

Почвенные водоросли и цианобактерии государственного природного заповедника «Нургуш»

©2014. Л. В. Кондакова^{1,2}, д.б.н., зав. кафедрой, О. С. Пирогова¹, аспирант,
¹Вятский государственный гуманитарный университет,
²Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН,
 e-mail: kaf_eco@vshu.kirov.ru

Проведено сравнительное изучение разнообразия почвенных водорослей и цианобактерий луговых и лесных фитоценозов государственного природного заповедника «Нургуш». Выявлено 102 вида водорослей и цианобактерий. Альгофлора почв заповедника отражает зональный характер. Процентное соотношение основных отделов почвенных водорослей и цианобактерий (ЦБ) близко к процентному их соотношению для почв Кировской области согласно сводным данным по Кировской области. Видовой состав альгофлоры различается в зависимости от типа фитоценоза и типа почвы. Видовое разнообразие микрофототрофов луговых фитоценозов богаче лесных сообществ. В пойменных луговых фитоценозах зелёные водоросли составляют 45,7% видового разнообразия, жёлто-зелёные – 27,1%, ЦБ – 18,6%. Это согласуется с литературными данными, что в экотопах с сомкнутым растительным покровом преобладают зелёные и жёлто-зелёные водоросли. В альгофлоре суходольного луга в видовом отношении доминируют зелёные водоросли (43,6 %) и ЦБ (30,9 %). В спектре жизненных форм преобладают теневыносливые (Х-форма) и требовательные к влажности виды (С-, Х-форма) и виды-убиквисты (Сh-форма). В лесных фитоценозах заповедника и охранной зоны (сосновый лес) выявлено 63 вида водорослей и ЦБ. Доминантами сообществ являются представители Chlorophyta и Xanthophyta. Преобладают водоросли теневыносливые, влаголюбивые, толерантные к действию неблагоприятных факторов. Коэффициенты Сьеренсена-Чекановского почв разных типов лесных фитоценозов составляют от 0,46 до 0,52. В осенних пробах биоценозов пойменных почв большую роль играют диатомовые водоросли и цианобактерии, что связано с завершением сукцессии альгоценоза и повышенной влажностью.

Comparative study of soil algae and cyanobacteria of meadow and forest communities of the State nature sanctuary “Nurgush” was made. 102 species of algae and cyanobacteria were identified. Soil algoflora of reserve has a zonal character. The percentage of the main divisions of soil algae and cyanobacteria (CB) is close to the percentage of their amount to the soil of the Kirov region according to the data aquired on the Kirov region. The species composition of algoflora varies according to the type of phytocenoses and soil types. Species diversity of micro-phototrophs in meadow phytocenoses is richer that in forest communities. In floodplain meadow phytocenoses green algae account for 45.7% of the species diversity, yellow-green – 27.1%, CB – 18.6%. This complies with the published data that in ecotopes with closed vegetation green algae and yellow-green algae dominate. In upland meadow algoflora species of green algae (43.6%) and CB (30.9%) dominate. Among life-forms shade-tolerant life forms (X-form), moisture demanding species (C, X-shape), and species-ubiquists (Ch-form) dominate. In forest plant communities of the reserve and in the buffer zone (pine forest) 63 species of algae and CB were identified. Dominant communities are represented by Chlorophyta and Xanthophyta. Algae which are shade-tolerant, moisture-loving, tolerant to adverse factors predominate. Serensena-Czekanowski index of forest communities soils of different types ranges from 0.46 to 0.52. In autumn samples of bio-coenoces of floodplain soils diatoms and cyanobacteria are prominent, which is determined by the completion of algocoenosis succession and high humidity.

Ключевые слова: государственный природный заповедник «Нургуш», фитоценоз, альгофлора, почвенные водоросли, цианобактерии, жизненная форма.

Keywords: “Nurgush”, phytocoenosis, algoflora, soil algae, cyanobacteria, life form.

Введение

Почвенные водоросли являются фототрофным компонентом почвенной микрофлоры и вносят существенный вклад в жизнь биогеоценозов. Водоросли являются единственной группой продуцентов наземных экосистем, у которых продукция во много раз превышает их биомассу. Выявление их видового состава актуально в рамках изучения биоразнообразия заповедных территорий и в экологическом мониторинге региона.

Сведений по альгофлоре заповедных территорий России немного. Достаточно полно изучена альгофлора почвенных водорослей Центрально-Чернозёмного заповедника [1, 2], выявлено 142 вида почвенных водорослей. Изучалась альгофлора Байкальского заповедника [3], выявлено 140 видов и разновидностей водорослей. Отмечено, что среди зелёных водорослей преобладают представители семейств хлорококковых и хламидомонадовых, а среди ЦБ – ностоковые и осцилляториевые. В работе [4] приведены списки почвенных водорослей

из отдела Chlorophyta Лазовского заповедника Приморского края, указано 26 видов водорослей из порядка хлорококковых и 5 из порядка хлоросарциновых. Отмечено, что для развития этих водорослей наиболее благоприятными экотопами являются открытые, светлые, достаточно увлажнённые участки. В работах [5, 6] имеются сведения о наиболее характерных и доминирующих видах водорослей зональных смешанных лесов Лазовского заповедника Приморского края и Дальневосточного Уссурийского заповедника. Сведения о почвенных водорослях охраняемых территорий Северо-Западного Кавказа (территория Кавказского государственного природного биосферного заповедника) приведены в работе [7], выявлено 65 видов почвенных водорослей. Проведены исследования почвенных водорослей Южно-Уральского государственного природного заповедника и национального парка «Башкирия» [8, 9]. В лесных фитоценозах заповедника было выявлено 44 вида водорослей. Ведущими являлись отделы Chlorophyta (51%) и Cyanobacteria (43%). В почвенных образцах национального парка было выявлено 88 видов и внутривидовых таксонов водорослей. Ведущими являлись отделы Cyanobacteria (63%) и Chlorophyta (19%). Изучается альгофлора охраняемых природных территорий, в том числе национального парка «Югыд-Ва» республики Коми [10, 11].

Наши исследования проведены в государственном природном заповеднике (ГПЗ) «Нургуш», который располагается в излучине правого берега р. Вятки в её среднем течении (рис. 1). Площадь заповедника 5653 га, что составляет 0,02% территории Кировской области. Охранная зона заповедника расположена на боровой террасе и составляет 7998 га. Река Вятка ограждает заповедник с севера, востока и юга, с запада – цепочка пойменных озер и р. Прость. Территория заповедника сложена современными аллювиальными отложениями. Рельеф заповедника типично пойменный, сложен множеством грив и межгривных понижений, обилием озёр-стариц. Лесопокрытая территория составляет 87,4% площади заповедника. Практически повсеместно леса имеют густой подлесок и обильный подрост из липы. Богатый травостой на пойменных лугах и крупных полянах является результатом длительного влияния хозяйственной деятельности человека. Территория заповедника долгие годы использовалась населением как сенокосные угодья и пастбища. Флора заповедника включает 484 вида сосудистых растений [12].

Цель работы: изучить флористический состав и количественные показатели альгофлоры фитоценозов ГПЗ «Нургуш».

Объекты и методы

Пробы почв для анализа были отобраны в 2008–2010 гг. с участков пойменного разнотравно-злакового луга (аллювиальная дерновая среднесуглинистая почва на современном аллювии), суходольного разнотравно-злакового луга (почва дерново-подзолистая легкосуглинистая), дубового леса (почва аллювиальная дерновая тяжелосуглинистая на современном аллювии), липового леса (почва аллювиальная дерновая глинистая на современном аллювии), вязово-липового леса (почва аллювиальная дерновая глинистая), соснового леса (средне-подзолистая песчаная почва) с глубины 0–5 см. В октябре 2012 г. были отобраны пробы в 6 пойменных биогеоценозах заповедника (пойменный разнотравно-злаковый луг таволго-мятликово-костровый, пойменный злаково-разнотравный луг кострово-осоково-таволговый, липово-дубовый лес, дубовый лес, осиново-липовый лес, ивовый лес).

Отбор проб и изучение видового и количественного состава альгофлоры проводили в соответствии с требованиями микробиологических исследований [13]; численность

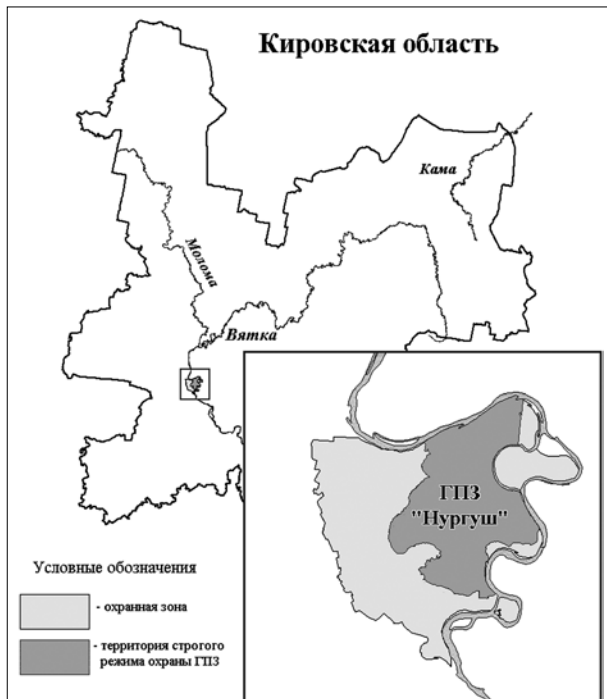


Рис. 1. Географическое положение государственного природного заповедника «Нургуш».

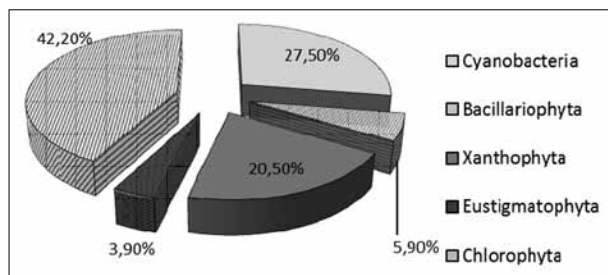


Рис. 2. Соотношение основных отделов альгофлоры ГПЗ «Нургуш».

клеток определяли методом прямого микро-скопирования [14].

Результаты и их обсуждение

В изученных почвах заповедника выявлено 102 вида, в том числе. Cyanobacteria – 28, Bacillariophyta – 6, Xanthophyta – 21, Eustigmatophyta – 4, Chlorophyta – 43 (рис. 2).

Видовой состав альгофлоры различается в зависимости от фитоценоза и типа почвы. В почвах заповедника отмечено значительное видовое разнообразие жёлто-зелёных водорослей, по определению Э. А. Штиной [15] «индикаторов чистых почв». Процентное соотношение основных отделов почвенных водорослей заповедника к процентному соотношению альгофлоры по Кировской области по сводным данным [16] представлено в таблице 1.

Таксономическая структура водорослей заповедника приведена в таблице 2.

Пропорции флоры для лесной зоны по сводным данным [17] составляют: виды/роды=2,4; виды/семейства=4,0; роды/семей-

ства=1,7. Приведённые нами данные в ГПЗ «Нургуш» имеют близкие значения: $v/p=2,2$; $v/c=3,3$; $p/c=1,5$.

Альгофлора луговых фитоценозов представлена 83 видами (табл. 3). Наиболее богата в видовом отношении альгофлора пойменного разнотравно-злакового луга. По числу видов преобладают зелёные водоросли – 45,7%. Жёлто-зелёные водоросли составляют 27,1%, ЦБ – 18,6%. Согласно литературным данным, в экотопах с сомкнутым растительным покровом преобладают зелёные и жёлто-зелёные водоросли [18]. Доминантами сообщества являлись *Nostoc punctiforme*, *Phormidium autumnale*, *Chlamydomonas gloeogama*, *Pleurochloris pyrenoidosa*, *P. commutata*, *Monodus subglobosa*, *Eustigmatos magnus*, *Botrydiopsis eriensis*, *Hantzschia amphioxys*. Экологический анализ альгофлоры пойменного луга выявил высокий процент эдафотрофных видов – 97,1. Спектр жизненных форм – $X_{20}Ch_{12}C_{11}P_{11}H_8V_6hydr_2$. Преобладают теневыносливые и требовательные к влажности виды (X-, C-форма) и виды-убииквисты (Ch-форма), способные при благоприятных условиях разрастаться на поверхности почвы. Отмечено разнообразие представителей P-формы – нитевидных ЦБ, обладающих ксероморфной структурой и тяготеющих к голым участкам почвы.

Видовое разнообразие водорослей суходольного луга представлено 55 видами (табл. 3, рис. 3). В данном сообществе доминирующие позиции в видовом отношении занимают зелёные водоросли (43,6%) и ЦБ (30,9%). Доминантами сообщества являлись *Nostoc linckia*, *Phormidium autumnale*, *Ph. formosum*,

Таблица 1

Состав водорослей в почвах ГПЗ «Нургуш» и Кировской области (1 – число видов, 2 – процент)

Объект	Cyanobacteria		Chlorophyta		Xanthophyta и Eustigmatophyta		Bacillario-phyta		Всего видов	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Сводные данные по Кировской обл. [16]	166	27,7	239	39,9	122	20,4	66	11,0	599*	100
ГПЗ «Нургуш»	28	27,5	43	42,2	25	24,5	6	5,9	102	100

* – встретились представители других отделов

Таблица 2

Систематический спектр водорослей ГПЗ «Нургуш»

Отдел	Число таксонов			
	Порядков	Семейств	Родов	Видов
Cyanobacteria	2	7	9	28
Chlorophyta	9	13	22	43
Xanthophyta	3	6	10	21
Eustigmatophyta	1	1	2	4
Bacillariophyta	2	4	5	16
Всего	17	30	48	102

Коэффициент аридности *Cyanophyta/Chlorophyta*=0,64.
Отношение *Cyanophyta/Xanthophyta*=1,13.

Таблица 3

Видовой состав водорослей под луговыми фитоценозами ГПЗ «Нургуш»

Фитоценозы	Число видов водорослей											
	Cyanophyta		Bacillariophyta		Xanthophyta		Eustigmatophyta		Chlorophyta		Всего	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Пойменный разнотравно-злаковый луг	13	18,6	6	8,6	15	21,4	4	5,7	32	45,7	70	100
Суходольный разнотравно-злаковый луг	17	30,9	4	7,3	6	10,9	4	7,3	24	43,6	55	100
Всего в луговых фитоценозах	22	26,5	6	7,2	18	21,7	4	4,8	33	39,8	83	100

Примечание: 1 – число видов; 2 – процент.

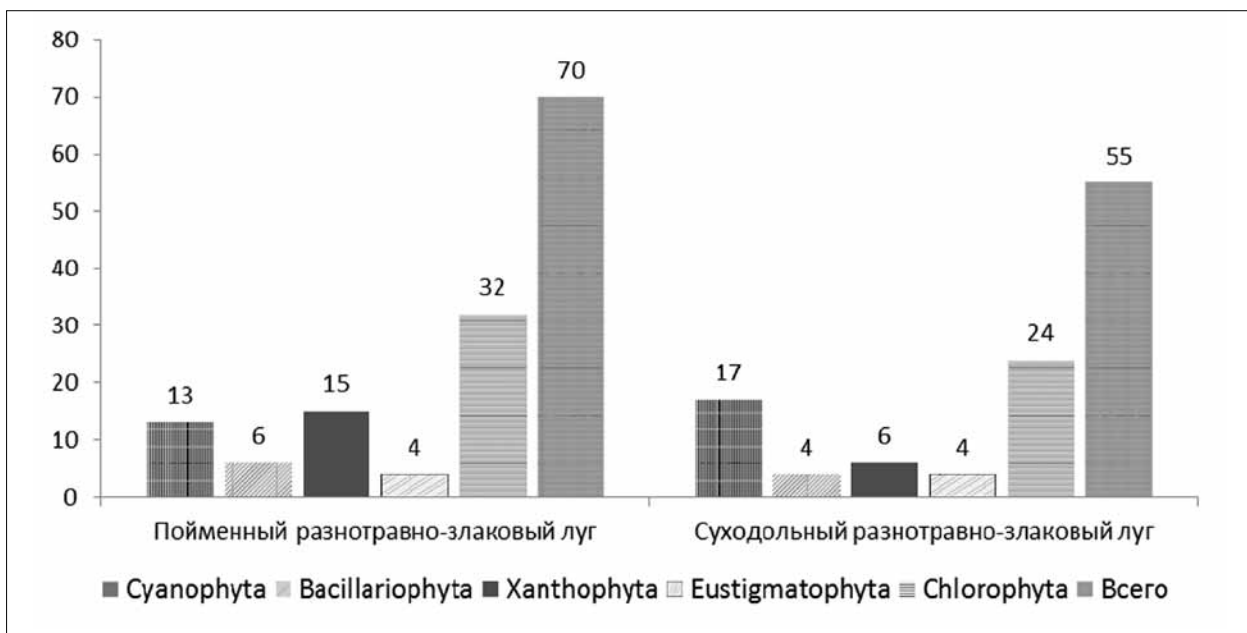


Рис. 3. Видовой состав почвенных водорослей и цианобактерий под луговыми фитоценозами ГПЗ «Нургуш» (по оси ординат – число видов).

Eustigmatos magnus, *Pleurochloris pyrenoidosa*, виды родов *Chlamydomonas*, *Chlorococcum*, *Klebsormidium flaccidum*.

Эдафотфильные виды суходольного луга составляют 98,2% от флористического богатства. Спектр жизненных форм: $C_{16}X_{12}P_{10}Ch_7H_5B_4hydr_4$. На первое-второе места выходят виды теневыносливые, обитающие и в толще почвы, и формирующие при благоприятных условиях тонкие слизистые плёнки на её поверхности. С-форма включает и азотфиксаторы, представленные на изучаемом лугу видами: *Cylindrospermum licheniforme*, *C. muscicola*, *Nostoc punctiforme*, *N. linckia*, *N. paludosum*, *Tolypothrix tenuis*.

Коэффициент флористической связи Сьеренсена-Чекановского пойменного и суходольного лугов равняется 0,64, что указывает на умеренное сходство сравниваемых флор.

В лесных фитоценозах заповедника и охранной зоны (сосновый лес) выявлено 63 вида водорослей (табл. 4, рис. 4).

На видовое разнообразие почвенных водорослей существенное влияние оказывают свойства почвы [19, 20]. Во всех почвах изученных лесных фитоценозов преобладают зелёные и желто-зелёные водоросли. Это согласуется с литературными данными о видовом составе водорослей лесных почв [18, 19, 21–27].

Наименьшее видовое разнообразие водорослей отмечено в липовом лесу, что, вероятно, связано с большей затенённостью почвы данного участка из-за развитого подлеска и обилия папоротника страусника обыкновенного. Доминантами сообщества являлись жёлто-зелёные и зелёные водоросли: *Monodus coccomyxa*, *Eustigmatos magnus*, *Pleurochlo-*

Таблица 4

Видовой состав водорослей под фитоценозами лесной растительности ГПЗ «Нургуш»

Фитоценозы	Число видов водорослей											
	Cyanophyta		Bacillariophyta		Xanthophyta		Eustigmatophyta		Chlorophyta		Всего	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Сосновый лес	7	18,4	2	5,3	5	13,2	1	2,6	23	60,5	38	100
Дубовый лес	7	18,9	1	2,7	9	24,3	2	5,4	18	48,7	37	100
Липовый лес	1	4,2	1	4,2	8	33,3	1	4,2	13	54,1	24	100
Вязово-липовый лес	12	37,5	2	6,3	3	9,4	1	3,1	14	43,7	32	100
Всего видов	16	25,4	3	4,8	13	20,6	2	3,2	29	46,0	63	100

Примечание: 1 – число видов; 2 – процент.

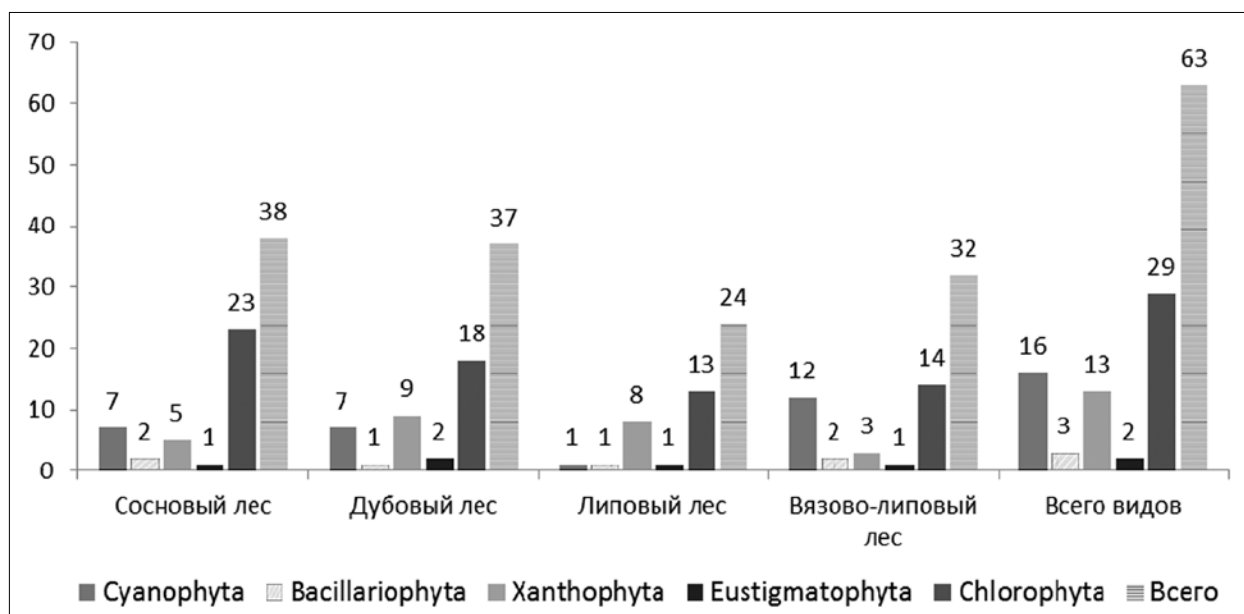


Рис. 4. Видовой состав почвенных водорослей и цианобактерий под лесными фитоценозами ГПЗ «Нургуш» (по оси ординат – число видов).

ris lobata, *P. commutata*, *Chlorella vulgaris*, *Stichococcus chodatii*. Состав жизненных форм: $X_8C_6Ch_6P_1H_1V_1amph_1$. Характерными являются представители X-, C- и Ch-форм – видов теневыносливых, влаголюбивых, устойчивых к действию неблагоприятных факторов.

Более богатое в видовом отношении сообщество водорослей выявлено в дубовом и вязово-липовом лесах. Доминантами сообщества водорослей дубового леса являлись *Chlamydomonas gloeogama*, *Bracteacoccus minor*, *Klebsormidium flaccidum*, *Monodus pyreniger*, *M. coccomyxa*, *Xanthonema exile*. Спектр жизненных форм – $X_{11}Ch_9C_6P_5H_4V_1hydr_1$. В вязово-липовом лесу, по сравнению с другими лесными фитоценозами, отмечено большее разнообразие видов зелёных водорослей. В состав видов доминирующего комплекса входят ЦБ, зелёные и жёлто-зелёные водоросли: *Nostoc punctiforme*, *Phormidium formosum*,

виды рода *Chlamydomonas*, *Chlorella vulgaris*, *Stichococcus minor*, *Klebsormidium nitens*, *Botrydiopsis arhiza*, *Botrydiopsis eriensis* и *Xanthonema bristolianum*. Состав жизненных форм: $C_9P_8Ch_7X_3H_2V_2amph_1$. Преобладают виды влаголюбивые, устойчивые к неблагоприятным условиям.

Сообщество почвенных водорослей соснового леса характеризуется преобладанием зелёных водорослей (62,2%). Доминантами являлись *Chlamydomonas gloeogama*, *Ch. elliptica*, *Chlorella vulgaris*, *Chlorococcum sp.*, *Coccomyxa confluens*, *Stichococcus bacillaris*. В данном сообществе отмечено меньшее, чем в липовом и дубовом лесах заповедника, разнообразие жёлто-зелёных водорослей, чувствительных к антропогенной нагрузке. Спектр жизненных форм соснового леса: $C_{14}Ch_9X_4P_3H_3V_2amph_1hydr_1$. Преобладают водоросли теневыносливые, влаголюбивые, толерантные к действию неблагоприятных факторов.

Таблица 5

Коэффициенты Сьеренсена-Чекановского почв лесных фитоценозов ГПЗ «Нургуш»

Фитоценозы	Дубовый	Липовый	Вязово-липовый	Сосновый
Дубовый		0,49	0,52	0,49
Липовый			0,46	0,49
Вязово-липовый				0,51
Сосновый				

Таблица 6

Почвенные водоросли лесных фитоценозов ГПЗ «Нургуш»

Отдел	Виды водорослей	По данным [21]	Лесные фитоценозы ГПЗ «Нургуш»
Cyanobacteria	<i>Nostoc linckia</i> (Roth) Born. et Flah. f. <i>muscorum</i> (Ag.) Elenk.	+	+
	<i>Nostoc punctiforme</i> (Kütz.) Hariot	+	+
	<i>Phormidium autumnale</i> (Ag.) Gom.	+	+
	<i>Leptolyngbya foveolarum</i> (Rambenh. ex Gom.) Anagn. et Kom.	+	+
Bacillariophyta	<i>Luticola mutica</i> (Kütz.) Mann in Round et al.	+	+
	<i>Pinnularia borealis</i> Ehr.	+	+
	<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehr.) Grun. in Cleve et Grun.	+	+
Xanthophyta + Eustigmatophyta	<i>Eustigmatos magnus</i> (B. Petersen) Hibberd	+	+
	<i>Pleurochloris pyrenoidosa</i> Pasch.	+	+
	<i>Botrydiopsis arhiza</i> Borzi	+	+
	<i>Monodus subterranea</i> (B. Petersen) Hibb.	+	–
	<i>Characiopsis borziana</i> Lemm.	+	–
	<i>Characiopsis minutissima</i> Pasch.	+	+
Chlorophyta	<i>Chlamydomonas debaryana</i> Gorosch. var. <i>atactogama</i> (Korsch.) Gerloff	+	–
	<i>Ch. elliptica</i> Korsch. in Pascher	+	–
	<i>Ch. globosa</i> Snow	+	+
	<i>Ch. gloeogama</i> Korsch. in Pascher var. <i>gloeogama</i>	+	+
	<i>Radiosphaera dissecta</i> (Korsch.) Starr	+	–
	<i>Chlorococcum infusionum</i> (Schrank) Menegh.	+	+
	<i>Bracteacoccus minor</i> (Chodat) Petrova	+	+
	<i>Kentrosphaera bristolae</i> G. M. Smith	+	–
	<i>Chlorella vulgaris</i> Beijer. var. <i>vulgaris</i>	+	+
	<i>Chloroplana terricola</i> Hollerb.	+	–
	<i>Coccomyxa solorinae</i> Chod.	+	+
	<i>Klebsormidium flaccidum</i> (Kütz.) Silva et al.	+	+
	<i>Stichococcus minor</i> Näg.	+	+
Всего		26	19

Коэффициенты Сьеренсена-Чекановского почв лесных фитоценозов указаны в таблице 5. Значение коэффициента показывает умеренное сходство сравниваемых альгофлор.

Отмечено 26 видов водорослей [21], которые встречаются в почвах лесных экосистем более чем в 25 местонахождениях. Большинство из этих видов отмечено и в почвах изученных нами лесных экосистем (табл. 6).

Количественный анализ альгофлоры почв изученных фитоценозов представлен в таблице 7.

В осенних пробах фитоценозов (кроме осиново-липового леса) основную численность водорослей составляли диатомеи. Их численность колебалась от 27 до 140 тыс. кл. в 1 г абс. сух. почвы. В фитоценозе осиново-липового леса основную численность клеток составляли безгетероцистные цианобактерии – 392 тыс. кл. в 1 г почвы. Зелёные и жёлто-зелёные водоросли в осенних пробах при прямом микроскопировании не были обнаружены. Массовое развитие диатомей в осенний период при благоприятной влажности – сезонное явление, наблюдаемое нами и отмеченное в литературе.

Таблица 7

Количество клеток водорослей в почвах пойменных биоценозов ГПЗ «Нургуш»

№	Фитоценоз	Тип почвы	Количество клеток (тыс. кл./1 г почвы)			Доминанты
			Суанобактерия	Вацциларии	Всего	
1	Липово-дубовый лес клеверо-снытево-костровый	Аллювиальная дерновая суглинистая на современном аллювии	–	28,6±4,8	28,6±4,8	<i>Pinnularia borealis</i> , <i>Hantzschia amphioxys</i>
2	Дубняк чинно-подмаренниково-снытево-клеверный	Аллювиальная дерновая суглинистая на современном аллювии	–	27,3±3,8	27,3±3,8	<i>Pinnularia borealis</i> , <i>Luticola mutica</i>
3	Ивняк горцево-двуклосточниково-осоковый	Аллювиальная дерновая	–	140,3±16,1	140,3±16,1	<i>Pinnularia borealis</i> , <i>Hantzschia amphioxys</i> , <i>Nitzschia palea</i>
4	Пойменный разнотравно-злаковый луг таволгомятликово-костровый	Аллювиальная дерновая суглинистая	–	57,7±10,4	57,7±10,4	<i>Pinnularia borealis</i> , <i>Hantzschia amphioxys</i>
5	Осиново-липовый лес хвощово-будрово-снытевый	Аллювиальная дерновая суглинистая	391,7±82,3	54,1±7,5	445,8±89,8	<i>Plectonema sp.</i> , <i>Pinnularia borealis</i> , <i>Hantzschia amphioxys</i>
6	Пойменный злаково-разнотравный луг кострово-осоково-таволговый	Аллювиальная дерновая средне-суглинистая	–	121,4±19,4	121,4±19,4	<i>Pinnularia borealis</i> , <i>Hantzschia amphioxys</i> , <i>Nitzschia palea</i>

– не встречено.

Заключение

Альгофлора почв фитоценозов ГПЗ «Нургуш» разнообразна и отражает зональный характер. Процентное соотношение основных отделов почвенных водорослей близко к сводным данным по Кировской области. Альгофлора почв заповедника различается в зависимости от типа фитоценоза и типа почвы. Под травянистой растительностью видовое разнообразие богаче лесных фитоценозов. В почвах заповедника отмечен более высокий процент жёлто-зелёных водорослей. Альгофлора пойменного луга имеет низкое видовое разнообразие азотфиксирующих видов ЦБ, характерных для пойменных почв. Предположительно это связано с загрязнением пойменных почв во время разлива р. Вятки и требует дополнительного изучения. В осенних пробах пойменных почв заповедника доминантами сообществ являются диатомовые водоросли, составляя от 27 до 140 тыс. клеток на 1 грамм почвы.

Литература

1. Штина Э.А. Особенности сообществ водорослей в мощных черноземах Центрально-Черноземного заповедника // Тр. Центр.-Чернозем. заповедника. 1965. Т. 9. С. 146–155.

2. Носкова Т.С. Сезонная динамика водорослей в мощном черноземе Центрально-Черноземного заповедника // Микробиологические основы повышения плодородия почвы. Таллинн, 1978. С. 80–82.

3. Перминова Г.Н., Гутишвили И.С., Китаев Е.В. Почвенные водоросли фитоценозов Байкальского заповедника // Водоросли, лишайники, грибы и мохообразные в заповедниках РСФСР. М., 1989. С. 17–25.

4. Андреева В.М., Чаплыгина О.Я. Почвенные хлорококковые и хлоросарциновые водоросли Лазовского заповедника (Приморский край) // Новости систематики низших растений. Л., 1989. Т. 26. С. 7–17.

5. Костиков И.Ю. Альгогруппировки некоторых почв Уссурийского заповедника (Приморский край, Россия) // Альгология. 1994. Т. 4. № 4. С. 40–44.

6. Костиков И.Ю. Почвенные водоросли Лазовского заповедника (Дальний Восток, Россия) // Альгология. 1993. Т. 3. № 1. С. 62–66.

7. Криворотов С.Б., Володина О.В. К изучению почвенных водорослей охраняемых территорий Северо-Западного Кавказа // Успехи современного естествознания. 2003. № 12. С. 92–93.

8. Дубовик И.Е., Шарипова М.Ю., Закирова З.Р. Сине-зелёные водоросли почв особо охраняемых природных территорий Предуралья и Южного Урала // Почвоведение. 2007. Т. 40. № 2. С. 184–188.

9. Рахматуллина И.В. Биоразнообразие цианобактериально-водорослевых ценозов в зоне рекреации

территории национального парка «Башкирия». Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Уфа. 2008. 16 с.

10. Патова Е.Н. Водоросли в почвах и водоёмах бассейна р. Подчерем на территории национального парка «Югд-ва» // Состояние природных комплексов особо охраняемых территорий Урала: Тез. докл. науч.-практ. конф. Сыктывкар. 2000. С. 122–123.

11. Патова Е.Н. Первые сведения о сине-зелёных водорослях Ненецкого заповедника // Новости систематики высших растений. СПб: Наука, 2001. Т. 34. С. 34–38.

12. Тарасова Е.М., Кондрухова С.В., Целищева Л.Г. Государственный природный заповедник «Нургуш» // Теоретическая и прикладная экология. 2009. № 2. С. 90–97.

13. Штина Э.А., Голлербах М.М. Экология почвенных водорослей. М.: Наука, 1976. 143 с.

14. Домрачева Л.И. «Цветение» почвы и закономерности его развития. Сыктывкар. 2005. 336 с.

15. Штина Э.А. Почвенные водоросли как экологические индикаторы // Ботанический журнал. 1990. Т. 75. № 4. С. 441–452.

16. Штина Э.А. Флора водорослей бассейна реки Вятки. Киров, 1997. 96 с.

17. Кузяхметов Г.Г. Водоросли зональных почв степи и лесостепи / Под ред. Б.М. Миркина. Уфа: РИО БашГУ, 2006. 286 с.

18. Штина Э.А., Зенова Г.М., Манучарова Н.А. Альгологический мониторинг почв // Почвоведение. 1998. № 12. С. 1449–1461.

19. Lund B.J.W.G. Observations on soil algae // *New Phytologist.*, 1947. V. 46. № 1. P. 35–60.

20. Lukesova A. Soil algae in Brown Coal and Lignite Post-Mining areas in Central Europe (Czech Republic and Germany) // *Restoration Ecology.* 2001. V. 9. № 4. P. 341–350.

21. Алексахина Т.И., Штина Э.А. Почвенные водоросли лесных биогеоценозов. М.: Наука, 1984. 148 с.

22. Новаковская И.В., Патова Е.Н., Новаковский А.Б. Почвенные водоросли еловых лесов и изменение их группировок в условиях аэротехногенного загрязнения. Сыктывкар, 2006. 32 с. (Научные доклады / Коми научный центр УрО РАН; Вып. 487)

23. Новаковская И.В., Патова Е.Н. Почвенные водоросли еловых лесов и изменения в условиях аэротехногенного загрязнения. Сыктывкар, 2011. 128 с.

24. Starks T.L., Shubert L.E., Trainor F.R. Ecology of soil algae: a review // *Phycological.* 1981. V. 20 (1). P. 65–80.

25. Lukesova A., Hoffmann L. Soil algae from acid rain impacted forest areas of the Krusne hory Mts. 1. Algal communities // *Vegetatio.* 1996. V. 125. P. 123–136.

26. Myers P.E., Davis J.S. Recolonization of soils by algae in a northcentral Florida pine forest after controlled fire and soil sterilization // *Nova Hedwigia.* 2003. V. 76. P. 207–219.

27. Maltseva I.A. Soil algae of forest ecosystems of steppe area of Ukraine // *Algae in terrestrial ecosystems: Abstracts International Conference.* Kaniv. 2005. P. 49.