

УДК 582.272: 574.586[470.2: 556.53]

## ФИТОПЕРИФИТОН РЕК ЗЕЛЕННОГО ПОЯСА ФЕННОСКАНДИИ

**С. Ф. Комулайнен**

*Институт биологии Карельского научного центра РАН*

По результатам многолетних исследований охарактеризованы особенности таксономической структуры фитоперифитона 19 рек Зеленого пояса Фенноскандии, расположенных вдоль российско-финляндской границы. Дан сравнительный анализ видового состава и относительного обилия видов, оценена роль надвидовых таксонов в формировании альгофлоры обрастаний. Рассмотрены закономерности формирования структуры и пространственной динамики фитоперифитона, связанные с географическим положением и морфометрией водосборов рек.

**Ключевые слова:** фитоперифитон, реки, Зеленый пояс Фенноскандии.

### **S. F. Komulainen. PHYTOPERIPHYTON IN RIVERS OF THE GREEN BELT OF FENNOSCANDIA**

The taxonomic structure of attached algal communities in 19 rivers in the Green Belt of Fennoscandia along the Russian-Finnish border was described using the results of long-term studies. The species compositions and relative species abundance are compared; the role of supraspecific taxa in the formation of attached algal communities is evaluated. The patterns in the phytoperiphyton spatial dynamics related to the geographical position and river catchment morphometry are discussed.

**Key words:** phytoperiphyton, rivers, Green Belt of Fennoscandia.

### **Введение**

Альгологические исследования на территории Республики Карелия ведутся более ста лет [Комулайнен и др., 2006а; Комулайнен, 2007а, 2011], однако для многих водоемов и водотоков инвентаризация альгофлоры все еще актуальна. Несмотря на прогресс в изучении влияния абиотических факторов на структуру и функционирование альгоценозов, комплексная оценка роли широтной неоднородности, особенностей ландшафта и морфометрии водоема остается одной из важных задач гидробиологии. До сих пор в исследованиях структуры и продуктивности альгоценозов, как и в большинстве регионов, основное внимание

уделялось фитопланктону озер [Куликова и др., 2009]. Альгоценозы обрастаний, отличающиеся значительной спецификой видового состава, временной и пространственной динамикой, долгие годы не были объектом регулярных наблюдений. Это затрудняет оценку организации и функционирования речных экосистем, которая особенно важна для Восточной Фенноскандии, где густота речной сети колеблется от 0,30 до 0,35 км/км<sup>2</sup> [Григорьев, 1956], превышая 56 км/км<sup>2</sup> на Западно-Карельской возвышенности [Доманицкий и др., 1971].

Сообщества прикрепленных водорослей (фитоперифитон) наиболее характерны для малых рек, где играют значительную роль в формировании видового разнообразия и

балансе органического вещества. Они важны и с практической точки зрения, прежде всего, для разработки систем биоиндикации качества окружающей среды [Wetzel, 1979, 1983a, 1983b; Whitton, 1984; Komulainen, 2002c, 2004; Комулайнен, 2004б].

В задачу наших исследований входили определение и оценка особенностей формирования видового состава и эколого-географической структуры фитоперифитона рек, расположенных в пределах Зеленого пояса.

### Характеристика рек

Исследованные реки расположены на территории Республики Карелия от Ладожского озера до границы с Мурманской областью (рис. 1), относятся к бассейнам Белого и Балтийского морей и являются верховьями наиболее крупных рек Республики Карелия (Кемь) и Ленинградской области (Вуокса). Они типичны для гидрографической сети Европейского Севера России. Водоразделы рек слабо выраже-

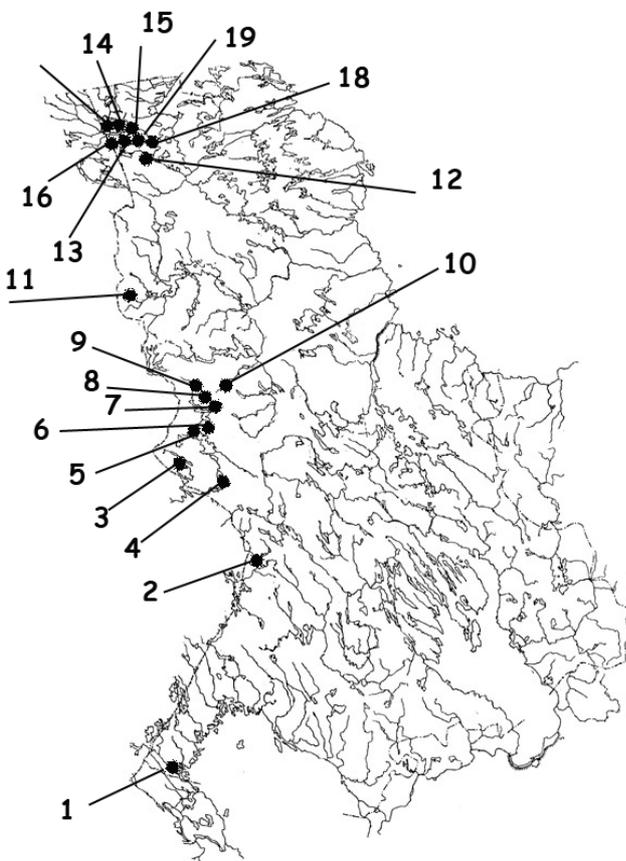


Рис. 1. Карта-схема расположения исследованных рек

1 – Хиитоланйоки, 2 – Койтайоки, 3 – Короппи, 4 – Лендерка, 5 – Омельяньйоки, 6 – Черная, 7 – Мурдайоки, 8 – Лабайоки, 9 – Юдало, 10 – Пижма, 11 – Вуокинйоки, 12 – Тавойоки, 13 – Оланга, 14 – Мянтьюйоки, 15 – Муткайоки, 16 – Селкяйоки, 17 – Силтайоки, 18 – Нурис, 19 – Лохи

ны, с плоской заболоченной поверхностью. На севере исследованной территории преобладают аапа (до 30% площади всех болот) и травяно-сфагновые мезотрофные болота. Общая заболоченность 15–20%. Приладожье – это район травяно-сфагновых мезотрофных болот. Заболоченность здесь изменяется от 4 (бассейн р. Хиитоланйоки) до 10% (бассейн р. Койтайоки) [Елина, Кузнецов, Максимов, 1984; Токарев, 1998]. Порожистые участки мелководные, неширокие, со скоростями течения до 2–3 м/с. Грунты на плесах песчаные и песчано-галечные, часто заиленные; на порожистых участках и перекатах песчано-каменистые с большим количеством валунов и скал [Ресурсы поверхностных вод, 1972; Карпечко, 1994]. Основные характеристики гидрологического режима исследованных рек и их водосборов приведены в табл. 1.

Таблица 1. Характеристика исследованных рек

№ п/п	Реки	Длина, км	Характеристика водосборов			Средний многолетний	
			S	LS	WL	расход воды	модуль стока
			км <sup>2</sup>	%	%	м <sup>3</sup> /с	л/с/км <sup>2</sup>
1	Хиитоланйоки	62	1370	13,5	4,0	14,7	11,0
2	Койтайоки	108	2185	5,8	10,0	24,0	11,0
3	Короппи	5	325	10,0	8,0	3,6	11,0
4	Лендерка	181	3990	12,2	15,0	46,3	11,6
5	Омельяньйоки	15	1850	17,0	9,5	0,8	10,8
6	Черная	2	75	15,0	7,2	2,3	10,8
7	Мурдайоки	52	210	5,0	17,5	1,8	10,8
8	Лабайоки	24	167	5,0	24,5	2,0	10,8
9	Юдало	30	189	5,0	16,0	0,8	10,8
10	Пижма	160	250	5,0	26,0	2,8	11,0
11	Вуокинйоки	64	1181	8,0	15,0	13,5	11,4
12	Тавойоки	20	120	8,0	11,0	1,4	11,8
13	Оланга	137	5670	7,0	23,0	66,9	11,8
14	Мянтьюйоки	12	40	3,0	10,0	0,5	11,5
15	Муткайоки	12	30	3,0	8,0	0,3	11,5
16	Селкяйоки	7	45	3,0	11,0	0,5	11,5
17	Силтайоки	10	35	3,0	9,0	0,4	11,4
18	Нурис	33	151	3,0	8,0	1,7	11,4
19	Лохи	10	30	3,0	13,0	0,3	11,4

Примечание. S – площадь водосбора, LS – озерность, WL – заболоченность.

По минерализации реки относятся к ультрапресным. Во время половодья она не превышает 40 мг/л, увеличиваясь до 60–90 мг/л в период летней и зимней межени. Для большинства рек характерна слабкокислая реакция (рН около 7), которая снижается в реках с высокой заболоченностью водосборов (р. Мурдайоки, Лабайоки, Пижма и Юдало) до 5,8–6,2. Высокой заболоченностью водосборов объясняется также повышенная цветность (200–300°) вод.

Содержание всех форм азотистых веществ в водах исследованных рек невысоко. Нитритные ионы обычно отсутствуют. Концентрация N-NO<sub>3</sub> изменяется от 0,1 до 0,5 мгN/л, N-NH<sub>4+</sub> не превышает 0,08 мгN/л, а N-Норг – 0,2–1,5 мгN/л. Отмечено очень низкое содержание фосфатов: концентрация P<sub>общ</sub> изменяется от 10 до 70 мкг P/л, а P<sub>мин</sub> – от 2 до 3 мкг P/л [Современное состояние..., 1998; Состояние..., 2007].

## Материал и методика

Материалом для настоящей работы послужили результаты исследований автора, проведенных в 2005–2010 гг., и итоги ранее выполненных работ [Власова и др., 1997, 1998а, б, в; Комулайнен, 1995, 1996, 2000; 2003б, в; Komulaunen, 2003, 2008, 2009].

Пробы перифитона отбирали в период летней межени с воздушно-водных (*Phragmites australis* (Cav.) Trin, ex Steud., *Equisetum fluviatile* (L.) и погруженных (*Fontinalis* spp., *Hydrohypnum* spp., *Myriophyllum* spp.) макрофитов, а также с камней по стандартной методике [Комулайнен, 2003а; CEN, 2005].

Для оценки роли отдельных таксонов в формировании группировок вычисляли час-

тоту встречаемости (pF), а также частоту (DF) и порядок доминирования  $Dt = DF/(pF \times 100)$ , средневзвешенное относительное обилие видов по численности (N %) и биомассе (B %). Виды с удельным относительным обилием >10 % в перифитоне отдельных станций отнесены к доминирующему комплексу. Сравнительный анализ альгофлоры перифитона отдельных рек и их участков сделан на основе данных, полученных при таксономической обработке количественных проб. Для общей характеристики альгофлоры использованы и результаты качественных сборов. Кластерный анализ выполнен по данным об относительной численности видов. Реки группировались при помощи алгоритма Евклидовой дистанции методом Варда (пакет программ Statistica).

## Результаты и обсуждение

В перифитоне 19 исследованных рек определены 215 таксонов водорослей рангом ниже рода, относящихся к 72 родам, 38 семействам, 17 порядкам и 4 отделам: Cyanophyta – 29, Bacillariophyta – 141, Chlorophyta – 41, Rhodophyta – 4 (табл. 2).

Таблица 2. Водоросли перифитона 19 рек Зеленого пояса Фенноскандии (Республика Карелия, Россия)

Таксоны	Реки		
<b>Cyanophyta</b>			
пор. Chroococcales		<i>C. fusca</i> (Kütz.) Born. et Flah.	12
сем. Merismopediaceae		<i>C. gypsophila</i> (Kütz.) Thur.	3, 4, 12, 13, 15–18
<i>Merismopedia elegans</i> A. Br.	2, 7, 9, 11	<i>C. parietina</i> (Nag.) Thur.	3, 11
сем. Microcystidaceae		<i>C. ramenskii</i> Elenk.	15
<i>Microcystis aeruginosa</i> Kütz.	15	<i>Rivularia aquatica</i> (de Wild.) Geitl.	13, 15
сем. Gloeocapsaceae		<i>R. dura</i> Roth.	5
<i>Gloeocapsa limnetica</i> (Lemm.) Hollerb.	18	<i>R. planctonica</i> Elenk.	15
пор. Stigonematales		пор. Oscillatoriales	
сем. Stigonemataceae		сем. Oscillatoriaceae	
<i>Stigonema mamillosum</i> (Lyngb.) Ag.	3, 4, 6, 7, 11, 12, 15, 18	<i>Oscillatoria agardhii</i> Gom.	1, 4
<i>Hapalosiphon fontinalis</i> (Ag.) Born.	2, 7, 8, 9	<i>O. irrigua</i> (Kütz.) Gom.	3, 15
сем. Capsosiraceae		<i>O. limosa</i> Ag.	2
<i>Capsosira brebissonii</i> Kütz.	1–3	<i>O. sancta</i> (Kütz.) Gom.	1
пор. Nostocales		<i>O. tenuis</i> Ag.	1, 2, 4
сем. Nostocaceae		<i>Phormidium ambiguum</i> Gom.	13
<i>Nostoc coeruleum</i> Lyngb.	15	<b>Bacillariophyta</b>	
<i>N. commune</i> (Vauch.) Elenk.	14–16	пор. Thalassiosirales	
<i>N. verrucosum</i> Vauch.	6–8	сем. Stephanodiscaceae Makar.	
<i>N. zeterstedtii</i> (Aresch.) Elenk.	13	<i>Stephanodiscus dubius</i> (Frich.) Hust.	12, 13
сем. Anabaenaceae		<i>Cyclostephanos dubius</i> (Fricke.) Round	12, 13
<i>Anabaena affinis</i> Lemm.	15	<i>Cyclotella bodanica</i> Eulenk.	11
сем. Scytonemataceae		<i>C. comta</i> (Ehr.) Kütz.	4, 13–15
<i>Scytonema crispum</i> (Ag.) Born.	3	<i>C. kuetzingiana</i> Thwait.	15, 17
<i>Tolypothrix elenkinii</i> Hollerb.	17	<i>C. meneghiniana</i> Kütz.	12, 13, 17, 18
<i>T. saviczii</i> Kossinsk	5, 7, 8, 10, 11, 13, 15, 17	<i>C. stelligera</i> Cl et Grun.	4
<i>T. tenuis</i> Kütz.	13–15, 18	пор. Pseudopooisiales	
сем. Rivulariaceae		сем. Radialiplicataceae	
<i>Calothrix braunii</i> Born. et Flah.	9, 15, 16	<i>Ellerbeckia arenaria</i> (Moore ex Ralfs) Crawford	13

Продолжение табл. 2

Таксоны	Реки		
пор. Melosirales		<i>E. septentrionalis</i> Østr.	15
сем. Melosiraceae		<i>E. sudetica</i> O. Müll.	2–5, 7, 11, 18
<i>Melosira undulata</i> (Ehr.) Kütz.	1	<i>E. tenella</i> Hust.	2
<i>M. varians</i> Ag.	11	<i>E. valida</i> Hust.	4, 13, 17
пор. Aulacosirales		<i>E. veneris</i> (Kütz.) O. Müll.	2, 13–16
сем. Aulacosiraceae		сем. Achnanthaceae	
<i>Aulacosieira distans</i> (Ehr.) Simonsen.	2–4, 9, 12, 13, 18	<i>Cocconeis disculus</i> var. <i>diminuta</i> (Pant) Shesh.	14
<i>A. islandica</i> (O. Müll) Simonsen.	4, 11	<i>C. placentula</i> Ehr. var. <i>placentula</i>	1, 2, 4, 5, 9, 12–19
<i>A. italica</i> (Kütz.) Simonsen. var. <i>italica</i>	1–6, 8, 10–15, 17, 18	<i>C. placentula</i> var. <i>euglypta</i> (Ehr.) Cl.	13
<i>A. italica</i> var. <i>subsp. subarctica</i> O. Müll.	13	<i>Eucoocconeis flexella</i> Kütz.	3, 17
пор. Araphales		<i>E. lapponica</i> Hust.	13
сем. Fragilariaceae		<i>Achnanthes biasolettiana</i> (Kütz.) Grun.	13, 14
<i>Fragilaria bicapitata</i> A. Mayer	9	<i>A. calcar</i> Cl. var. <i>calcar</i>	13
<i>F. capucina</i> Desm. var. <i>capucina</i>	1, 3–6, 9, 12–16, 19	<i>A. clevei</i> Cl.	3
<i>F. construens</i> var. <i>binodis</i> (Ehr.) Grun.	5, 13	<i>A. dispar</i> Cl. var. <i>dispar</i>	9, 13
<i>F. crotonensis</i> Kitt.	13	<i>A. laterostrata</i> Hust.	13
<i>F. pinnata</i> Ehr. var. <i>pinnata</i>	13	<i>A. linearis</i> (W. Sm.) Grun.	11, 12, 14, 15, 17
<i>F. pulchella</i> (Ralfs ex Kütz.) Lange-Bertalot	4	<i>A. minutissima</i> var. <i>minutissima</i> Kütz.	3–6, 11, 13–19
<i>F. virescens</i> Ralfs. var. <i>virescens</i>	15–17	<i>A. minutissima</i> v. <i>cryptocephala</i> Grun.	13, 15
<i>Synedra amphicephala</i> Kütz.	13	сем. Naviculacea	
<i>S. tabulata</i> (Ag.) Kütz.	12, 13, 17, 19	<i>Navicula bacillum</i> Ehr.	13
<i>S. ulna</i> (Nitzsch.) Ehr.	1, 2, 4–6, 9, 11–19	<i>N. cryptocephala</i> Kütz.	13
<i>S. vaucheriae</i> Kütz.	13, 14	<i>N. exigua</i> (Greg.) O. Mull.	3, 15
<i>Ceratoneis arcus</i> (Ehr.) Kütz. var. <i>arcus</i>	1, 4, 5, 12–15, 18	<i>N. lanceolata</i> var. <i>tenella</i> A. S.	5, 14, 16
сем. Diatomaceae		<i>N. peregrina</i> (Ehr.) Kütz.	2, 13
<i>Diatoma elongatum</i> (Lyngb.) Ag.	13, 15	<i>N. placentula</i> Ehr.	3, 16
<i>D. hiemale</i> var. <i>mesodon</i> (Ehr.) Grun.	13, 15	<i>N. pupula</i> Kütz.	5, 13
<i>D. vulgare</i> Bory var. <i>vulgare</i>	13, 15	<i>N. radiosa</i> Kütz.	12, 13, 15, 16
<i>Meridion circulare</i> Ag.	13, 14, 16	<i>N. rhynchocephala</i> Kütz.	4, 13, 17, 18
сем. Tabellariaceae		<i>N. viridula</i> Kütz.	5
<i>Tetracyclus lacustris</i> Ralfs.	3, 4	<i>Frustulia rhomboides</i> (Ehr.) D. T.	1–15, 17, 18
<i>Tabellaria fenestrata</i> (Lyngb.) Kütz.	2–7, 9, 11–13, 15–18	<i>F. rhomboides</i> var. <i>saxonica</i> (Rabenh.) D. T.	2, 3
<i>T. flocculosa</i> (Roth.) Kütz.	1–19	<i>Stauroneis anceps</i> Ehr.	2, 4, 9, 11, 14, 15
пор. Raphales		<i>Pinnularia borealis</i> Ehr.	15, 18
сем. Eunotiaceae		<i>P. divergentissima</i> (Grun.) Cl.	12
<i>Eunotia arcus</i> Ehr.	3	<i>P. esox</i> Ehr.	4, 12
<i>E. bigibba</i> Kütz.	2	<i>P. gibba</i> Ehr.	6
<i>E. clevei</i> Grun.	2, 13	<i>P. interrupta</i> W. Sm.	9, 12, 18
<i>E. diodon</i> Ehr.	3, 4, 6, 13, 16, 17	<i>P. major</i> (Kütz.) Cl.	2–4, 13, 16
<i>E. exigua</i> (Breb.) Rabench.	14–16	<i>P. microstauron</i> (Ehr.) Cl.	5, 16
<i>E. faba</i> (Ehr.) Grun.	4, 13, 15	<i>P. nobilis</i> Ehr.	2, 3, 11, 18
<i>E. fallax</i> A. Cl. var. <i>fallax</i>	2	<i>P. nodosa</i> Ehr.	18
<i>E. fallax</i> var. <i>gracillima</i> Krasske	2, 3	<i>P. undulata</i> Greg.	17
<i>E. formica</i> Ehr.	4, 5, 9, 13	<i>P. viridis</i> (Nitzsch.) Ehr.	7, 9, 13, 15, 17
<i>E. gracilis</i> (Ehr.) Rabenh.	1, 6, 9	<i>Neidium affine</i> (Ehr.) Cl.	3
<i>E. lapponica</i> Grun.	15	<i>Caloneis bacillum</i> (Grun.) Mer.	13
<i>E. lunaris</i> (Ehr.) Grun.	2–6, 11, 15, 16	<i>Diploneis parma</i> Cl.	13
<i>E. monodon</i> Ehr.	13, 15–17	сем. Cymbellaceae	
<i>E. paralella</i> Ehr.	2	<i>Cymbella affinis</i> Kütz.	2–4, 12, 13, 17–19
<i>E. pectinalis</i> Kütz. var. <i>pectinalis</i>	2–18	<i>C. aspera</i> (Ehr.) Cl.	13–15
<i>E. pectinalis</i> var. <i>minor</i> (Kütz.) Rabenh.	2, 3, 11–13, 15, 17, 18	<i>C. cesatii</i> (Rabench.) Grun.	1, 14
<i>E. pectinalis</i> var. <i>ventralis</i> (Ehr.) Hust.	2–5, 9, 11–13, 17, 18	<i>C. cistula</i> (Ehr.) Kirchner.	13, 14, 16, 17
<i>E. pectinalis</i> v. <i>undulata</i> (Ralfs.) Rabenh.	4	<i>C. cuspidata</i> Kütz.	18
<i>E. praerupta</i> Ehr. var. <i>praerupta</i>	1, 5, 6, 13, 17, 18	<i>C. hebridica</i> (Greg.) Grun.	15
<i>E. praerupta</i> var. <i>bidens</i> (W. SM.) Grun.	2–5, 12, 13, 15	<i>C. helvetica</i> Kütz.	13–16
<i>E. robusta</i> var. <i>tetraodon</i> (Ehr.) Ralfs.	2–4, 7, 9, 12, 13, 17–19	<i>C. naviculiformis</i> Auersw.	5, 11, 13, 15, 16, 18
		<i>C. prostrata</i> (Berkeley) Cl.	4, 14, 16
		<i>C. sinuata</i> Greg.	13, 16
		<i>C. tumida</i> (Breb.) V. H.	1, 4, 13, 17, 19

Окончание табл. 2

Таксоны	Реки		
<i>C. tumidula</i> Grun.	11, 12	<i>Stigeoclenium fasciculare</i> Kütz.	15
<i>C. turgida</i> (Greg.) Cl.	9	<i>Chaetophora elegans</i> (Roth.) Ag.	11, 13, 15
<i>C. ventricosa</i> Kütz.	3–5, 9, 11–15, 17, 18	<i>C. incrassata</i> (Hudson) Hazen	13
<i>Amphora ovalis</i> Kütz.	12, 16	<i>Draparnaldia glomerata</i> (Vauch.) Ag.	13
<i>A. seriata</i> Skabitsch	12	<i>D. plumosa</i> (Vauch.) Ag.	2
сем. Gomphonemataceae		сем. Coleochaetoceae	
<i>Gomphonema acuminatum</i> (Ehr.) var. <i>acuminatum</i>	11, 14, 15	<i>Coleochaete divergens</i> Pringsh.	12, 15
<i>G. acuminatum</i> var. <i>brebissonii</i> (Kütz.) Cl.	3, 4, 7, 15	поп. Cladophorales	
<i>G. acuminatum</i> var. <i>coronatum</i> (Ehr.) W. Sm.	15, 17, 18	сем. Cladophoraceae	
<i>G. angustatum</i> (Kütz.) Rabenh.	11, 14, 16	<i>Cladophora glomerata</i> (L.) Kütz.	1, 15
<i>G. constrictum</i> Ehr.	1, 2, 4, 9–11, 13–15, 19	поп. Oedogoniales	
<i>G. gracile</i> Ehr.	11–13, 19	сем. Oedogoniaceae	
<i>G. lanceolatum</i> Ehr.	3	<i>Bulbochaete</i> sp.	2–5, 13, 15
<i>G. longiceps</i> Ehr.	3, 4, 6, 12, 13, 15, 17, 18	<i>Oedogonium</i> sp.	1–5, 11, 13, 14, 16, 17
<i>G. parvulum</i> (Kütz.) Grun.	1–6, 11, 13–19	поп. Zygnematales	
<i>G. ventricosum</i> Greg.	13, 14, 16, 17	сем. Zygnemataceae	
<i>Didymosphenia geminata</i> (Lyngb.) M. Schmidt.	4, 5, 7, 9, 10, 13–15, 19	<i>Spirogyra</i> sp.	1, 3–5, 14, 16–18
сем. Epithemiaceae		<i>Zygnema</i> sp.	3–7, 11, 13, 15, 16
<i>Epithemia ocellata</i> Kütz.	15	<i>Mougeotia</i> sp.	2, 3, 5, 6, 9, 11, 13–16, 18, 19
<i>E. sorex</i> Kütz.	13	сем. Desmidiaceae	
<i>E. turgida</i> (Ehr.) Kütz.	1, 12, 16	<i>Closterium cynthia</i> De Not.	7, 9
<i>E. zebra</i> (Ehr.) Kütz.	12	<i>C. diana</i> Ehr.	3, 9
сем. Rhopalodiaceae		<i>C. ehrenbergii</i> Menegh.	8
<i>Rhopalodia gibba</i> (Ehr.) O. Mull.	1, 9, 13, 14, 16	<i>C. leibleinii</i> Kütz.	2
сем. Nitzchiaceae		<i>C. moniliferum</i> (Bory.) Ehr.	9
<i>Nitzschia linearis</i> W. Sm.	3	<i>Euastrum bidentatum</i> Näg.	2
<i>N. microcephala</i> Grun.	13	<i>Microsterias radiata</i> Hass.	2, 3
<i>N. palea</i> (Kütz.) W. Sm.	3	<i>Cosmarium brebissonii</i> Menegh.	7, 9
сем. Surirellaceae		<i>C. depressum</i> (Näg.) Lund.	4
<i>Surirella biseriata</i> Breb.	1	<i>C. margaritifera</i> Menegh.	8, 12, 18
<i>S. delicatissima</i> Lewis.	12	<i>C. ornatum</i> Ralfs.	4
<i>S. linearis</i> W. Sm.	4	<i>C. pachydermum</i> Lund.	7, 8, 18
<i>S. tenera</i> Greg.	1, 4, 6, 13, 18	<i>C. punctulatum</i> Breb.	4
<i>Cymatopleura elliptica</i> (Breb.) W. Sm.	1	<i>C. reniforme</i> (Ralfs.) Arch.	15, 18
<i>Stenopterobia intermedia</i> Lewis.	3	<i>C. subalatum</i> W. et G. S. West.	18
Chlorophyta		<i>C. venustum</i> (Breb.) Arch.	12
поп. Chlorococcales		<i>Staurastrum paradoxum</i> Meyen.	3, 4
сем. Sphaerocystidaceae		<i>Hyalotheca dissiliens</i> (Smith) Breb.	4, 5
<i>Sphaerocystis Schroeteri</i> Chood.	12	<i>H. mucosa</i> (Mert.) Ehr.	2, 3
поп. Ulotrichales		<i>Bambusina brebissonii</i> Kütz.	3
сем. Ulotrichaceae		Rhodophyta	
<i>Ulothrix tenuissima</i> Kütz.	2, 11	поп. Nemaliales	
<i>U. zonata</i> Kütz.	4, 13	сем. Acrochaetiaceae	
сем. Microsporaceae		<i>Audouinella hermannii</i> (Roth.) Duby	13
<i>Microspora amoena</i> (Kütz.) Rabenh.	2, 3, 9	<i>Chantransia chalybea</i> (Roth.) Tries	2, 13–15
<i>M. pachyderma</i> (Wille) Lagerh.	2, 14	сем. Batrachospermaceae	
<i>M. stagnorum</i> (Kütz.) Lagerh.	4	<i>Batrachospermum moniliforme</i> Roth.	1–3, 10, 11, 13, 15, 17, 18
поп. Chaetophorales		сем. Lemaneaceae	
сем. Chaetophoraceae		<i>Lemanea fluviatilis</i> Ag.	2, 4

Преобладание этих групп водорослей отмечено в фитоперифитоне и других речных систем бореальной и субарктической зон [Ширшов, 1933; Prescott, 1959; Johansson, 1982; Lindström, Traaen 1984; Гецен, 1985; Комулайн и др., 2006б; Чекрыжева, Комулайн, 2010].

На долю диатомовых водорослей приходится более половины списка, что характерно для альгофлоры всех типов водоемов Арктики и Субарктики. Пропорции и родовая насыщенность альгофлоры также подчеркивают ключевое положение диатомовых в формировании альгофлоры перифитона (табл. 3).

Таблица 3. Таксономическая структура и пропорции компонентов альгофлоры перифитона исследованных рек

Отделы	Ord		Fm		Gn		Spp		Sd		Gn/Fm	Spp/Fm	Spp/Gn
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%			
Cyanophyta	29	13,5	10	26,3	14	19,4	29	13,5	35	23,8	1,4	2,9	2,1
Bacillariophyta	141	65,6	16	42,1	34	47,2	141	65,6	85	57,8	2,1	8,8	4,1
Chlorophyta	41	19,1	9	23,7	20	27,8	41	19,1	21	14,3	2,2	4,6	2,1
Rhodophyta	4	1,9	3	7,9	4	5,6	4	1,9	6	4,1	1,3	1,3	1,0
Всего	215	100,0	38	100,0	72	100,0	215	100,0	147	100,0	1,9	5,7	3,0

Примечание. Ord – порядки, Fm – семейства, Gn – роды, Spp – виды, Sd – доминирующие виды.

Среди диатомей наиболее разнообразны водоросли порядка Raphales (табл. 4). Восемь видов – *Eunotia pectinalis*, *E. veneris*, *Cocconeis placentula*, *Achnanthes minutissima*, *Frustulia rhomboides*, *Cymbella affinis*, *Gomphonema constrictum*, *Didymosphenia geminata* – доминируют в альгоценозах обрастаний (pF = 42 – 89%)

Порядок Agraphales представлен в перифитоне всего 9 родами и 53 видами, но среди его представителей два вида наиболее распространены в альгофлоре рек: *Tabellaria fenestrata* и *T. flocculosa*. Центрические диатомовые (порядки Melosirales, Aulacosirales) по числу видов занимают подчиненное положение в группировках обрастаний. В альгофлоре перифитона рек определено 14 видов и разновидность родов *Stephanodiscus*, *Cyclostephanos*, *Cyclotella*, *Ellerbeckia*, *Melosira* и *Aulacoseira*. Из них только *Aulacoseira italica* достаточно постоянно встречается в перифитоне (pF = 78,7%) и входит в доминирующий комплекс (Dt = 6,7%).

Таблица 4. Места порядков по числу видовых и внутривидовых таксонов в альгофлоре перифитона

Порядки	Spp	S%	Sd
Nostocales	17	8,1	3
Agraphales	19	9,0	3
Raphales	107	50,7	8
Zygnematales	23	10,9	2
В ведущих порядках	166	78,7	16
В остальных порядках	45	21,3	9
Всего видов	211	100,0	25

В перифитоне исследованных рек определен 41 таксон зеленых водорослей (Chlorophyta), относящихся к 6 порядкам, 9 семействам и 20 родам. Видовое богатство зеленых водорослей формируется практически представителями одного семейства – Desmidiaceae, которые по числу таксонов занимают третье место среди всех выявленных семейств. Наиболее разнообразен род *Cosmarium* Ralfs – 8 видов. Десмидиевые встречаются в составе альгоценозов перифитона единично, и их участие в формировании биомассы группировок незначительно.

Вклад синезеленых водорослей в видовое разнообразие составил 13,5 %. В альгофлоре перифитона исследованных рек представители Cyanophyta по числу видов (29) занимают 3-е место после диатомовых и зеленых и относятся к 4 порядкам, 10 семействам и 14 родам. Наиболее богаты видами роды *Oscillatoria* и *Calothrix* (по 5 видов).

Можно выделить три группы синезеленых водорослей. Первую составляют виды из порядков Chroococcales, Oscillatoriales и частично Nostocales (*Anabaena*), которые характерны для позднелетнего фитопланктона озер. Три вида – *Anabaena affinis*, *Oscillatoria agardhii* и *O. tenuis* – доминируют и в перифитоне на речных участках ниже проточных озер. Хроококковые водоросли менее разнообразны, и лишь *Microcystis aeruginosa* входит в комплекс доминирующих видов.

Вторая группа включает водоросли родов *Stigonema*, *Hapalosiphon*, *Capsosira* и *Nostoc*. Они встречаются как в водных, так и в наземных местообитаниях, однако только *Stigonema mamillosum* доминирует в «амфибиотической» [Чернов, 1946] зоне. Третья группа объединяет 12 типичных реофилов из семейств Scytonemataceae и Rivulariaceae, но лишь *Tolypothrix tenuis* и *Calothrix gypsumphylla* постоянны в альгоценозах перифитона.

Красные водоросли представлены всего четырьмя видами, но *Batrachospermum moniliforme* является одним из самых распространенных (pF = 47,4%) в перифитоне исследованных рек.

Зонально-климатические черты, свойственные альгофлоре перифитона, проявляются на различных уровнях таксономической структуры. Кроме доминирующей роли диатомовых водорослей отмечено отсутствие в альгоценозах представителей отделов Euglenophyta и Dinophyta. Показательным также является увеличение обилия синезеленых и ностоковых водорослей в сравнении соответственно с зелеными и осцилаториевыми в фитоперифитоне (см. рис. 2).

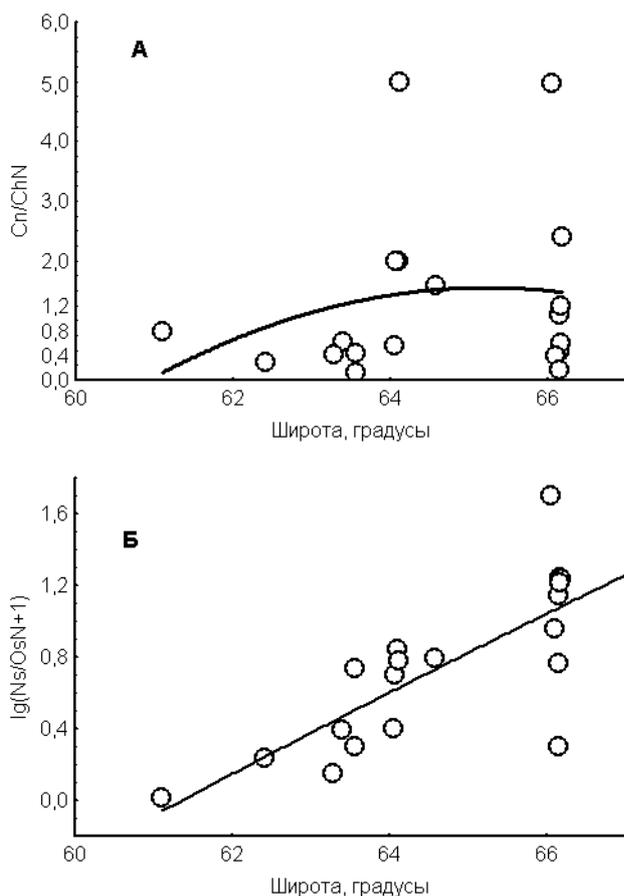


Рис. 2. Изменения обилия синезеленых в сравнении с зелеными (Cn/ChlN – А) и ностоковых в сравнении с осцилаториевыми (lg Nost/OscN+1 – Б) водорослями в перифитоне

На северное положение рек указывают набор и порядок расположения семейств (табл. 5). В перифитоне исследованных рек самое высокое положение по видовому богатству занимают семейства, видовое разнообразие которых отражает голарктические черты флор Северного полушария: Fragilariaceae, Eunotiaceae и Naviculaceae [Гецен, 1985].

Таблица 5. Места семейств по числу видовых и внутривидовых таксонов в альгофлоре перифитона

Семейства	S	S%	Sd
Fragilariaceae	17	8,1	0
Eunotiaceae	26	12,3	2
Naviculaceae	27	12,8	1
Cymbellaceae	16	7,6	2
Desmidiaceae	20	9,5	0
В ведущих семействах	106	50,2	5
В остальных семействах	105	49,8	20
Всего видов	211	100,0	25

Роль отдельных родов в формировании таксономического разнообразия фитоперифитона

определяется в первую очередь родами, в которых преобладают типичные прикрепленные формы. В альгофлоре региона основными по фитоценоотическому значению родами являются пеннатные диатомеи родов: *Eunotia*, *Navicula*, *Pinnularia*, *Cymbella* и *Gomphonema* (табл. 6).

Таблица 6. Место родов по числу видовых и внутривидовых таксонов в альгофлоре перифитона

Роды	Spp	S%	Sd
<i>Eunotia</i>	26	12,3	2
<i>Navicula</i>	10	4,7	0
<i>Pinnularia</i>	11	5,2	0
<i>Cymbella</i>	14	6,6	1
<i>Gomphonema</i>	10	4,7	1
В ведущих родах	71	33,6	4
В остальных родах	140	66,4	21
Всего видов	211	100,0	25

Наблюдается также свойственное северным флорам [Гецен, 1985] преобладание одновидовых родов и семейств (табл. 7).

Таблица 7. Состав семейств и родов по числу содержащихся в них видов и внутривидовых таксонов

Число таксонов в семействе	Число семейств	%	Число таксонов в роде	Число родов	%
1	12	31,6	1	39	54,2
2–3	9	23,7	2–3	15	20,8
4–9	10	26,3	4–9	13	18,1
≥ 10	7	18,4	≥ 10	5	6,9
Всего	38	100,0	Всего	72	100,0

Сравнение видового состава перифитона позволило выделить несколько групп рек (см. рис. 3). Группа В объединяет главным образом реки центральной Карелии, характеризующиеся более высокой заболоченностью водосборов и цветностью вод. Для перифитона этих рек характерно постоянное присутствие комплекса, включающего виды родов *Tabellaria*, *Eunotia* и *Pinnularia*.

Перифитон рек, объединенных в группу А, более разнообразен. Он отличается обилием галофильных и алкалофильных форм. Благодаря большей озерности водосборов, включенных в эту группу рек, в перифитоне постоянны и спорадически доминируют планктонные виды. В реках группы А<sub>2</sub> обычны синезеленые водоросли порядка Nostocales (родов *Nostoc*, *Calothrix*, *Tolypothrix*), которые в реках южной Карелии замещаются представителями порядка Oscillatoriales.

Большая часть (56,3 %) видов, определенных в перифитоне исследованных рек, – евперифитонные формы. Они формируют структуру группировок фитоперифитона во всех исследованных водотоках, составляя от 50 до 92,9 %

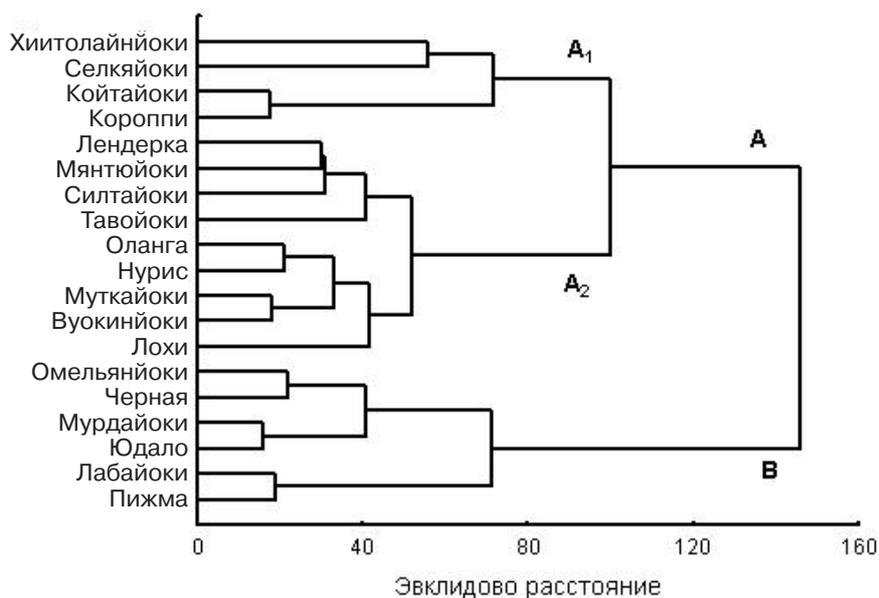


Рис. 3. Дендрограмма сходства видового состава фитоперифитона рек

от общего числа встреченных видов и от 54 до 97,6 % от суммарной численности. Евперифитонные диатомеи (61,2 %) представлены родами *Achnanthes*, *Cocconeis*, *Cymbella*, *Denticula*, *Epithemia*, *Eunotia*, *Gomphonema* и некоторыми видами из родов *Fragilaria* и *Tabellaria* – всего 121 вид. Из 25 видов, входящих в доминирующий комплекс, 18 типичные прикрепленные, евперифитонные формы. Из них 10 видов имеют встречаемость более 20 %. Кроме евперифитонных форм в группировках постоянно присутствуют планктонные (24,2 %) и донные (19,5 %) водоросли. Причем в перифитоне 11 рек относительное обилие планктонных видов превышало 10 %.

Диатомовые – одна из ведущих групп северного фитопланктона, доминирующего во всех типах водоемов, поэтому неудивительна их роль в формировании аллохтонной составляющей в альгофлоре перифитона. Среди диатомовых планктонные виды составляют 12,7 %; это в основном представители родов *Aulacosira* и *Cyclotella* и некоторые виды рода *Fragilaria*. Большинство из планктонных диатомей встречались в обрастаниях единично, а в доминирующий комплекс входит лишь *Aulacosira italica*. Более заметна в альгоценозах обрастаний роль планктонных пеннатных диатомей: *Fragilaria capucina* и *Tabellaria fenestrata* (рF 63,2 и 73,7 соответственно).

Особый интерес представляют синезеленые планктонные водоросли родов *Aphanizomenon*, *Microcystis*, *Anabaena*, *Gloeotrichia* и *Oscillatoria*, так как в водоемах умеренной зоны чаще всего бывают возбудителями «цветения» [Белякова и др., 2006]. Они типичны для позднелетней

альгофлоры перифитона исследованных рек, а четыре вида (*Microcystis aeruginosa*, *Anabaena affinis*, *Oscillatoria agardhii* и *O. tenuis*) входят в доминирующий комплекс, что характерно для речных участков, расположенных ниже проточных озер, и отмечалось нами ранее для других рек региона [Комулайнен, 2002a].

Все бентосные формы (42 таксона) – это диатомовые водоросли, относящиеся главным образом к родам *Navicula* (10 таксона) и *Pinnularia* (11), но большая часть не достигает высокого обилия и только *Frustulia rhomboides* отнесена нами к доминантам.

Положение на шкале галобности известно для 157 таксонов. Среди них преобладают индифференты, на долю которых приходится от 50 до 79,3 % от общего числа видов, определенных в перифитоне рек. Галофилы и галофобы менее разнообразны, составляя соответственно 11,5 и 16,6 % от общего числа таксонов. Из 18 видов-галофилов лишь синезеленые планктонные (*Oscillatoria agardhii* и *O. tenuis*), характерные преимущественно для водотоков южной Карелии, доминируют в перифитоне.

Массовыми галофобными видами, предпочитающими очень низкую минерализацию (до 0,02 г/л), являются *Tabellaria fenestrata* и *T. flocculosa*. Благодаря их доминированию относительное обилие галофобных видов в перифитоне большинства исследованных рек превышает 20 %.

Среди 156 индикаторов рН в перифитоне также преобладают индифференты – 59% таксонов. Алкалофилы и ацидофилы составляют соответственно 19,9 и 21,1 %. Алкалофилы представлены в основном диатомеями, из

которых в состав доминирующего комплекса входят два вида: *Fragilaria capucina* и *Cocconeis placentula*. Из ацидофилов встречены обычные обитатели болот и торфяников [Штина и др., 1981] – *Closterium*, *Euastrum*, *Cosmarium* и *Eunotia*. Доминантами альгоценозов обрастаний являются *Tabellaria fenestrata*, *T.flocculosa*, *Fragilaria virescens* и *Frustulia rhomboides*. Причем благодаря высокой встречаемости и частоте доминирования ацидофилов по сравнению с индифферентами они, как правило, определяют структуру фитоперифитона в большинстве рек.

Основу альгофлоры перифитона исследованных рек составляют широкораспространенные виды и космополиты – 46,5 % таксонов среди 155 таксонов, для которых географическое распространение известно. Космополиты разнообразны среди синезеленых (90 %), зеленых (29,6%) и диатомовых (37,3 %) водорослей. Бо-реальными являются 25,8 % и арктоальпийскими – 27,7 % видов.

Вместе с тем четкое объединение исследованных рек по «географическому» признаку отсутствует. Это связано с пространственной неоднородностью геологического строения исследованной территории [Горьковец, Раевская, 2009] и ее ландшафта. В результате наблюдается азональность в заболачиваемости [Токарев, 1998] и озерности водосборов рек, что, несомненно, определяет пространственную широтную мозаичность гидрологического и гидрохимического режима, а следовательно, и структуры фитоперифитона (рис. 4), это в целом характерно для территории Карелии [Комулайнен, 2007б]. Анализ эколого-географиче-

ской структуры фитоперифитона рек Зеленого пояса Фенноскандии показал, что в них в сравнении с ранее исследованными реками Республики Карелия увеличивается обилие планктонных, ацидофильных широкораспространенных видов, характерных для олиготрофных ультрапресных водоемов, имеющих заболоченные водосборы и не подвергающихся антропогенной нагрузке (рис. 5).

Основа фитоперифитона в исследованных реках сформирована относительно небольшим количеством видов. К видам, доминирующим по численности, отнесено 27 таксонов, или 12,6 %, из установленных в количественных пробах, однако реально структуру фитоперифитона в реках определяет всего десять видов, образующих более 10 % от суммарной биомассы, которая формируется в конкретных реках (табл. 8).

Доминирующие комплексы в исследованных водотоках включают от 5 до 20 таксонов, то есть менее 15 % от выявленного видового состава. В то же время подавляющее большинство водорослей, определенных в перифитоне, – единичные формы с низкими показателями численности. Ведущие позиции в ценозообразовании принадлежат не тем надвидовым таксонам, которые определяют таксономическое богатство альгофлоры. Нередко группы доминантов и субдоминантов представлены видами из маловидовых родов. Среди диатомей к таким родам относятся *Tabellaria*, *Hannaea*, *Cocconeis* и *Didymosphenia*, представители которых чаще других составляли основу группировок перифитона.

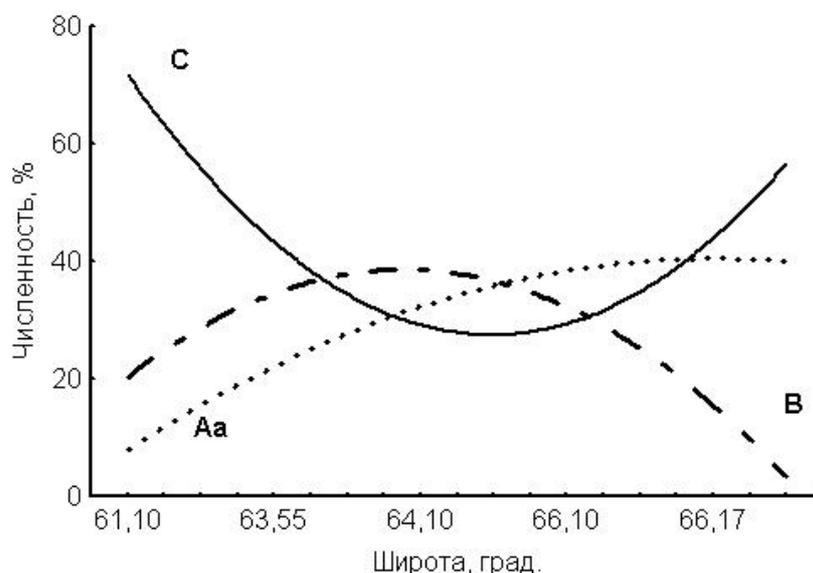


Рис. 4. Изменение относительного обилия широкораспространенных (C), бо-реальных (B) и арктоальпийских (Aa) видов в перифитоне исследованных рек

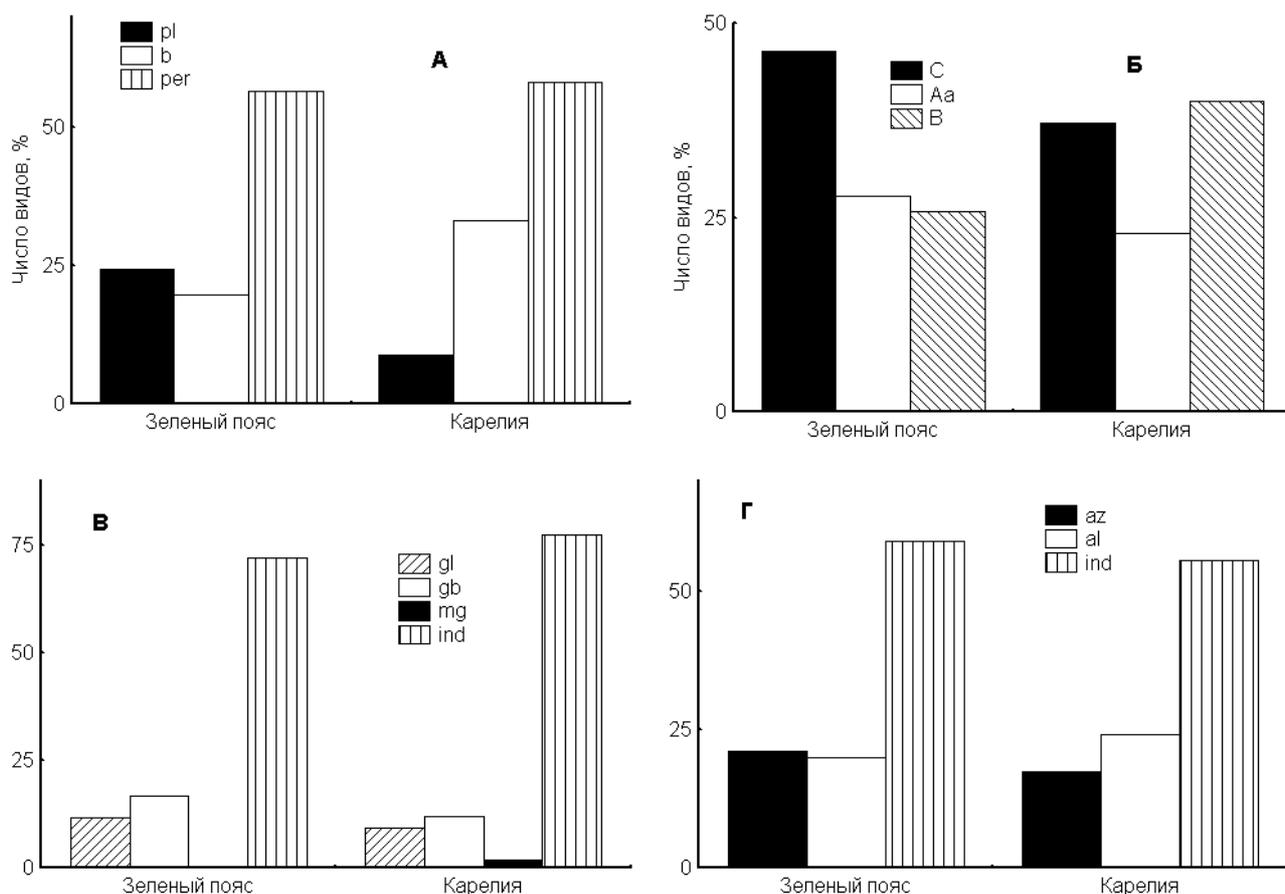


Рис. 5. Сравнение эколого-географической структуры фитоперифитона рек Зеленого пояса Фенноскандии и Республики Карелии

pl – планктонный, b – донный, per – евперифитонный, ind – индифферент, gl – галофил, gb – галофоб, mg – мезогалоб, al – алкалофил, az – ацидофил, Aa – арктоальпийский, B – бореальный, C – космополит

Самыми распространенными видами являются *Tabellaria flocculosa*, *Eunotia pectinalis* и *Frustulia rhomboides*, которые присутствуют в альгофлоре почти всех исследованных участков. Этому благоприятствует поступление болотных гумифицированных слабокислых вод, отличающихся повышенной цветностью и содержанием железа. Особо следует подчеркнуть роль рода *Eunotia*. Несмотря на то что большинство из 26 определенных видов, как правило, не играют заметной роли в формировании суммарной численности и биомассы, они достаточно постоянны и определяют «физиономические» особенности структуры перифитона в реках региона, для которых характерна высокая заболоченность водосборов.

Синезеленые водоросли, доминирующие по численности, почти поровну распределены между планктонными и евперифитонными формами. Среди первых виды, в массе развивающиеся в позднелетнем планктоне озер и поэтому составляющие основу аллохтонной фракции в перифитоне: *Microcystis aeruginosa*, *Oscillatoria*

*agardhii*, *O. tenuis*. Из типичных обрастателей наиболее постоянны в альгоценозах *Stigonema mammosum*, *Calothrix gypsophylla* и *Tolypothrix tenuis*.

Биомасса фитоперифитона в исследованных реках сформирована в первую очередь видами с нитчатой структурой таллома. Это *Ulothrix zonata*, *Bulbochaete* sp., *Oedogonium* sp., *Spirogyra* sp., *Zygnema* sp. со встречаемостью от 10 до 52 %. Следует, однако, отметить, что большинство из доминирующих нитчатых зеленых водорослей относятся к «*повсеместно распространенным*» [Рундина, 1998] таксонам, типичным для олиготрофных водоемов бореальной зоны. Их доминирование в перифитоне исследованных рек подчеркивает схожесть условий формирования альгофлоры, а отличия, по-видимому, определяются некоторыми различиями в сроках отбора проб.

Из малоразнообразных красных водорослей основным ценозообразователем является *Batrachospermum moniliforme*, встреченный на трети станций и имеющий высокий коэффициент доминирования (DF = 20,8, Dt = 52,7 %).

Таблица 8. Доминирующие виды в перифитоне исследованных рек (конец июля – начало сентября)

Реки	Доминирующие виды	
	по численности (N% > 10)	по биомассе (B% > 10)
Хиитоланйоки	<i>Oscillatoria agardhii</i> , <i>Spirogyra</i> sp. <i>Batrachospermum moniliforme</i>	<i>Oscillatoria agardhii</i> , <i>Spirogyra</i> sp. <i>Batrachospermum moniliforme</i>
Койтайоки	<i>Tabellaria flocculosa</i> , <i>Batrachospermum moniliforme</i>	<i>Microspora amoena</i> , <i>Draparnaldia plumose</i> , <i>Batrachospermum moniliforme</i>
Короппи	<i>Tabellaria flocculosa</i> , <i>Batrachospermum moniliforme</i>	<i>Tabellaria flocculosa</i> , <i>Ulothrix zonata</i> , <i>Oedogonium</i> sp., <i>Mougeotia</i> sp.
Лендерка	<i>Tabellaria flocculosa</i> , <i>Oscillatoria agardhii</i> , <i>Ulothrix zonata</i>	<i>Oscillatoria agardhii</i> , <i>Ulothrix zonata</i> , <i>Zygnema</i> sp.
Омельяньйоки	<i>Tabellaria fenestrata</i> , <i>T. flocculosa</i> , <i>Eunotia pectinalis</i> , <i>Zygnema</i> sp.	<i>Tabellaria flocculosa</i> , <i>Zygnema</i> sp.
Черная	<i>Tabellaria fenestrata</i> <i>Zygnema</i> sp.	<i>Tabellaria flocculosa</i> , <i>Zygnema</i> sp.
Мурдайоки	<i>Tabellaria fenestrata</i> , <i>T. flocculosa</i> , <i>Eunotia pectinalis</i> , <i>Frustulia rhomboides</i>	<i>Zygnema</i> sp. <i>Tabellaria flocculosa</i> ,
Лабайоки	<i>Aulacoseira italica</i> , <i>Tabellaria flocculosa</i> , <i>Eunotia pectinalis</i>	<i>Tabellaria flocculosa</i> , <i>Frustulia rhomboides</i> <i>Eunotia pectinalis</i>
Юдало	<i>Tabellaria fenestrata</i> <i>T. flocculosa</i> , <i>Eunotia pectinalis</i>	<i>Mougeotia</i> sp. <i>Tabellaria flocculosa</i> ,
Пижма	<i>Tabellaria flocculosa</i> , <i>Eunotia pectinalis</i>	<i>Eunotia pectinalis</i> , <i>Tabellaria flocculosa</i> , <i>Batrachospermum moniliforme</i>
Вуокинйоки	<i>Microcystis aeruginosa</i> , <i>Stigonema mamillosum</i> , <i>Achnanthes minutissima</i>	<i>Stigonema mamillosum</i> , <i>Mougeotia</i> sp.
Тавойоки	<i>Anabaena affinis</i> , <i>Calothrix gypsophylla</i> , <i>Tabellaria flocculosa</i>	<i>Tabellaria flocculosa</i>
Оланга	<i>Tabellaria flocculosa</i> , <i>Achnanthes minutissima</i>	<i>Didymosphenia geminata</i> , <i>Ulothrix zonata</i> , <i>Mougeotia</i> sp.
Мянтюйоки	<i>Eunotia pectinalis</i> , <i>Spirogyra</i> spp.	<i>Spirogyra</i> sp., <i>Mougeotia</i> sp.
Муткайоки	<i>Tabellaria flocculosa</i> , <i>Achnanthes minutissima</i>	<i>Zygnema</i> sp., <i>Mougeotia</i> sp.
Селькайоки	<i>Cocconeis placentula</i> , <i>Eunotia veneris</i>	<i>Spirogyra</i> sp., <i>Mougeotia</i> sp.
Силтайоки	<i>Calothrix gypsophylla</i> , <i>T. fenestrata</i> , <i>Achnanthes minutissima</i>	<i>Tabellaria fenestrata</i> , <i>Oedogonium</i> sp.
Нурис	<i>Tabellaria flocculosa</i> <i>Achnanthes minutissima</i>	<i>Zygnema</i> sp.
Лохи	<i>Achnanthes minutissima</i> , <i>Cymbella affinis</i> , <i>Didymosphenia geminata</i> , <i>Gomphonema constrictum</i>	<i>Didymosphenia geminata</i> , <i>Mougeotia</i> sp.

Таблица 9. Виды-индикаторы сапробности в перифитоне рек

Отделы	$\chi$	$\alpha-\chi$	$\alpha$	$\alpha-\beta$	$\beta$	$\beta-\alpha$	Всего видов
Суанопхита	1	–	2	–	3	2	8
Василариопхита	8	12	4	11	18	5	58
Хлорофита	–	3	7	1	2	2	15
Родопхита	–	–	3	–	–	–	3
Всего видов	9	15	16	12	23	9	84
Видов, %	10,7	17,9	19,0	14,3	27,4	10,7	100,0

Эколого-географические спектры доминирующего комплекса также несколько отличаются от описывающих альгофлору в целом. В его составе более разнообразны евперифитонные формы, при сохранении структуры географического спектра отмечается увеличение доли галофобных и ацидофильных форм.

В фитоперифитоне исследованных рек определено 84 вида индикатора (табл. 9). Наиболее разнообразно в альгофлоре перифитона представлены  $\alpha-\beta$  и  $\beta$ -мезосапробы – 41,7% от общего числа видов индикаторов (84 таксона). Так как основу доминирующего комплекса на большинстве станций составляют  $\chi$ -,  $\chi$ - оли-

го и олигосапробные виды, значения индекса Сладечека и трофического диатомового индекса (TDI), рассчитанные для альгофлоры рек в целом, в среднем равны соответственно  $1,09 \pm 0,27$  и  $2,09 \pm 0,27$ . Это позволяет отнести воды исследованных рек к олигосапробной зоне, характеризующейся как условно чистые.

## Выводы

Альгофлора перифитона исследованных водотоков включает черты бореального и средне-европейского типа. Видовое разнообразие альгофлоры определяют диатомовые водоросли.

Для фитоперифитона характерно преобладание космополитных форм при существенной доле бореальных и североальпийских видов, что свидетельствует о ее холодолюбивости. В водоемах преобладают индифферентные по отношению к солености и рН виды. Большинство видов-индикаторов сапробности относится к олиго-, олиго-бета- и бета-мезосапробным формам, что указывает на отсутствие значительного антропогенного воздействия на водоемы.

Эколого-географический анализ фитоперифитона показал, что структуру группировок определяют типичные прикрепленные формы. Большая вытянутость территории с юга на север обуславливает разное соотношение между бореальными, арктоальпийскими и широкопространенными видами в альгофлоре отдельных рек.

Структура доминирующего комплекса достаточно постоянна и сформирована небольшим количеством видов. Эколого-географические спектры доминирующего комплекса несколько отличаются от рассчитанных для альгофлоры в целом: при сохранении структуры географического спектра отмечается увеличение доли евперифитонных и галофобных форм.

Таким образом, структура фитоперифитона, с одной стороны, отражает географическое положение водосборов исследованных рек, а с другой – зависит от высокодинамичных условий, характерных для малых рек.

Несмотря на заметные изменения в таксономическом составе, значения индексов разнообразия практически постоянны. Это свидетельствует о высокой степени развития альгоценозов перифитона в исследованных реках, обладающих жизненной активностью, саморегуляцией и относительной устойчивостью.

*Работа выполнена при финансовой поддержке гранта «Биоразнообразие и динамика генофондов» № 01.2.006 08832.*

## Литература

Белякова Р. Н., Волошко Л. Н., Гаврилова О. В. и др. Водоросли, вызывающие «цветение» водоемов Северо-Запада России. М.: Товарищество науч. изданий КМК, 2006. 367 с.

Власова Л. И., Кухарев В. И., Литвиненко А. В. и др. Гидрологическая, гидрохимическая и гидробиологическая характеристика и оценка территории // Мат-лы инвентаризации природных комплексов и экологическая экспертиза национального парка «Койтайоки». Петрозаводск, 1997. С. 12–14.

Власова Л. И., Ильмаст Н. В., Карпечко В. А. и др. Флора и фауна водных экосистем // Инвентаризация и изучение биологического разнообразия в приграничных с Финляндией районах Республики Карелия. Петрозаводск, 1998а.

Власова Л. И., Комулайнен С. Ф., Кухарев В. И. и др. Географическая, метеорологическая, гидрохимическая и гидробиологическая характеристика и оценка территории // Мат-лы инвентаризации природных комплексов и экологическое обоснование национального парка «Калевальский». Петрозаводск, 1998б. С. 8–12.

Власова Л. И., Кухарев В. И., Литвиненко А. В. и др. Гидрологическая, гидрохимическая, гидробиологическая и ихтиологическая характеристика и оценка территории // Мат-лы инвентаризации природных комплексов и экологическое обоснование национального парка «Тулос». Петрозаводск, 1998в. С. 8–12.

Гецен М. В. Водоросли в экосистемах Крайнего Севера. Л., 1985. 165 с.

Горьковец В. Я., Раевская М. Б. Геологические особенности кристаллического фундамента в приграничной полосе Финляндии и Республики Карелия // Тр. КарНЦ РАН, 2009. № 2. С. 24–38.

Григорьев С. В. Водные ресурсы // Карельская АССР. М., 1956. С. 47–56.

Доманицкий А. П., Дубровина Р. Г., Исаева А. И. Реки и озера Советского Союза (Справочные данные). Л., 1971. 103 с.

Елина Г. А., Кузнецов О. Л., Максимов А. И. Структурно-функциональная организация и динамика болотных экосистем Карелии. Л.: Наука, 1984. 128 с.

Карпечко В. А. Гидрологическая изученность бассейна // Использование и охрана водных ресурсов бассейна Белого моря (в границах Карелии). Петрозаводск: КарНЦ РАН, 1994. С. 11–17.

Комулайнен С. Ф. Перифитон в реках Паанаярвского национального парка // Природа и экосистемы Паанаярвского национального парка. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 1995. С. 126–138.

Комулайнен С. Ф. Перифитон рек Ленинградской, Мурманской областей и Республики Карелия // Операт.-информ. мат-лы. Петрозаводск, 1996. 39 с.

Комулайнен С. Ф. Перифитон // Инвентаризация и изучение биологического разнообразия на территории Заонежского полуострова и Северного Приладожья. Северное Приладожье. Петрозаводск, 2000. С. 313–318.

Комулайнен С. Ф. Методические рекомендации по изучению фитоперифитона в малых реках. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2003а. 43с.

Комулайнен С. Ф. Перифитон // Разнообразие биоты Карелии: условия формирования, сообщества, виды. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2003б. С. 178–188.

Комулайнен С. Ф. Фитоперифитон в некоторых реках северного побережья Ладожского озера // Охрана и рациональное использование водных ресурсов Ладожского озера и других больших озер. Тр. 4-го Междунар. ладожского симпозиума. Великий Новгород. 2–6 сентября 2002. СПб: АССПИН, 2003в. С. 112–116.

Комулайнен С. Ф. Фитоперифитон рек Республики Карелия // Ботан. журн. 2004а. Т. 89, № 3. С. 18–35.

Комулайнен С. Ф. Экология фитоперифитона малых рек Восточной Фенноскандии. Петрозаводск, 2004б. 182 с.

Комулайнен С. Ф. Альгологические исследования в озерно-речных системах Севера европейской части России // Альгология. 2007а. Т. 17, № 2. С. 220–229.

Комулайнен С. Ф., Влияние ландшафта на особенности структуры фитоперифитона малых рек Восточной Фенноскандии // Биология внутренних вод. 2007б. № 1. С. 55–60.

Комулайнен С. Ф. Дополнительные материалы к «Библиографии работ по водорослям Европейского Севера России» // Тр. КарНЦ РАН. 2011. № 1. Сер. Биогеография. Вып. 11. С. 97–103.

Комулайнен С. Ф., Антипина Г. С., Вислянская И. Г. и др. Библиография работ по водорослям Европейского Севера России (Республика Карелия, Мурманская область). Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2006а. 66 с.

Комулайнен С. Ф., Чекрыжева Т. А., Вислянская И. Г. Альгофлора озер и рек Карелии. Таксономический состав и экология. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2006б. 78 с.

Кудрявцева С. В. Качества поверхностных вод // Водное хозяйство Карельского Приладожья. Петрозаводск: Карельский филиал АН СССР, 1985. С. 22–26.

Куликова Т. П., Кухарев В. И., Рябинкин А. В., Чекрыжева Т. А. Гидробиологическая характеристика водных экосистем особо охраняемых природных территорий Республики Карелия // Тр. КарНЦ РАН. 2009. № 2. С. 56–70.

Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 2. Карелия и Северо-Запад. Л.: Гидрометиздат, 1972. 525 с.

Рундина Л. А. Зигнемовые водоросли России (Chlorophyta: Zygnematomphyceae, Zygnematales). СПб: Наука, 1998. 351 с.

Современное состояние водных объектов Республики Карелия. По результатам мониторинга 1992–1997 гг. / Под ред. Н. Н. Филатова, Т. П. Куликовой, П. А. Лозовика. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 1998. 188 с.

Состояние водных объектов Республики Карелия. По результатам мониторинга 1998–2006 гг. / Под ред. П. А. Лозовика. Т. П. Куликовой, Н. Н. Мартынова. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2007. 210 с.

Токарев П. Н. Разработка методики составления «Карты распределения болот Карелии» в системе регулярных квадратов 10 × 10 километров // Биоразнообразии, динамика и охрана болотных экосистем Восточной Фенноскандии. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 1998. С. 132–134.

Чекрыжева Т. А., Комулайнен С. Ф. Альгофлора озер и рек Республики Карелия [Россия] // Альгология. 2010. Т. 20, № 3. С. 319–333.

Чернов В. К. Амфибиотическая зона в озерах // Науч. бюл. ЛГУ. 1946. № 10. С. 17–18.

Ширшов П. Н. Сравнительный очерк ценозов реофильных водорослей реки Туломы и некоторых других водоемов // Тр. БИН АН СССР. 1933. Сер. 2. Споры раст. Вып. 1. С. 65–92.

Штина Э. А., Антипина Г. С., Козловская Л. С. Альгофлора болот Карелии и ее динамика под воздействием

естественных и антропогенных факторов. Л., 1981. 269 с.

CEN – *Cometié Euroéen de Normalization*. Water quality. Guidance standard for the surveying, sampling and laboratory analysis of phytobenthos in shallow running water. CEN/TC 230/WG 2/TG 3/N94. 2005.

Johansson C. Attached algal vegetation in running waters of Jämtland, Sweden // *Acta Phytogeogr. Suec.* 1982. Vol. 71. P. 1–80.

Komulaynen S. Features of periphyton in some rivers of north-western Russia // *Verh. Int. Ver. theor. und angew. Limnol.* 2002a. Vol. 27, N 5. P. 3159–3161.

Komulaynen S. Use of periphyton for monitoring in rivers in Northwest Russia // *J. of Applied Phycology.* 2002b. N 14. P. 57–62.

Komulaynen S. Periphytic algal communities in some rivers of the northern coast of Lake Ladoga // *Proceedings of the 5th International Lake Ladoga Symposium 2002*. Joensuu: Publication of Karelian Institute, 2003. N 138. P. 160–164.

Komulaynen S. Experience of using phytoperiphyton monitoring in urban watercourses // *Oceanological and Hydrobiological Studies.* 2004. Vol. 33, N 1. P. 65–75.

Komulaynen S. The green algae as structural element of phytoperiphyton communities in streams of the Northwestern Russia // *Biology.* 2008. Vol. 63, N 6. P. 859–865.

Komulaynen S. Diatoms of Periphyton assemblages of Small Rivers in North-Western Russia // *Stud. Trent. Sci. Nat.* 2009. Vol. 84. P. 153–160.

Lindström E.-A., Traaen T. S. Influence of current velocity on periphyton distribution and succession in a Norwegian soft water river // *Verh. Int. Ver. theor. und angew. Limnol.* 1984. Vol. 22, N 3. P. 1965–1972.

Prescott G. W. Ecology of freshwater algae in the Arctic // *Recent Adv. Botany.* Montreal. 1959. Vol. 1. P. 201–207.

Wetzel R. G. Periphyton measurements and applications // Wetzel R.G. (ed.), *Methods and measurements of periphyton communities: A review*. Amer. Soc. Testing Materials. Philadelphia, 1979. P. 3–33.

Wetzel R. G. Opening remarks // Wetzel R.G. (ed.), *Periphyton of freshwater ecosystems*. Dr. W. Junk Publishers, 1983a. P. 3–4.

Wetzel R. G. Recommendations for future research on periphyton // Wetzel R.G. (ed.), *Periphyton of freshwater ecosystems*. Dr. W. Junk Publishers, 1983b. P. 339–346.

Whitton B. A. Ecology of European rivers / Ed. Whitton B.A. NJ: Blackwell Sci. Publ., 1984. 630 p.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

### Комулайнен Сергей Федорович

ведущий научный сотрудник, д.б.н.  
Институт биологии Карельского научного центра РАН  
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия,  
Россия, 185910  
эл. почта: Komsf@mail.ru  
тел.: (8142) 769810

### Komulaynen, Sergey

Institute of Biology, Karelian Research Centre, Russian  
Academy of Science  
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia  
e-mail: Komsf@mail.ru  
tel.: (8142) 769810