и Щугор (Приполярный Урал) // Науч. докл. Коми НЦ УрО РАН. Вып. 499. Сыктывкар, 2008. 37 с.

Флеров Б. К. Пресноводные водоросли Белушьяго полуострова на Новой Земле // Тр. Плавающего морского научного ин-та. 1925. Т. 1, вып. 12. С. 13–48.

Ширшов П. П. Эколого-географический очерк пресноводных водорослей Новой Земли и Земли Франца-Иосифа // Тр. Аркт. ин-та. Л., 1935. Т. 14. С. 73–162.

Шубина В. Н. Гидробиология лососевой реки Северного Урала. Л.: Наука, 1986. С. 25–38.

Ярушина М. И. Водоросли водоемов Полярного Урала // Науч. вестник: Биологические ресурсы Полярного Урала. Салехард, 2002. Вып. 10. С. 71–77.

Ярушина М. И. Фитопланктон озер западного склона Полярного Урала // Науч. вестник: Биологические ресурсы Полярного Урала. Салехард, 2003. Вып. 3, ч. 2. С. 30–36.

Borge O. Süßwasseralfgen von Franz Josefs-Land: gesammelt von der Jackson-Harmsworth'schen Expedition // Öfversigt af Kongl. Vetenskaps-akademiens förhandlingar, Stockholm. 1899. No. 7. P. 751–766.

Davydov D. Cyanoprokaryotes of the west part of Oscar II Land, West Spitsbergen Island, Spitsbergen archipelago // Czech Polar Reports. 2017. Vol. 7. P. 94–108. doi: 10.5817/CPR2017-1-10

Davydov D. Diversity of the Cyanoprokaryota in polar deserts of Innvika cove North-East Land (Nordaustlandet) Island, Spitsbergen // Czech Polar Reports. 2016. Vol. 6. P. 66–79. doi: 10.5817/CPR2016-1-7

Davydov D. Diversity of the Cyanoprokaryota in polar deserts of Rijpfjorden east coast, North-East Land (Nordaustlandet) Island, Spitsbergen // Algological Studies. 2013. Vol. 142. P. 29–44. doi: 10.1127/1864-1318/2013/0082

Davydov D. Diversity of the Cyanoprokaryota of the area of settlement Pyramiden, West Spitsbergen Island, Spitsbergen archipelago // Folia Cryptogamica Estonica. 2014. Vol. 51. P. 13–23. doi: 10.12697/fce.2014.51.02

Davydov D., Patova E. The diversity of Cyanoprokaryota from freshwater and terrestrial habitats in the Eurasian Arctic and Hypoarctic // Hydrobiologia. 2018. Vol. 811, no. 1. P. 119–138. doi: 10.1007/s10750-017-3400-3

Elfving F. Anteckningar om Finlands Nostochaceae heterocysteeae // Meddel. Soc. Pro. Fauna et Flora Fennica. 1895. H. 21. P. 25–50.

Kim G. H., Klochkova T. A., Han J. W., Kang S.-H., Choi H. G., Chung K. W., Kim S. J. Freshwater and Terrestrial Algae from Ny-Ålesund and Blomstrandhalvøya Island (Svalbard) // Arctic. 2011. Vol. 64, no. 1. P. 25–21. doi: 10.14430/arctic4077

Komárek J. Cyanoprokaryota 3. Teil: Heterocytous genera // In: B. Büdel, G. Gärtner, L. Krienitz and M. Schlager (eds). Süßwasserflora von Mitteleuropa 19/3. Berlin; Heidelberg: Springer Spektrum, 2013. 1133 p.

Komárek J., Anagnostidis K. Cyanoprokaryota 1. Teil: Chroococcales // In: H. Ettl, G. Gärtner, G. Heynig and D. Mollenhauer (eds). Süßwasserflora von Mitteleuropa 19/1. Jena; Stuttgart; Lübeck; Ulm: Gustav Fischer, 1998. 548 p.

Komárek J., Anagnostidis K. Cyanoprokaryota 2. Teil: Oscillatoriales // In: B. Büdel, G. Gärtner, L. Krienitz and M. Schlager (eds). Süßwasserflora von Mitteleuropa 19/2. Heidelberg: Elsevier/Spektrum, 2005. 759 p.

Komárek J., Kovacik L. Schizotrichacean cyanobacteria from central Spitsbergen (Svalbard) // Polar Biol. 2013. Vol. 36. P. 1811–1822. doi: 10.1007/s00300-013-1402-9

Komárek J., Kovacik L., Elster J., Komárek O. Cyanobacterial diversity of Petuniabukta, Billefjorden, central Spitsbergen // Polish Polar Research, 2012. Vol. 33, no. 4. P. 347–368. doi: 10.2478/v10183-012-0024-1

Kvídlerová J., Elster J., Šimek M. In situ response of Nostoc commune s. l. colonies to desiccation in Cen-

tral Svalbard, Norwegian High Arctic // *Fottea*. 2011. Vol. 11. P. 87–97. doi: 10.5507/fot.2011.009

Novichkova-Ivanova L. N. Soil and aerial algae of polar deserts and arctic tundra // Proc. IV Intern. Meeting on the Biological / F. E. Wielgolaski and T. Rosswall, eds. Leningrad, 1972. P. 261–265.

Palinska K. A., Schneider T., Surosz W. Phenotypic and phylogenetic studies of benthic mat-forming cyanobacteria on the NW Svalbard // *Polar Biol*. 2017. doi: 10.1007/s00300-017-2083-6

Raabová L., Elster J., Kováčik L. Phototrophic microflora colonizing substrates of man-made origin in Billefjorden Region, Central Svalbard // *Czech Polar Reports*. 2016. Vol. 6. P. 21–30. doi: 10.5817/CPR2016-1-3

Richter D., Matuła J. *Leptolyngbya sieminskae* sp. n. (Cyanobacteria) from Svalbard // *Polish Polar Research*. 2013. Vol. 34. P. 151–168. doi: 10.2478/popore-2013-0009

Stenina A. S., Patova E. N., Noordhuis R. Phytoplankton // *Pechora Delta. Structure and dynamics of the Pechora Delta ecosystems (1995–1999)* / Van

Eerden M. R. (ed.). RIZA report number 2000.037. Lelystad, 2000. P. 99–113, 289–308.

Strunecky O., Komárek J., Elster J. Biogeography of Phormidium autumnale (Oscillatoriales, Cyanobacteria) in western and central Spitsbergen // *Polish Polar Research*, 2012. Vol. 33. P. 369–382. doi: 10.2478/v10183-012-0020-5

Thomasson K. Zur planktonkunde Spitzbergens, 1 // *Hydrobiologia*, 1958. Vol. 12, no. 2–3. P. 226–236.

Walker D. A., Raynolds M. K., Daniëls F. J. A., Einarsson E., Elvebakk A., Gould W. A., Katenin A. E., Kholod S. S., Markon C. J., Melnikov E. S., Moskalenko N. G., Talbot S. S., Yurtsev B. A. et al. The Circumpolar Arctic vegetation map // *J. Veget. Sci.* 2005. Vol. 16. P. 267282. doi: 10.1111/j.1654-1103.2005.tb02365.x

Wille N. Ferskvandsalger fra Novaja Semlja samlede af Dr. F. Kjellman paa Nordenskiöld's Expedition 1875 // *Öfversigt af kongl. Vet.-Akad. Forhandl.* 1879. No. 5. S. 13–74.

Поступила в редакцию 02.09.2018

References

Aleksandrova V. D. Geobotanicheskoe raionirovanie Arktiki i Antarktiki [Geobotanical zoning of the Arctic and Antarctic]. Leningrad: Nauka, 1977. 189 p.

Aleksandrova V. D. O soderzhanii ponyatiya “polyarnaya pustynya” [About the content of the term of “polar desert”]. *Priroda* [Nature]. 1950. No. 9. P. 34–36.

Bioraznoobrazie ekosistem Polyarnogo Urala [Biodiversity of the Polar Ural ecosystems]. Syktyvkar: Komi NTs UrO RAN, 2007. 252 p.

Bogdanov V. D., Bogdanova E. N., Gavrilov A. L., Mel'nicenko I. P., Stepanov L. N., Yarushina M. I. Bioressursy vodnykh ekosistem Polyarnogo Urala [Biological resources of aquatic ecosystems of the Polar Urals]. Ekaterinburg: UrO RAN, 2004. 167 p.

Davydov D. A. Cyanopokaryota Shpitsbergena, sostoyanie izuchennosti flory [Cyanopokaryota of the Spitsbergen archipelago: the state of study]. *Botanicheskii zhurn.* [Russ. Botanical J.]. 2010a. Vol. 95, no. 2. P. 169–176.

Davydov D. A. Vidovoi sostav Cyanopokaryota zapadnogo berega zaliva Gren-f'ord (arkhipelag Shpitsbergen) [Diversity of the Cyanopokaryota of the Grønfjord western coast (Spitsbergen, Svalbard)]. *Botanicheskii zhurn.* [Russ. Botanical J.]. 2011. Vol. 96. P. 1409–1420.

Davydov D. A. Dopolnenie k flore tsianopokariot polyarnykh pustyn' Zemli printsa Oskara (o. Severo-Vostochnaya Zemlya, Shpitsbergen) [Supplement to the flora of cyanopokaryotes of the polar deserts of Prince Oscar's Land (North-Eastern Land, Svalbard)]. *Kompleksnye issledovaniya prirody arkhipelaga Shpitsbergen: Materialy X mezhdunar. nauch. konf.* (Murmansk, 27–30 oktyabrya 2010 g.) [Proceed. X intern. conf. *Comprehensive research into the nature of the Spitsbergen archipelago*]. Moscow, 2010b. P. 374–376.

Davydov D. A. Nakhodki novykh vidov tsianopokariot v ushel'e Aikuaivenchorr (Khibiny, Murmanskaya oblast') [The records of some cyanopokaryotes in the Aikuaivenchorr ravine (Khibiny mountains, Mur-

mansk region)]. *Trudy KarNTs RAN* [Trans. KarRC RAS]. 2018. No. 8. P. 132–140. doi: 10.17076/bg734

Davydov D. A. Tsianopokarioty zonal'nykh i gornykh tundr Murmanskoi oblasti [Cyanopokaryotes of zonal and alpine tundra of the Murmansk Region]. *Trudy KarNTs RAN* [Trans. KarRC RAS]. 2014. No. 2. P. 66–76.

Davydov D. A. Tsianopokarioty polyarnykh pustyn' Zemli printsa Oskara (o. Severo-Vostochnaya Zemlya, Shpitsbergen) [Cyanopokaryotes of the polar deserts of Prince Oscar's Land (North-Eastern Land, Svalbard)]. *Priroda shel'fa i arkhipelagov Evropeiskoi Arktiki*. Vyp. 8. Materialy mezhdunar. nauch. konf. (Murmansk, 9–11 noyabrya 2008 g.) [Nature of the shelf and archipelagos of the European Arctic. Iss. 8. Proceed. int. conf. (Murmansk, Nov. 9–11, 2008)]. Moscow: Geos, 2008. P. 85–90.

Davydov D. A., Denisov D. B., Patova E. N. Vodorosli i tsianopokarioty v raznotipnykh ozerakh vostochnoi chasti arkhipelaga Shpitsbergen [Algae and cyanopokaryotes in different types of lakes in the eastern part of the Spitsbergen Archipelago]. *Bioraznoobrazie ekosistem Krainego Severa: inventarizatsiya, monitoring, okhrana: Materialy vseros. konf.* [Biodiversity of the far north ecosystems: inventory, monitoring, protection. Proceed. All-Russ. conf.]. Syktyvkar, 2013. P. 197–200. URL: http://ib.komisc.ru/add/conf/tundra/wp-content/uploads/materials_conf_tundra_2013.pdf (accessed: 10.06.2018).

Davydov D. A., Melekhin A. V., Konstantinova N. A., Borovichev E. A. Vozmozhnosti informatsionnoi sistemy Cryptogamic Russian Information System [Possibilities of Cryptogamic Russian Information System. International]. *Ispol'zovanie sovremennykh informatsionnykh tekhnologii v botanicheskikh issledovaniyakh: Tezisy dokl. mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* (Apatity, Murmanskaya oblast', 28–31 marta 2017 g.) [The use of modern information technologies in botanical investigations. Proceed. int. sci. conf. (Apatity, Murmansk Region, March 28–31, 2017)]. Apatity, 2017. C. 32–34.

Flerov B. K. Presnovodnye vodorosli Belush'ego poluoostrova na Novoi Zemle [Freshwater algae of the Be-

lushiy Peninsula of Novaya Zemlya archipelago]. *Trudy Plavutcheho morskogo in-ta* [Proceed. Floating Sea Inst.]. 1925. Vol. 1, iss. 12. P. 13–48.

Getzen M. V., Stenina A. S., Patova E. N. Al'goflora Bol'shezemel'skoi tundry v usloviyakh antropogennogo vozdeistviya [Algoflora of Bolshezemelskaya tundra in the conditions of anthropogenic pollution]. Ekaterinburg: Nauka, 1994. 148 p.

Kiselev I. A. Osobennosti fitoplanktona estuariyev nashikh severnykh rek [Features of phytoplankton estuaries of our northern rivers]. *Tr. II Vsesoyuz. gidrol. s'ezda* (Leningrad, 20–27 apr. 1928 g.) [Proceed. All-Union Hydrol. Meeting (Leningrad, April 20–27, 1928)]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1930. P. 221–223.

Korotkevich E. S. Polyarnye pustyni [Polar deserts]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1972. 420 p.

Kosinskaya E. K. Kriticheskii spisok presnovodnykh vodoroslei, sobrannykh V. P. Savichem v Arkticheskoi pravitel'stvennoi ekspeditsii 1930 g. [The critical freshwater algae list collected V. P. Savich in the Arctic government expedition of 1930 year]. *Trudy Botanicheskogo inst. AN SSSR* [Proceed. Botanical Inst. of Academy of Science USSR]. 1933. Ser. II, iss. 1. P. 35–51.

Matveeva N. V. Polyarnye pustyni – marginal'naya prirodnyaya zona na global'nom shirotnom gradiente [Polar deserts – marginal nature zone at the global latitudinal gradient]. *Rasteniya i griby polyarnykh pustyn' severnogo polushariya* [Plants and fungi of the polar deserts in the northern hemisphere]. St. Petersburg: MARAFON, 2015. P. 10–12.

Melekhin A. V., Davydov D. A., Shalygin S. S., Borovichev E. A. Obshchedostupnaya informatsionnaya sistema po bioraznoobraziyu tsianoprokariot i lishainikov CRIS (Cryptogamic Russian Information System) [Open information systems on biodiversity cyanoprokaryotes and lichens CRIS (Cryptogamic Russian information systems)]. *Byull. MOIP. Otdel. biol.* [Bull. Moscow Society of Naturalists. Biol. series]. 2013. Vol. 118, no. 6. P. 51–56.

Mitrofanova E. Yu. Fitoplankton ozera Bol'shoye Shchuch'ye i rek ego basseina v avguste 2016 goda [Phytoplankton of Great Shchuchye Lake and its basin rivers in August 2016]. *Nauchnyi vestnik YANA O* [Scientific Bull. of the YNAO]. 2017. No. 1(94). P. 55–61.

Novakovskaya I. V., Patova E. N. Tsianoprokarioty i vodorosli gorno-tundrovyykh pochv severnoi okonechnosti Polyarnogo Urala [Cyanoprokaryotes and algae of mountain-tundra soils of the northern part of the Polar Urals]. *Byull. MOIP. Otdel. biol.* [Bull. Moscow Society of Naturalists. Biol. series]. 2013. Vol. 118, no. 5. P. 57–66.

Novakovskaya I. V., Patova E. N., Shabalina Yu. N. Pochvennye vodorosli gorno-tundrovyykh soobshchestv Pripolyarnogo Urala (natsional'nyi park "Yugyd va") [Soil algae of mountain tundra communities of the Pre-Polar Urals (Yugyd va national park)]. *Botanicheskii zhurn.* [Russ. Botanical J.]. 2012. Vol. 97, no. 3. P. 305–320.

Novichkova-Ivanova L. N. Smeny sinuzii pochvennykh vodoroslei Zemli Frantsa-Iosifa [Changes of soil algae community on Franz Josef Land archipelago]. *Botanicheskii zhurn.* [Russ. Botanical J.]. 1963. Vol. 48. P. 42–53.

Palibin I. V. Botanicheskie rezul'taty plavaniya ledokola "Ermak" v Severnom Ledovitom okeane letom 1901 g.

[Botanical results of Ermak icebreaker voyage in the Arctic Ocean of the summer of 1901 year]. Peterburg: Imperatorskii S.-Peterb. bot. sad, 1903–1906. 134 p.

Patova E. N. Cyanophyta v vodoemakh i pochvakh vostochno-evropeiskikh tundr [Cyanophyta in waters and soils of Eastern European tundra]. *Botanicheskii zhurn.* [Russ. Botanical J.]. 2004. Vol. 89. P. 1403–1419.

Patova E. N. Pervye svedeniya o sinezelenykh vodoroslyakh Nenetskogo zapovednika [The first data of blue-green algae Nenets reserve]. *Novosti sistematiki nizshikh rastenii* [Novitates Systematicae Plantarum non Vascularium]. 2001. Vol. 34. P. 34–38.

Patova E. N. Raznoobrazie Cyanophyta v lednikovyykh ozerakh basseina r. Malyi Patok (Pripolyarnyi Ural, natsional'nyi park "Yugyd va") [The diversity of cyanophyta in the glacial lakes of the basin of the river Malyi Patok (Subpolar Urals, Yugyd va national park)]. *Novosti sistematiki nizshikh rastenii* [Novitates Systematicae Plantarum non Vascularium]. 2005. Vol. 39. P. 51–61.

Patova E. N., Belyakova R. N. Nazemnye Cyano-prokaryota ostrova Bol'shevik (arkhipelag Severnaya Zemlya) [Terrestrial cyanoprokaryota of Bolshevik island (Severnaya Zemlya Archipelago)]. *Novosti sistematiki nizshikh rastenii* [Novitates Systematicae Plantarum non Vascularium]. 2006. Vol. 40. P. 83–91.

Patova E. N., Davydov D. A. Raznoobrazie tsianoprokariot v trekh krupnykh ozerakh arhipelaga Shpitsbergen [The diversity of cyanoprokaryotes in the three large lakes of the Spitsbergen archipelago]. *Sovremennaya botanika v Rossii*. *Trudy XIII S'ezda Russ. botanicheskogo obshch. i konf. "Nauchnye osnovy okhrany i ratsional'nogo ispol'zovaniya rastitel'nogo pokrova Volzhskogo basseina"* [Modern botany in Russia. Proceed. XIII Meeting of Russ. Bot. Society and conf. *Scientific bases of protection and rational use of vegetation cover of the Volga River basin*]. Vol. 1. Tol'yatti: Kassandra, 2013. P. 123–124.

Patova E. N., Davydov D. A., Andreeva V. M. Tsianoprokarioty i vodorosli [Cyanoprokaryotes and algae]. *Rasteniya i griby polyarnykh pustyn' Severnogo polushariya* [Plants and fungi of the polar deserts in the Northern hemisphere]. St. Petersburg: MARAFON, 2015. P. 133–166.

Patova E. N., Novakovskaya I. V. Pochvennye vodorosli severo-vostoka evropeyskoi chasti Rossii [Soil algae of the Northeastern European Russia]. *Novosti sistematiki nizshikh rastenii* [Novitates Systematicae Plantarum non Vascularium]. 2018. Vol. 52, no. 2. P. 311–353.

Patova E. N., Novakovskaya I. V., Shabalina Yu. N., Stenina A. S. Pochvennye tsianoprokarioty i eukariotnye vodorosli [Soil cyanoprokaryotes and eukaryotic algae]. *Flory, likheno- i mikrobioty osobo okhranyaemykh landshaftov basseinov rek Kos'yu i Bol'shaya Synya (Pripolyarnyi Ural, natsional'nyi park "Yugyd va")* [Floras, lichen- and micobiotas of the specially protected landscapes of the Kosyu and Bolshaya Synya river basins (Subpolar Urals, Ugid va national park)]. Moscow: KMK, 2016. 483 p.

Patova E. N., Stenina A. S. Vodorosli [Algae]. *Zhivaya priroda Nenetskogo avt. okruga* [Wild life of Nenets Autonomous Okrug]. Nar'yan-Mar, 2004. P. 50–52.

Patova E. N., Stenina A. S. Vodorosli [Algae]. *Sistemicheskie spiski vidov flory i fauny gos. prirod. zapoved. "Nenetskii" (2001–2006 gg.)* [Systematic lists of species of flora and fauna of the Nenetskii St. Nat. Reserve in 2001–2006]. St. Petersburg: S.-Peterb. un-t, 2007a. 55 p.

Patova E. N., Stenina A. S. Vodorosli i vodnaya rastitel'nost' [Algae and aquatic vegetation]. *Bassein reki Malyy Patok: dikaya priroda* [The Malyy Platok river basin: wild life]. Syktyvkar: Parus, 2007b. P. 161–168.

Patova E. N., Sterlyagova I. N. Tsianoprokarioty v raznotipnykh vodoemakh basseina reki Kos'yu (Pri-polyarnyy Ural) [Cyanoprokaryota in different types of water bodies in Subpolar Ural (Kosyu River Basin)]. *Tr. Kol'skogo nauch. tsentra RAN. Ser. Priklad. ekol. Severa* [Trans. Kola Science Center RAS. Appl. Ecol. of the North]. 2016. Iss. 4. P. 24–39.

Patova E. N., Sterlyagova I. N., Brishkaite R. Vodorosli drugikh otdelov [Algae from other groups]. *Flora, likheno- i mikrobioty osobo okhranyaemykh landshaftov basseinov rek Kos'yu i Bol'shaya Synya (Pri-polyarnyy Ural, natsional'nyi park "Yugyd va")* [Floras, lichen- and micobiotas specially protected landscapes of the Kosyu and Bolshaya Synya river basins (Subpolar Urals, Ugid va national park)]. Moscow: KMK, 2016a. 483 p.

Sterlyagova I. N., Patova E. N. Vodorosli vodoemov v basseinakh rek Kozhym i Shchugor (Pri-polyarnyy Ural) [Algae of reservoirs in the basins of the rivers Kozhym and Shchugor (Subpolar Urals)]. *Nauch. dokl. Komi NTs UrO RAN* [Proceed. Komi SC UB RAS]. Iss. 499. Syktyvkar, 2008. 37 p.

Shirshov P. P. Ekologo-geograficheskii ocherk presnovodnykh vodoroslei Novoi Zemli i Zemli Frantsa-losifa [An ecological and geographical essay of freshwater algae of Novaya Zemlya and Franz Josef Land]. *Tr. Arkt. in-ta* [Proceed. Arctic Inst.]. 1935. Vol. 14. P. 73–162.

Shubina V. N. Gidrobiologiya lososevoi reki Severnogo Urala [Hydrobiology of the salmon river of the Northern Urals]. Leningrad: Nauka, 1986. P. 25–38.

Vinokurova G. V. Fitoepiliton ozera Bol'shoye Shchuch'ye i svyazannykh s nim rek (Polyarnyy Ural) [Phytoepilition of Great Shchuchye Lake and its associated rivers (Polar Urals)]. *Nauchnyi vestnik YANA O* [Scientific Bull. of the YNAO]. 2017. No. 1(94). P. 11–14.

Voronikhin N. N. Vodorosli Polyarnogo i Severnogo Urala [Algae of the Polar Urals and the Subpolar Urals]. *Trudy Leningradskogo obshchestva estestvoispytatelei* [Proceed. Leningrad Society of Naturalists]. 1930. Vol. 60, iss. 3. P. 1–71.

Yarushina M. I. Vodorosli vodoemov Polyarnogo Urala [Algae of the waters of the Polar Urals]. *Nauch. vestnik: Biologicheskkiye resursy Polyarnogo Urala* [Proceed. Biol. resources of the Polar Urals]. Salekhard, 2002. Iss. 10. P. 71–77.

Yarushina M. I. Fitoplankton ozer zapadnogo sklona Polyarnogo Urala [Phytoplankton of the lakes of the western slope of the Polar Urals]. *Nauch. vestnik: Biologicheskkiye resursy Polyarnogo Urala* [Proceed. Biol. resources of the Polar Urals]. 2003. Iss. 3, pt. 2. P. 30–36.

Borge O. Süßwasseralgen von Franz Josefs-Land: gesammelt von der Jackson-Harmsworth'schen Ex-

pedition. *Öfversigt af Kongl. Vetenskaps-akademiens förhandlingar*. Stockholm. 1899. No. 7. P. 751–766 (in German).

Davydov D. Cyanoprokaryotes of the west part of Oscar II Land, West Spitsbergen Island, Spitsbergen archipelago. *Czech Polar Reports*. 2017. Vol. 7. P. 94–108. doi: 10.5817/CPR2017-1-10

Davydov D. Diversity of the Cyanoprokaryota in polar deserts of Innvika cove North-East Land (Nordaustlandet) Island, Spitsbergen. *Czech Polar Reports*. 2016. Vol. 6. P. 66–79. doi: 10.5817/CPR2016-1-7

Davydov D. Diversity of the Cyanoprokaryota in polar deserts of Rijpfjorden east coast, North-East Land (Nordaustlandet) Island, Spitsbergen. *Al-gological Studies*. 2013. Vol. 142. P. 29–44. doi: 10.1127/1864-1318/2013/0082

Davydov D. Diversity of the Cyanoprokaryota of the area of settlement Pyramiden, West Spitsbergen Island, Spitsbergen archipelago. *Folia Cryptogamica Estonica*. 2014. Vol. 51. P. 13–23. doi: 10.12697/fce.2014.51.02

Davydov D., Patova E. The diversity of Cyanoprokaryota from freshwater and terrestrial habitats in the Eurasian Arctic and Hypoarctic. *Hydrobiologia*. 2018. Vol. 811, no. 1. P. 119–138. doi: 10.1007/s10750-017-3400-3

Elfvig F. Anteckningar om Finlands Nostochaceae heterocysteeae. *Meddel. Soc. Pro. Fauna et Flora Fennica*. 1895. H. 21. P. 25–50.

Kim G. H., Klochkova T. A., Han J. W., Kang S.-H., Choi H. G., Chung K. W., Kim S. J. Freshwater and Terrestrial Algae from Ny-Ålesund and Blomstrandhalvøya Island (Svalbard). *Arctic*. 2011. Vol. 64, no. 1. P. 25–21. doi: 10.14430/arctic4077

Komárek J. Cyanoprokaryota 3. Teil: Heterocytous genera. In: B. Büdel, G. Gärtner, L. Krienitz and M. Schlager (eds). *Süßwasserflora von Mitteleuropa 19/3*. Berlin; Heidelberg: Springer Spektrum, 2013. 1133 p.

Komárek J., Anagnostidis K. Cyanoprokaryota 1. Teil: Chroococcales. In: H. Ettl, G. Gärtner, G. Heynig and D. Mollenhauer (eds). *Süßwasserflora von Mitteleuropa 19/1*. Jena; Stuttgart; Lübeck; Ulm: Gustav Fischer, 1998. 548 p.

Komárek J., Anagnostidis K. Cyanoprokaryota 2. Teil: Oscillatoriales. In: B. Büdel, G. Gärtner, L. Krienitz and M. Schlager (eds). *Süßwasserflora von Mitteleuropa 19/2*. Heidelberg: Elsevier/Spektrum, 2005. 759 p.

Komárek J., Kovacik L. Schizotrichacean cyanobacteria from central Spitsbergen (Svalbard). *Polar Biol*. 2013. Vol. 36. P. 1811–1822. doi: 10.1007/s00300-013-1402-9

Komárek J., Kovacik L., Elster J., Komárek O. Cyanobacterial diversity of Petuniabukta, Billefjorden, central Spitsbergen. *Polish Polar Research*. 2012. Vol. 33, no. 4. P. 347–368. doi: 10.2478/v10183-012-0024-1

Kviderová J., Elster J., Šimek M. In situ response of Nostoc commune s. l. colonies to desiccation in Central Svalbard, Norwegian High Arctic. *Fottea*. 2011. Vol. 11. P. 87–97. doi: 10.5507/fot.2011.009

Novichkova-Ivanova L. N. Soil and aerial algae of polar deserts and arctic tundra. *Proc. IV Intern. Meeting on the Biological*. Leningrad, 1972. P. 261–265.

Palinska K. A., Schneider T., Surosz W. Phenotypic and phylogenetic studies of benthic mat-forming cyanobacteria on the NW Svalbard. *Polar Biol.* 2017. doi: 10.1007/s00300-017-2083-6

Patova E. N., Demina I. V. Algae in anthropogenically unaffected water bodies of the Polar Urals. *Inland Water Biology.* 2008. Vol. 1. P. 54–63.

Raabová L., Elster J., Kováčik L. Phototrophic microflora colonizing substrates of man-made origin in Billefjorden Region, Central Svalbard. *Czech Polar Reports.* 2016. Vol. 6. P. 21–30. doi: 10.5817/CPR2016-1-3

Richter D., Matuła J. *Leptolyngbya sieminskae* sp. n. (Cyanobacteria) from Svalbard. *Polish Polar Research.* 2013. Vol. 34. P. 151–168. doi: 10.2478/popore-2013-0009

Stenina A. S., Patova E. N., Noordhuis R. Phytoplankton. *Pechora Delta. Structure and dynamics of the Pechora Delta ecosystems (1995–1999)*. RIZA report number 2000.037. Lelystad, 2000. P. 99–113, 289–308.

Strunecky O., Komárek J., Elster J. Biogeography of Phormidium autumnale (Oscillatoriales, Cyanobacteria) in western and central Spitsbergen. *Polish Polar Research.* 2012. Vol. 33. P. 369–382. doi: 10.2478/v10183-012-0020-5

Thomasson K. Zur planktonkunde Spitzbergens, 1. *Hydrobiologia.* 1958. Vol. 12, no. 2–3. P. 226–236 (in German).

Walker D. A., Reynolds M. K., Daniëls F. J. A., Einarsson E., Elvebakk A., Gould W. A., Katenin A. E., Kholod S. S., Markon C. J., Melnikov E. S., Moskalenko N. G., Talbot S. S., Yurtsev B. A. et al. The Circumpolar Arctic vegetation map. *J. Veget. Sci.* 2005. Vol. 16. P. 267282. doi: 10.1111/j.1654-1103.2005.tb02365.x

Wille N. Ferskvandsalger fra Novaja Semlja samlede af Dr. F. Kjellman paa Nordenskiöld's Expedition 1875. *Öfversigt af kongl. Vet.-Akad. Forhandl.* 1879. No. 5. P. 13–74 (in Danish).

Received September 02, 2018

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Давыдов Денис Александрович

старший научный сотрудник, к. б. н.
Полярно-альпийский ботанический сад-институт
Кольского научного центра РАН
ул. Ферсмана, 18А, Апатиты, Мурманская область, Россия,
184209
эл. почта: d_disa@mail.ru
тел.: 89211758820

CONTRIBUTOR:

Davydov, Denis

Polar-Alpine Botanical Garden and Institute,
Kola Science Center, Russian Academy of Sciences
18A Fersman St., 184209 Apatity, Murmansk Region, Russia
e-mail: d_disa@mail.ru
tel.: +79211758820