

УДК 582.272: 574.586 (470.2:556.53)

ФИТОПЕРИФИТОН РЕКИ КОВДЫ И ЕЕ ПРИТОКОВ (РЕСПУБЛИКА КАРЕЛИЯ, РОССИЯ)

С. Ф. Комулайнен

Институт биологии КарНЦ РАН, ФИЦ «Карельский научный центр РАН», Петрозаводск, Россия

Исследования фитоперифитона были выполнены в реке Ковде и ее 18 притоках и включали анализ таксономического состава, экологии и пространственной динамики. Выявлено 178 видов, разновидностей и форм водорослей из 5 отделов: Cyanophyta (Cyanoprokaryota) (27), Ochrophyta (121), Dinophyta (1), Rhodophyta (2), Chlorophyta (26). В статье обсуждаются основные принципы формирования структуры фитоперифитона. На основе анализа таксономического состава и структуры фитоперифитона выявлены черты сходства в его составе. Доминантный комплекс представлен небольшим набором видов, устойчивых к динамической нагрузке воды. Показана зависимость изменения количественных показателей и структурных характеристик фитоперифитона от гидрологического режима рек. Отмечено, что в эколого-географических спектрах водорослей преобладают широко распространенные олигогалобные виды, ацидофильные или индифферентные по отношению к pH среды. Относительное значение индикаторных видов в формировании группировок позволяет отнести воды исследованных водотоков и водоемов к II классу чистоты воды. Численность и биомасса водорослей изменялась в пределах (0,1–1310,1×10⁴ кл./см² и 0,01–28,4 мг/см²).

Ключевые слова: фитоперифитон; таксономия; экология; численность; биомасса.

S. F. Komulainen. PHYTOPERIPHERYTON OF THE KOVDA RIVER AND ITS TRIBUTARIES

Attached algal communities (phytoperiphyton) in the Kovda River and its 18 tributaries were studied, including the analysis of their taxonomic composition, ecology and spatial distribution. In total, 178 species were identified, belonging to Cyanophyta (Cyanoprokaryota) (27), Ochrophyta (121), Dinophyta (1), Rhodophyta (3), Chlorophyta (26). The paper discusses the main principles behind the formation of the structure of phytoperiphyton communities in the rivers. Based on the analysis of the taxonomic composition and structure of phytoperiphyton in the river ecosystems, similarities in the community composition were revealed. The dominant complex is represented by a limited number of species resistant to the dynamic water load. The dependence of changes in the quantities and structural characteristics of phytoperiphyton on the river's hydrological regime is demonstrated. Widespread oligohalobial species that are either acidophilic or pH-indifferent prevail in the ecological-geographical composition of algae. According to the contribution of indicator species, water in the streams and lakes is oligosaprobic, belonging to class II of water purity. Algal abundance and biomass in the waterbodies studied ranged from 0.1 to 1310.1·10⁴ cells cm⁻² and 0.01 to 28.4 mg cm⁻².

Keywords: phytoperiphyton; taxonomy; ecology; abundance; biomass.

Введение

Озерно-речная система реки Ковды – одна из крупнейших в Восточной Фенноскандии. Площадь ее бассейна составляет 26100 км² [Берсонов, 1960; Ресурсы..., 1972]. Большая часть бассейна расположена на крайнем севере Республики Карелия, нижнее течение – на территории Мурманской области, а верхнее течение одного из притоков – реки Оланги (Оуланкайоки) – в Финляндии. На юге водосбор реки граничит с бассейном р. Кемь, на севере – с бассейнами рек Тулома, Нива и Канда.

Началом реки Ковды принято считать исток из озера Топозеро, однако реально самой южной точкой бассейна является река Кондоя (65°19'16" с. ш., 32°43'17" в. д.), впадающая в озеро. Крайняя северная точка бассейна – верховье реки Тунтсайоки в Мурманской области (67°39'17" с. ш., 29°33'51" в. д.), а западная – исток реки Оуланкайоки (66°29'38" с. ш., 28°49'17" в. д.) из лесного озера в Финляндии.

На крупнохолмистой, покрытой смешанным лесом водосборной площади реки Ковды насчитывается 1662 реки суммарной протяженностью 6761 км. Реки порожистые, с озеровидными расширениями. Ширина их на плесах 100–200 м, на порогах 15–50 м, глубина 0,2–1,5 м, скорость течения 0,2–0,4 м/с на плесах и 0,9–2 м/с на порогах и перекатах.

До середины XX века река Ковда была не совсем рекой, а представляла собой систему из 10,7 тыс. озер, в их числе 22 крупных, соединенных короткими протоками. На долю озерных участков приходилось 65 % общей длины системы. Коэффициент озерности бассейна реки составлял почти 17 %. В период с 1952 по 1962 год на реке построено три гидроэлектростанции, входящие в каскад Ковдинских ГЭС (Кумская, Иовская, Князегубская) и образующие три водохранилища, созданные затоплением близко расположенных озер. Это привело к увеличению озерности и сокращению длины водотоков. Воды Ковдозерского (последнего в системе) водохранилища сбрасываются в Княжью губу Белого моря через искусственный канал длиной 4 км. Старое русло реки Ковды перегорожено плотиной, после которой оно проходит через несколько озер и впадает в губу Ковда [Литвиненко, 1999]. Трансформация системы реки Ковды, несомненно, привела к усилению антропогенной нагрузки на водосбор и на отдельные водотоки. Однако гидробиологические исследования на водоемах и водотоках бассейна реки Ковды практически не проводились, а результаты немногочисленных выполненных на крупных озерах не публи-

ковались. Исключением является территория национального парка «Паанаярви», где на некоторых водоемах и водотоках был выполнен анализ структуры фитопланктона [Чекрыжева, 2003] и фитоперифитона [Комулайнен, 1995, 2003б].

Успехи многих разделов современной гидробиологии не означают, что флористика исчерпала себя. Водоросли занимают ведущее положение в структуре гидробиоценозов по количеству видов и их численности, создают большую часть суммарной первичной продукции и лежат в основе пищевых цепей. Инвентаризация альгофлоры дает ценный материал для решения вопросов биогеографии и обсуждения истории формирования и динамики биоты. Благодаря способности быстро реагировать на изменения условий среды водоросли и их группировки являются надежным объектом при оценке антропогенного влияния [Stevenson, Smol, 2003]. Для малых водоемов и рек среди альгоценозов предпочтение часто отдается фитоперифитону, структурные характеристики которого представляются информативными при решении теоретических и прикладных задач типизации водоемов и проведении мониторинга [Kelly, 2013].

Цель настоящей работы – определение таксономического состава и экологии фитоперифитона в разнотипных водотоках системы реки Ковды, а также получение фоновых данных для организации экологического мониторинга в регионе.

Материалы и методы

Материалом для исследования послужили сборы, выполненные в реке Ковде и ее 18 притоках (рис. 1) по стандартным методикам [Комулайнен, 2003а].

Расположение станций отбора проб было выбрано с тем расчетом, чтобы оценить закономерности формирования структуры альгоценозов на участках, различающихся по морфометрии, гидрологическому режиму и уровню антропогенной нагрузки. На каждой станции кроме качественных отбирали 3–5 количественных проб в зависимости от разнообразия субстратов. При составлении списка водорослей использованы результаты сборов, выполненных в августе 2013 года, а также более ранних исследований фитоперифитона в реке Оланге и ее притоках [Комулайнен, 1995, 2003б].

Одновременно с пробами фитоперифитона проводился отбор проб воды для химического анализа, который включал определение основ-

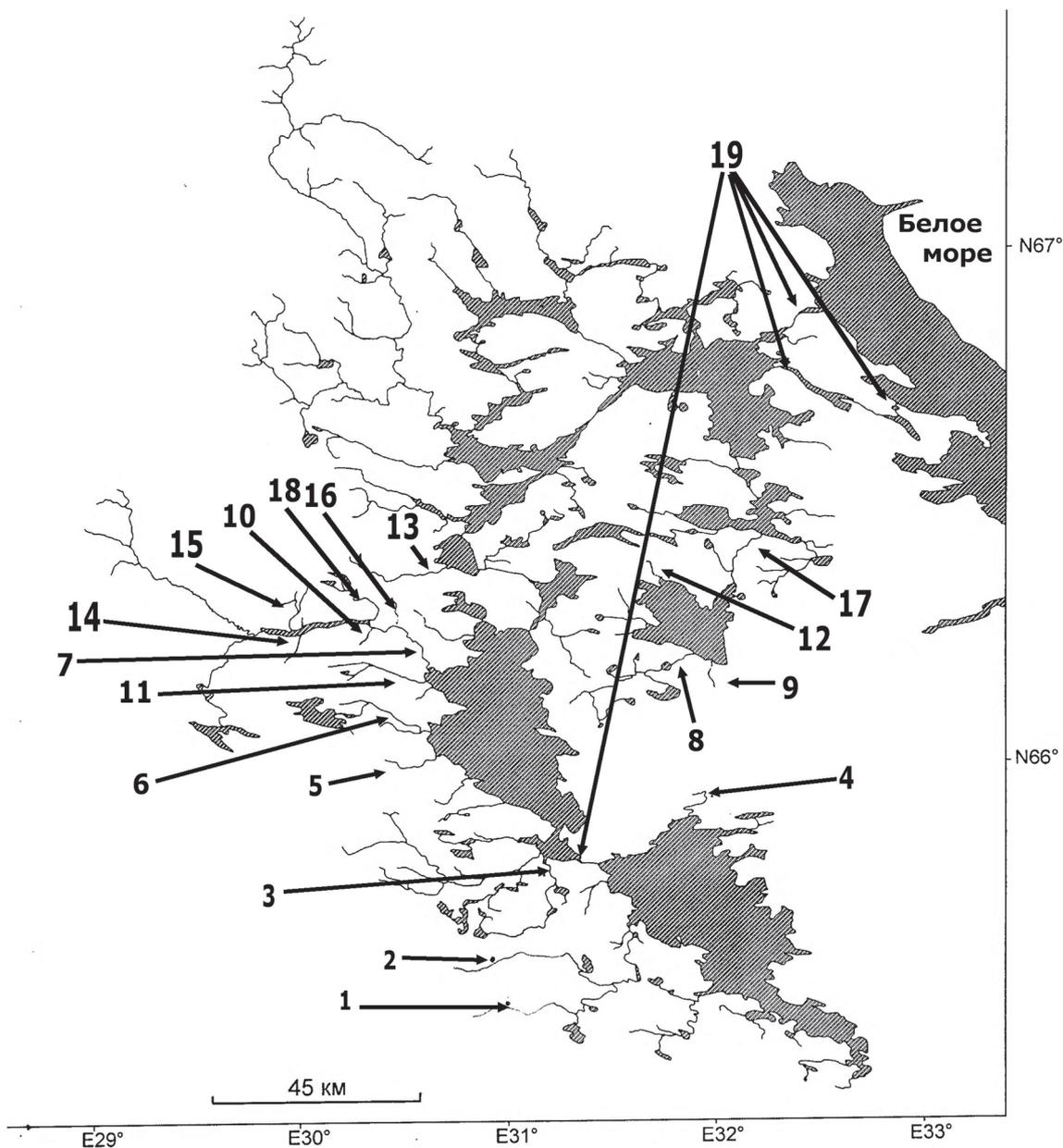


Рис. 1. Карта и расположение исследованных водотоков: Коккойоки (1), Кивийоки (2), Мининки (3), Така (4), Карманга (5), Тавайоки (6), Оланга (7), Большая (8), Ручей б/н 1 (9), Лохиоя (10), Нурис (11), Ручей б/н 2 (12), Левгус (13), Селкяйоки (14), Мянтьюйоки (15), Силтаййоки (16), Винча (17), Муткайоки (18), Ковда (19)

Fig. 1. Map of the selected watercourses: Kokoyjoki (1), Kiviyyjoki (2), Mininki (3), Taka (4), Karmanga (5), Tavayjoki (6), Olanga (7), Bolshaya (8), Brook 1 Untitled (9), Lokhioya (10), Nuris (11), Brook 2 Untitled (12), Levqus (13), Selkyayjoki (14), Myantyuyjoki (15), Siltayjoki (16), Vincha (17), Mutkayjoki (18), Kovda (19)

ных параметров (цветность, содержание общего фосфора, электропроводность и pH) и был выполнен в лаборатории гидрохимии Института водных проблем Севера КарНЦ РАН.

Определение водорослей проводили с использованием микроскопа Olympus CX41 с цифровой камерой Espo (D30-D3Cplus). В общее число таксонов включены несколько нитчатых водорослей, находящихся в стерильной

стадии и определенных до рода: *Mougeotia* sp. ster., *Zygnema* sp. ster., *Bulbochaete* sp. ster. и *Oedogonium* sp. ster. Единой классификации водорослей до настоящего времени не существует, поэтому при составлении аннотированного списка водоросли расположены согласно схеме, принятой в выпусках «Süßwasserflora von Mitteleuropa» с уточнением названий некоторых видов по современным сводкам. В спи-

ске надвидовые таксоны расположены по порядку, принятому в использованных определителях, а виды – в родах по алфавиту.

Для оценки роли отдельных таксонов в формировании группировок вычисляли частоту встречаемости (pF), частоту доминирования (DF), средневзвешенное относительное обилие видов по численности (N %) и биомассе (B %). Виды с удельным относительным обилием $\geq 10\%$ в перифитоне конкретной реки и отдельных станций отнесены к доминирующему комплексу.

Стабильность структуры фитоперифитона устанавливалась с использованием индексов видового разнообразия [Shannon, Weaver, 1963] и доминирования [Simpson, 1949]. Качество вод и их трофность определялись по методу, предложенному Пантле и Букком [Pantle, BUCK, 1955], с применением Трофического диатомового индекса TDI [Kelly, Whitton, 1995]. Сведения об экологической принадлежности водорослей взяты из работы С. С. Бариновой с соавторами [2006].

При кластерном анализе использовались данные об относительной численности видов. Группирование рек проводилось при помощи алгоритма Евклидовой дистанции с использованием метода Варда (Ward's method, пакет программ Statistica). Статистический анализ проводился с использованием пакетов программ Excel и Statistica.

Результаты и обсуждение

Высокая озерность, заболоченность, доминирование карбонатных пород, слабое антропогенное воздействие объясняют формирование химического режима исследованных водотоков. Воды р. Ковды и ее притоков – гидрокарбонатно-кальциевого типа, маломинерализованные (10–20 мг/л). Цветность в сравнении с другими реками Прибеломорской низменности, где она иногда достигает 400–600°, невысока и изменяется от 30 до 90°. Содержание общего фосфора не превышает 10 мг P/l и близко к региональным фоновым значениям для поверхностных вод Республики Карелия [Лозовик и др., 2006]. Температура воды в период отбора проб изменялась от 15 до 18 °С.

Видовое богатство и соотношение различных таксономических групп в альгоценозах является одним из основных показателей структуры. Всего за период исследований в перифитоне исследованных водотоков выявлено 178 видов водорослей рангом ниже рода, принадлежащих к пяти отделам, 35 семействам и 71 роду (табл. 1).

Выявленная альгофлора характеризуется сильной асимметрией на уровне отделов. Отдел Ochrophyta, включающий 121 вид из класса Bacillariophyceae, на первом месте по видовому богатству, что является общей чертой структуры фитоперифитона пресноводных систем Республики Карелия [Комулайнен, 2004; Комулайнен и др., 2006; Komulaunen, 2009; Генкал и др., 2015]. Пропорции и родовая насыщенность альгофлоры также подчеркивают ключевое положение диатомовых, разнообразие которых определяют пеннатные диатомовые (112 видов, 28 родов). Наиболее постоянными среди них в альгоценозах были (pF, %): *Fragilaria capucina* (73,7), *F. ulna* (94,7), *Tabellaria fenestrata* (68,4) и *T. flocculosa* (100), *Eunotia bilunaris* (52,6), *E. pectinalis* (89,5), *E. praerupta* (57,9), *Cocconeis placentula* (52,6), *Achnanthes minutissima* (57,9), *Frustulia rhomboides* (89,5), *Cymbella silesiaca* (68,4), *Gomphonema acuminatum* (52,6), *G. parvulum* (52,6), *G. truncatum* (52,6).

Центрические диатомовые (семейства Melosiraceae, Stephanodiscaceae и Aulacoseiraceae) по числу видов занимают подчиненное положение в группировках обрастаний. В альгофлоре перифитона рек определено 9 видов родов, *Melosira ellerbeckia* и *Aulacoseira*, *Cyclotella* и *Cyclostephanos*. Среди них наиболее обычны (pF, %): *Aulacoseira italica* (47,4), *Aulacoseira distans* (21,1), *Cyclotella radiosa* (21,1) и *Cyclotella meneghiniana* (36,8).

Зеленые водоросли (Chlorophyta), представленные 38 видами, относящимися к 6 порядкам, 10 семействам и 22 родам, уступали по видовому разнообразию только диатомовым. Основу видового богатства составлял класс Conjugatophyceae (63,2 %) благодаря разнообразию водорослей семейств Desmidiaceae. Наиболее постоянны в альгоценозах перифитона были (pF, %): нитчатые зеленые водоросли *Oedogonium* sp. (19,1), *Spirogyra* sp. (31,6), *Zygnema* sp. (63,2) и *Mougeotia* sp. (57,9). Они относятся к «повсеместно распространенным» в олиготрофных водоемах бореальной зоны таксонам [Рундина, 1998], в том числе в водных экосистемах Республики Карелия [Komulaunen, 2008]. Их доминирование в перифитоне исследованных рек подчеркивает схожесть условий формирования альгофлоры.

Встречаемость большинства из 27 выявленных видов синезеленых водорослей (Cyanophyta, Cyanoprokaryota), которые в систематическом отношении принадлежат к 11 семействам и 17 родам, была невысокой. К числу распространенных в изученных местообитаниях можно отнести только (pF, %): *Aphanizomenon flos-aquae* (31,6), *Stigonema mamillosum* (42,1),

Таблица 1. Список таксонов в фитоперифитоне

Table 1. The list of taxa recorded in phytoplankton

Таксоны Taxa	Водотоки Watercourses
Отдел (Phylum) Cyanoprokaryota	
Класс (Class) Cyanophyceae Schaffner	
Семейство (Family) Chroococcaceae Nägeli, 1933	
<i>Chroococcus limneticus</i> Lemmermann, 1898	11
Семейство (Family) Merismopediaceae Elenkin, 1933	
<i>Merismopedia elegans</i> (Ehrenberg) Kützing, 1845	18
Семейство (Family) Microcystidaceae Elenkin, 1933	
<i>Eucapsis minor</i> (Scuja) Elenkin, 1939	19
<i>Microcystis aeruginosa</i> (Kützing) Kützing, 1846	19
Семейство (Family) Stigonemataceae Borzi	
<i>Stigonema mammosum</i> (Lyngbye) Agardh ex Bornet et Flahault, 1886	1, 5, 6, 9, 11–13, 18
<i>S. informe</i> Kützing ex Bornet et Flahault, 1886	13
Семейство (Family) Hapalosiphonaceae Elenkin, 1916	
<i>Hapalosiphon pumilus</i> Kützing ex Bornet et Flahault, 1886	1, 5
Семейство (Family) Nostocaceae C. A. Agardh, 1824	
<i>Aphanizomenon flos-aquae</i> Ralfs ex Bornet et Flahault, 1886	1, 7, 14–16, 18
<i>Dolichospermum affinis</i> (Lemmermann) Waecklin et al., 2009	5
<i>D. lemmermannii</i> (Richter) Waecklin et al., 2009	1, 3, 8, 19
<i>D. solitarium</i> (Klebahn) Waecklin et al., 2009	19
<i>Nostoc coeruleum</i> Lyngbye ex Bornet et Flahault, 1888	14, 15, 18
<i>N. commune</i> Vaucher ex Bornet et Flahault, 1888	18
<i>N. verrucosum</i> Vaucher ex Bornet et Flahault, 1888	6
Семейство (Family) Microchaetaceae Lemmermann, 1910	
<i>Tolypothrix elenkinii</i> Hollerbach, 1923	16
<i>T. saviczii</i> Kossinskaja, 1928	7, 16, 18
<i>T. tenuis</i> Kützing ex Bornet et Flahault, 1887	6, 7, 11, 15, 18, 19
Семейство (Family) Rivulariaceae Kützing ex Bornet et Flahault, 1887	
<i>Dichothrix gypsophila</i> (Kützing) Bornet et Flahault, 1886	5–7, 9, 11, 14, 16, 18, 19
<i>Calothrix braunii</i> Bornet et Flahault, 1886	14, 18
<i>C. fusca</i> (Kützing) Bornet et Flahault, 1886	2, 5, 6
<i>C. parietina</i> Thuret ex Bornet et Flahault, 1886	8, 19
<i>C. ramenskii</i> Elenkinii	18
<i>Gloeotrichia echinulata</i> (J. S. Smith et Sowerby) P. Richter, 1894	18, 19
<i>Rivularia aquatica</i> de Wildeman, 1897	7, 18
Семейство (Family) Phormidiaceae Anagnostidis et Komarek, 1998	
<i>Planktothrix agardhii</i> (Gomont) Anagnostidis et Komarek, 1988	19
Семейство (Family) Oscillatoriaceae (S. F. Gray) Harvey	
<i>Phormidium irriguum</i> (Kützing ex Gomont) Anagnostidis et Komarek, 1988	18
<i>Oscillatoria limosa</i> Agardh ex Gomont, 1892	1, 8, 17, 19
Семейство (Family) Pseudanabaenaceae Anagnostidis et Komarek, 1998	
<i>Leptolyngbya frigida</i> (Fritsch) Anagnostidis et Komarek, 1988	7
Отдел (Phylum) Ochrophyta Cavalier-Smith, 1995	
Класс (Class) Bacillariophyceae Round et al., 1990	
Семейство (Family) Melosiraceae Kützing, 1844	
<i>Ellerbeckia arenaria</i> (Moore ex Ralfs) Crawford, 1988	7
<i>Melosira nummuloides</i> (Dillwyn) Agardh, 1924	19
<i>M. varians</i> Agardh, 1827	2, 3, 5
Семейство (Family) Aulacoseiraceae R. M. Crawford, 1990	
<i>Aulacoseira ambigua</i> (Grunow) Simonsen, 1979	3

Продолжение табл. 1
Table 1 (continued)

Таксоны Taxa	Водотоки Watercourses
<i>A. distans</i> (Ehrenberg) Simonsen, 1979	3, 5–7, 11
<i>A. islandica</i> (O. Müller) Simonsen, 1979	1
<i>A. italica</i> (Ehrenberg) Simonsen, 1979	1, 3, 5–7, 11, 13, 15, 16, 18
<i>A. subarctica</i> (O. Müller) Haworth, 1988	7
Семейство (Family) Stephanodiscaceae Gleser & Makarova, 1986	
<i>Cyclostephanos dubius</i> (Fricke) Round, 1982	5–7
<i>Cyclotella radiosa</i> (Grunow) Lemmermann, 1900	3, 7, 15, 18
<i>C. meneghiniana</i> Kützing, 1844	5, 7, 9, 11, 16–18
Семейство (Family) Fragilariaceae Hustedt, 1930	
<i>Asterionella formosa</i> Hassall, 1850	3, 19
<i>Diatoma mesodon</i> (Ehrenberg) Kützing, 1844	7, 18
<i>D. tenuis</i> Aghard, 1812	7, 18
<i>D. vulgaris</i> Bory, 1824	7, 9, 12, 18, 19
<i>Fragilaria arcus</i> (Ehrenberg) Cleve, 1898	5, 7, 11, 13, 15, 17–19
<i>F. capucina</i> Desmazieres, 1925	1–3, 5, 7–10, 12–15, 17–19
<i>F. construens</i> (Ehrenberg) Grunow, 1868 var. <i>construens</i>	6, 7
<i>F. construens</i> f. <i>binodis</i> (Ehrenberg) Hustedt, 1957	7
<i>F. crotonensis</i> Kitton, 1869	4, 5, 13, 19
<i>F. nanana</i> Lange-Bertalot, 1991	5
<i>F. pinnata</i> Ehrenberg, 1843	6, 7, 10, 16
<i>F. virescens</i> Ralfs, 1843	14, 16, 18
<i>F. ulna</i> (Nitzsch) Lange-Bertalot, 1980	1, 3–19
<i>Meridion circulare</i> (Greville) Agardh, 1831 var. <i>circulare</i>	7, 13–15
<i>Tabellaria fenestrata</i> (Lyngbye) Kützing, 1844	1, 3, 5–9, 11, 12, 14, 16–19
<i>T. flocculosa</i> (Roth.) Kützing, 1844	1–19
<i>Tetracyclus glans</i> (Ehrenberg) Mills, 1935	6, 16
Семейство (Family) Eunotiaceae Kützing, 1844	
<i>Eunotia bilunaris</i> (Ehrenberg) Mills, 1934	1, 3, 8, 9, 12–14, 17, 18
<i>E. clevei</i> Grunow, 1895	7
<i>E. diodon</i> Ehrenberg, 1837	7, 14, 16
<i>E. exigua</i> (Brébisson ex Kützing) Rabenhorst, 1864	14, 15, 18
<i>E. faba</i> Ehrenberg, 1838	7, 18
<i>E. flexuosa</i> (Brébisson) Kützing, 1849	1
<i>E. formica</i> Ehrenberg, 1843	7
<i>E. gracialis</i> Meister, 1912	7, 16
<i>E. lapponica</i> Grunow ex Cleve, 1895	18
<i>E. monodon</i> Ehrenberg, 1843	14, 16, 18
<i>E. pectinalis</i> (Kützing) Ehrenberg, 1864	1–9, 11–18
<i>E. praerupta</i> Ehrenberg, 1843	1–7, 11, 13, 16, 18
<i>E. septentrionalis</i> Oestrup, 1897	18
<i>E. serra</i> Ehrenberg, 1837 var. <i>serra</i>	5, 6, 8, 10
<i>E. serra</i> var. <i>diadema</i> (Ehrenberg) Patrick, 1958	11, 16
<i>E. sudetica</i> O. Müller, 1898	4, 9, 11, 13, 17
<i>E. veneris</i> (Kützing) De Toni, 1892	1, 7, 14, 15, 18
Семейство (Family) Achnantheae Kützing, 1844	
<i>Cocconeis neodiminuta</i> Krammer, 1991	15
<i>C. pediculus</i> Ehrenberg, 1838	6
<i>C. placentula</i> Ehrenberg, 1838 var. <i>placentula</i>	1, 5, 7, 10, 11, 13–16, 18
<i>C. placentula</i> var. <i>euglypta</i> Ehrenberg, 1838	7
<i>Eucocconeis lapponica</i> Hustedt, 1924	7

Продолжение табл. 1
Table 1 (continued)

Таксоны Taxa	Водотоки Watercourses
<i>Achnanthes biasolettiana</i> Grunow, 1880	7, 15
<i>A. calcar</i> (Cleve) Cleve, 1895	7
<i>A. dispar</i> Cleve, 1891	7
<i>A. flexella</i> (Kützing) Brun, 1880	8, 9, 16, 17
<i>A. laterostrata</i> Hustedt, 1933	7
<i>A. linearis</i> (W. Smith) Grunow	5, 6,
<i>A. minutissima</i> Kützing, 1833	1, 3, 5, 7, 11, 13–16, 18, 19
Семейство (Family) Naviculaceae Kützing, 1844	
<i>Navicula bacillum</i> Ehrenberg, 1843	7
<i>N. capitata</i> var. <i>hungarica</i> (Grunow) Ross, 1947	5
<i>N. cryptocephala</i> Kützing, 1844	7, 13, 19
<i>N. exigua</i> (Gregory) Grunow, 1880	18
<i>N. halophila</i> (Grunow) Cleve, 1894	19
<i>N. peregrina</i> (Ehrenberg) Kützing, 1844	7
<i>N. placentula</i> (Ehrenberg) Kützing, 1844	11, 14, 16, 17
<i>N. pupula</i> Kützing, 1844	7
<i>N. radiosa</i> Kützing, 1844	5–7, 14, 18
<i>N. rhynchocephala</i> Kützing, 1844	7–9, 17
<i>N. trivialis</i> Lange-Bertalot, 1980	14, 15, 18
<i>Diploneis ovalis</i> (Hilse) Cleve, 1891	19
<i>D. parma</i> Cleve, 1891	7
<i>Frustulia rhomboides</i> (Ehrenberg) De Toni, 1891	1–9, 11–13, 15–19
<i>Stauroneis anceps</i> Ehrenberg, 1843	15, 18, 19
<i>Caloneis bacillum</i> (Grunow) Cleve, 1894	7
<i>Pinnularia borealis</i> Ehrenberg, 1843	11, 18
<i>P. divergens</i> W. Smith, 1853	5
<i>P. divergentissima</i> (Grunow) Cleve, 1895	6
<i>P. esox</i> Ehrenberg, 1843	5, 6
<i>P. interrupta</i> W. Smith, 1853	5, 6, 11, 17, 19
<i>P. major</i> (Kützing) Rabenhorst, 1853	7, 13, 18, 19
<i>P. microstauron</i> (Ehrenberg) Cleve, 1891	14
<i>P. nobilis</i> (Ehrenberg) Ehrenberg, 1843	11
<i>P. nodosa</i> (Ehrenberg) W. Smith, 1856	11
<i>P. undulata</i> (Gregory) Krammer, 1992	16
<i>P. viridis</i> (Nitzsch) Ehrenberg, 1843	7–9, 13, 16–19
<i>Cymbella affinis</i> Kützing, 1844	5–7, 10, 11, 13, 16, 19
<i>C. aspera</i> (Ehrenberg) Peragallo, 1949	6, 7, 15, 18
<i>C. cessatii</i> (Rabenhorst) Grunow, 1881	9, 15, 19
<i>C. cistula</i> (Ehrenberg) Kirchner, 1878	7, 14–16
<i>C. cuspidata</i> Kützing, 1844	11
<i>C. hebridica</i> (Grunow) Cleve, 1894	18
<i>C. helvetica</i> Kützing, 1844	7, 14, 15, 18
<i>C. gracilis</i> (Ehrenberg, 1843) Kützing, 1844	9
<i>C. naviculiformis</i> (Auerswald) Cleve, 1894	7, 11, 14, 18
<i>C. prostrata</i> (Berkeley) Cleve, 1894	14, 15
<i>C. proxima</i> Reimer, 1975	14
<i>C. silesiaca</i> Bleisch in Rabenhorst, 1864	3, 5–9, 11–13, 15, 16, 18, 19
<i>C. sinuata</i> Gregory, 1858	7, 16
<i>C. tumidula</i> Grunow, 1875	5, 6, 10
<i>Amphora ovalis</i> (Kützing) Kützing, 1844	5, 14

Продолжение табл. 1
Table 1 (continued)

Таксоны Taxa	Водотоки Watercourses
<i>A. serrata</i> Skabichevskii, 1936	5, 6, 17
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i> (C. Agardh) Lange-Bertalot, 1980	19
<i>Gomphonema acuminatum</i> Ehrenberg, 1832	1–3, 9, 11, 13, 15, 16, 18, 19
<i>G. angustatum</i> (Kützing) Rabenhorst, 1864	14, 15
<i>G. clavatum</i> Ehrenberg, 1832	5–7, 9, 11, 13, 16, 18
<i>G. gracile</i> Ehrenberg, 1838	5–7, 10
<i>G. parvulum</i> (Kützing) Kützing, 1849	1–3, 7–12, 14–16, 18, 19
<i>G. truncatum</i> Ehrenberg, 1832	3, 7–10, 12, 13, 15, 18, 19
<i>G. ventricosum</i> Gregory, 1856	7, 14–16
<i>Didymosphenia geminata</i> (Lyngbye) M. Schmidt, 1899	2, 3, 7, 15, 18
Семейство (Family) Epithemiaceae Grunow, 1860	
<i>Epithemia adnata</i> (Kützing) Brébisson, 1838	3, 5, 6, 8, 13, 19
<i>E. argus</i> (Ehrenberg) Kützing, 1844	18
<i>E. sorex</i> Kützing, 1844	7, 9, 19
<i>E. turgida</i> (Ehrenberg) Kützing, 1844	5, 6, 14, 15, 18
<i>Rhopalodia gibba</i> (Ehrenberg) O. Müller, 1895 var. <i>gibba</i>	19
<i>Rh. gibba</i> var. <i>minuta</i> Krammer, 1987	7, 14, 15
Семейство (Family) Bacillariaceae Ehrenberg, 1840	
<i>Nitzschia microcephala</i> Grunow, 1878	7
Семейство (Family) Surirellaceae Kützing, 1844	
<i>Cymatopleura solea</i> (Brébisson) W. Smith, 1851	19
<i>Stenopterobia delicatissima</i> (Lewis) Brébisson ex Van Heurck, 1896	6
<i>Surirella biseriata</i> Brébisson, 1838	19
<i>S. capronii</i> Brébisson, 1838	19
<i>S. distinguenda</i> Cleve-Euler, 1915	5
<i>S. tenera</i> Gregory, 1856	7, 11
Отдел (Phylum) Euglenophyta	
Класс (Class) Euglenophyceae Schoenichen	
Семейство (Family) Euglenaceae Klebs, 1893	
<i>Trachelomonas volvocina</i> (Ehrenberg) Ehrenberg, 1834	1, 2, 4
Отдел Chlorophyta	
Класс (Class) Chlorophyceae Wille	
Семейство Palmellaceae Lemmermann, 1915	
<i>Sphaerocystis Schroeteri</i> Chodat, 1897	5, 6
Семейство (Family) Ulotrichaceae Kützing	
<i>Ulothrix zonata</i> (F. Weber & Mohr) Kützing, 1843	7
Семейство (Family) Microsporaceae Bohlin	
<i>Microspora pachyderma</i> (Wille) Lagerheim, 1887	15
Семейство (Family) Chaetophoraceae	
<i>Coleochaete scutata</i> Brébisson, 1844	5, 6, 18
<i>Chaetophora elegans</i> (Roth) C. Agardh, 1812	7, 18
<i>Ch. incrassata</i> Hazen, 1902	7
<i>Stigeoclonium tenue</i> (C. Agardh) Kützing, 1843	18
<i>Draparnaldia plumosa</i> (Vaucher) C. Agardh, 1812	7
Семейство (Family) Cladophoraceae (Hass.) Cohn.	
<i>Cladophora fracta</i> (O. F. Müller ex Vahl) Kützing, 1843	18, 19
Семейство (Family) Oedogoniaceae De Bory ex Hirn	
<i>Oedogonium</i> sp.	4, 7, 12, 17, 18
<i>Bulbochaete</i> sp.	3, 7, 14–16

Окончание табл. 1
Table 1 (continued)

Таксоны Taxa	Водотоки Watercourses
Класс (Class) Conjugatophyceae Engler	
Семейство (Family) Spirogyraceae Palla	
<i>Spirogyra</i> sp.	11–12, 14–16, 19
Семейство (Family) Zygnemataceae Palla	
<i>Zygnema</i> sp.	1, 4, 7–9, 11–14, 17–19
Семейство (Family) Mougeotiaceae Palla	
<i>Mougeotia</i> sp.	4, 7, 8, 10–12, 14, 15, 17–19
Семейство (Family) Desmidiaceae Ralfs, 1848	
<i>Closterium cynthia</i> De Notaris, 1867	3–5, 13
<i>C. jeneri</i> Ralfs, 1848	3, 4
<i>C. kuetzingii</i> Brébisson, 1856	1
<i>Cosmarium botrytis</i> Meneghini ex Ralfs, 1848	3, 4
<i>C. impressulum</i> Elfving, 1881	5, 6
<i>C. humile</i> Nordstedt ex De Toni, 1889	2, 4
<i>C. margariferum</i> Meneghini ex Ralfs, 1848	2, 3
<i>C. venustum</i> (Brébisson) W. Archer in Pritchard, 1861	7
<i>Euastrum dubium</i> Nägeli, 1849	11
<i>E. elegans</i> (Brébisson) Kützing, 1848	11
<i>Staurastrum cingulum</i> (W. et G. S. West) G. M. Smith, 1922	3
<i>S. tetracerum</i> Ralfs ex Ralfs, 1848	11, 18
<i>Hyalotheca mucosa</i> Ralfs, 1848	11
Отдел (Phylum) Rhodophyta Wettstein	
Класс (Class) Florideophyceae Cronquist	
Семейство (Family) Acrochaetiaceae Fritsch ex W. R. Taylor	
<i>Audouinella chalybea</i> (A. Roth) Bory, 1823	7, 15, 18
<i>A. hermannii</i> (A. Roth) Duby, 1830	7
Семейство Batrachospermaceae E. M. Fries	
<i>Batrachospermum gelatinosum</i> (Linnaeus) De Candolle, 1801	3, 7, 11, 16, 18

Tolypothrix tenuis (31,6) и *Dichothrix gypsophila* (47,4). В то же время 14 видов выявлены в обрастаниях только в одном из исследованных водотоков.

Красные водоросли представлены в альгофлоре всего тремя видами, но только *Batrachospermum gelatinosum* достаточно постоянен ($pF = 21,1\%$) в перифитоне исследованных рек и однажды на одной станции в перифитоне реки Оланги отмечен среди доминантов.

Набор ведущих семейств отражает северное положение региона. Самым богатым среди семейств является Naviculaceae. Оно содержит 52 вида с внутривидовыми таксонами, что составляет почти треть всех выявленных диатомей. Кроме него основными по фитоценотическому значению являются Eunotiaceae (17), Fragilariaceae (17) и Desmidiaceae (14). Суммарно они включают 100 таксонов рангом ниже

рода, что составляет более половины (56,2%) от определенных.

Среди ведущих родов (62 вида, 35%) первое место в таксономической структуре занимает род *Eunotia*. Он наиболее богат и представлен 17 видами с разновидностями. Более десяти представителей содержатся в родах *Cymbella* (14), *Navicula* и *Pinnularia* (по 11 таксонов).

Структура перифитона в исследованных водотоках достаточно разнообразна в систематическом отношении. 40 видов доминируют по численности в перифитоне на исследованных участках. При этом 78 видов встречены только в одном и еще 28 в двух водотоках. Реально структуру фитоперифитона определяли 17 видов, доминирующих по численности, и 9 видов, доминирующих по биомассе, не на отдельных участках или в пробах, а в перифитоне конкретных рек (табл. 2).

Таблица 2. Структура фитоперифитона в реке Ковде и ее притоках

Table 2. The structure of phytoperiphyton in the Kovda River and its tributaries

Водотоки Watercourses	Spp	Индексы Indexes			Численность Abundance		Биомасса Biomass	
		H	TDI	P&B	Доминанты Dominants	N	Доминанты Dominants	B
Кокойоки Kokoyjoki	26	2,69	2,05	1,14	<i>Fragilaria capucina</i> , <i>Tabellaria flocculosa</i> , <i>Zygnema</i> sp.	8,2	<i>Tabellaria flocculosa</i> , <i>Zygnema</i> sp.	0,7
Кивийоки Kivijjoki	12	1,63	1,82	0,73	<i>Fragilaria capucina</i> , <i>Tabellaria flocculosa</i> , <i>Eunotia pectinalis</i>	3,3	<i>Tabellaria flocculosa</i>	0,4
Мининки Mininki	32	2,00	2,08	0,86	<i>Tabellaria fenestrata</i> , <i>Tabellaria flocculosa</i> , <i>Frustulia rhomboides</i>	12,0	<i>Tabellaria flocculosa</i> , <i>Frustulia rhomboides</i>	3,5
Така Taka	14	0,73	1,95	0,60	<i>Tabellaria flocculosa</i>	8,6	<i>Tabellaria flocculosa</i>	0,4
Карманга Karmanga	44	2,63	2,31	0,93	<i>Dolichospermum affinis</i> , <i>Dichothrix gypsophila</i> , <i>Tabellaria flocculosa</i>	14,8	<i>Tabellaria flocculosa</i>	0,8
Тавайоки Tavayjoki	39	2,31	1,85	0,86	<i>Nostoc verrucosum</i> , <i>Dichothrix gypsophila</i> , <i>Tabellaria flocculosa</i>	18,4	<i>Nostoc verrucosum</i> , <i>Dichothrix gypsophila</i> , <i>Tabellaria flocculosa</i>	1,3
Оланга Olanga	82	2,81	2,13	1,09	<i>Fragilaria capucina</i> , <i>Tabellaria flocculosa</i> , <i>Achnanthes minutissima</i>	9,8	<i>Tabellaria flocculosa</i> , <i>Mougeotia</i> sp.	1,5
Большая Bolshaya	21	2,06	1,58	0,71	<i>Tabellaria flocculosa</i> , <i>Eunotia pectinalis</i> , <i>Eunotia pectinalis</i> , <i>Frustulia rhomboides</i>	3,8	<i>Tabellaria flocculosa</i> , <i>Zygnema</i> sp.	0,2
Ручей б/н 1 Brook 1	25	2,21	1,65	0,84	<i>Tabellaria flocculosa</i> , <i>Eunotia pectinalis</i> , <i>Achnanthes minutissima</i> , <i>Frustulia rhomboides</i>	16,5	<i>Tabellaria flocculosa</i> , <i>Zygnema</i> sp.	1,1
Лохиоя Lokhioya	13	2,11	2,22	1,46	<i>Fragilaria capucina</i> , <i>Achnanthes minutissima</i> , <i>Cymbella affinis</i> , <i>Gomphonema truncatum</i>	19,1	<i>Tabellaria flocculosa</i> , <i>Achnanthes minutissima</i> , <i>Mougeotia</i> sp.	2,1
Нурис Nuris	39	2,52	2,09	1,04	<i>Tabellaria flocculosa</i> , <i>Achnanthes minutissima</i>	17,6	<i>Tabellaria flocculosa</i> , <i>Zygnema</i> sp.	0,6
Ручей б/н 2 Brook 2	16	1,82	1,86	0,82	<i>Tabellaria flocculosa</i> , <i>Eunotia pectinalis</i>	4,9	<i>Tabellaria flocculosa</i> , <i>Zygnema</i> sp.	0,3
Левгус Levgus	27	1,77	2,00	0,76	<i>Tabellaria flocculosa</i> , <i>Eunotia pectinalis</i>	24,0	<i>Tabellaria flocculosa</i> , <i>Zygnema</i> sp.	2,3
Селкяйоки Selkayjoki	36	2,30	2,31	1,28	<i>Eunotia veneris</i> , <i>Cocconeis placentula</i>	15,5	<i>Tabellaria flocculosa</i> , <i>Cocconeis placentula</i> , <i>Spirogyra</i> sp., <i>Mougeotia</i> sp.	1,1
Мянтюйоки Myantuyjoki	39	2,86	1,94	1,14	<i>Tolypothrix tenuis</i> , <i>Eunotia pectinalis</i> , <i>Eunotia veneris</i> , <i>Spirogyra</i> sp.	18,0	<i>Tabellaria flocculosa</i> , <i>Spirogyra</i> sp.	1,9
Силтайоки Siltayjoki	37	2,80	1,97	0,90	<i>Dichothrix gypsophila</i> , <i>Tabellaria fenestrata</i> , <i>Achnanthes minutissima</i> , <i>Cymbella affinis</i> , <i>Bulbochaete</i> sp.	11,6	<i>Tabellaria flocculosa</i> , <i>Achnanthes minutissima</i> , <i>Oedogonium</i> sp.	0,8
Винча Vincha	20	2,00	2,00	0,69	<i>Fragilaria capucina</i> , <i>Tabellaria flocculosa</i> , <i>Frustulia rhomboides</i>	2,2	<i>Tabellaria flocculosa</i> , <i>Zygnema</i> sp., <i>Mougeotia</i> sp.	2,4
Муткайоки Mutkayjoki	67	2,93	2,04	1,31	<i>Tabellaria flocculosa</i> , <i>Achnanthes minutissima</i>	14,7	<i>Tabellaria flocculosa</i> , <i>Achnanthes minutissima</i> , <i>Stigonema mamillosum</i>	1,2

Окончание табл. 2
Table 2 (continued)

Водотоки Watercourses	Spp	Индексы Indexes			Численность Abundance		Биомасса Biomass	
		H	TDI	P&B	Доминанты Dominants	N	Доминанты Dominants	B
Ковда Kovda	45	2,97	2,11	1,43	<i>Fragilaria capucina</i> , <i>Tabellaria flocculosa</i>	12,1	<i>Fragilaria capucina</i> , <i>Tabellaria flocculosa</i> , <i>Cladophora fracta</i>	1,6

Примечание. Spp – число видов; N (10^4 кл./см²) и B (мг/см²) – средние значения численности, биомассы, индексов: разнообразия Шеннона (H), сапробности по Пантле и Букку (P&B) и трофического диатомового индекса (TDI).

Note. Spp – number of species; N (10^4 cells cm⁻²) and B (mg cm⁻²) – average abundance, biomass, indices: Shannon diversity (H), saprobity by Pantle and Buck (P&B), and trophic diatomic index (TDI).

На фоне стабильной таксономической структуры группировок фитоперифитона отмечены заметные изменения количественных характеристик. Колебания численности водорослей в период наблюдений достигали на исследованных участках нескольких порядков – от $0,1 \times 10^4$ до 1310×10^4 кл./см², а биомасса изменялась от 0,01 до 28,4 мг/см² субстрата, достигая максимума при доминировании нитчатых зеленых водорослей.

Сравнение фитоперифитона позволяет выделить две группы водотоков (рис. 2).

Специфичность фитоперифитона в выделенных кластерах определяется как структурой

доминирующего комплекса, так и разнообразием аллохтонной флоры. Структура последней в свою очередь зависит от размеров водотока, количества и трофности проточных озер, а также от заболоченности частных водосборов водотоков. Кластер А объединяет более крупные водотоки, где структура фитоперифитона более разнообразна, в то время как кластер В включает небольшие водотоки и ручьи.

Соотношение экологических групп водорослей в перифитоне исследованных водотоков достаточно сходно. Структуру обрастаний формируют типичные прикрепленные формы (N = 44–93 %). Только в реке Мининки ниже

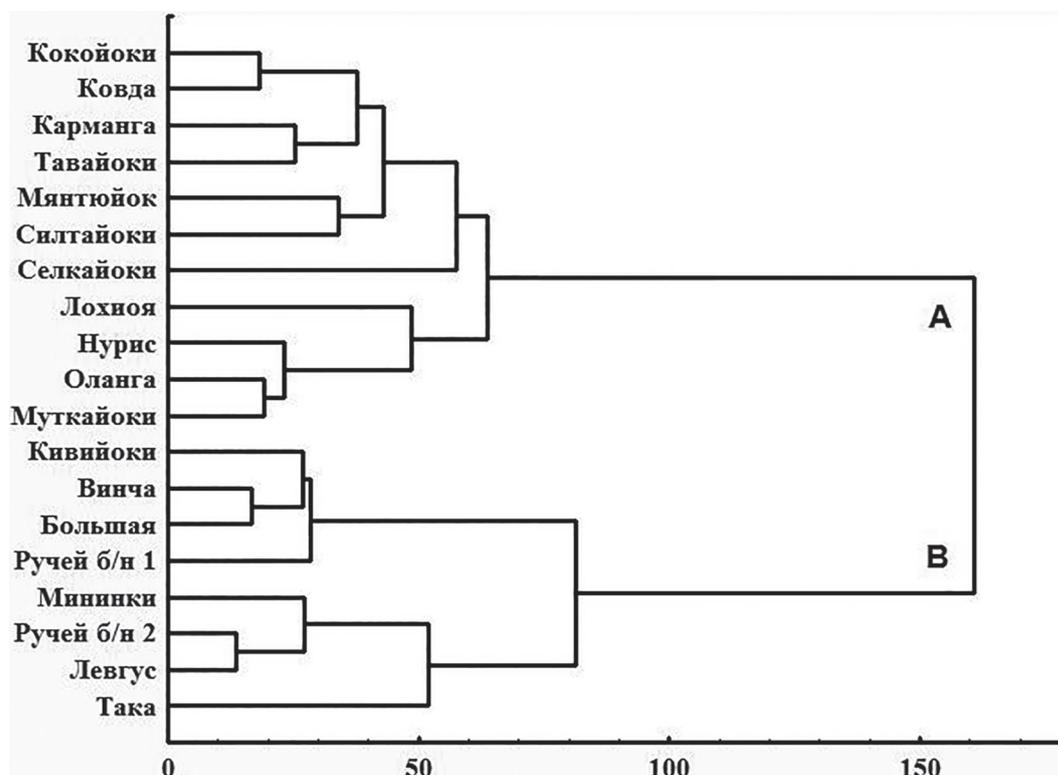


Рис. 2. Дендрограмма сходства фитоперифитона водотоков

Fig. 2. Dendrogram of phytoplankton similarity in watercourses

истока из озера Тунгозеро планктонные виды достаточно разнообразны ($S = 53\%$) и их роль в формировании структуры фитоперифитона достаточно заметна ($N = 24\%$). Низкое обилие планктонных форм связано с преобладанием открытой каменистой литорали, низкой трофностью проточных озер и отсутствием цветения, при котором вызывающие его в водоемах Карелии виды (*Microcystis*, *Dolichospermum* и *Oscillatoria*) [Комулайнен, 2016]) могут доминировать и в перифитоне. Разнообразие десмидиевых планктонных водорослей, наблюдаемое в перифитоне, из-за их малочисленности не приводит к перестройке структуры альгоценозов.

Состав выявленных водорослей в биогеографическом плане характеризуется высоким разнообразием космополитов (30–57%) и бореальных (15–55%) видов, количество которых существенно превышает число арктоальпийских.

Среди идентифицированных нами таксонов водорослей 72 являются индикаторами acidификации и минерализации. В наибольшем количестве в перифитоне исследованных водных объектов представлены индифференты, которые составляют более 50% от всех индикаторных форм, при высоком разнообразии acidофилов и галофилов.

Качество или степень органического загрязнения воды обследованных водотоков оценивали по выявленным видам – индикаторам сапробности (136 видов), большинство из которых относится к олиго- (27,2%), олиго-*b*- (22,8%) и *b*-мезосапробным (19,1%) формам. Однако, так как ксено- и ксеноолигосапробы (20,5%) чаще входят в состав доминирующего комплекса, чем виды – индикаторы повышенной трофности, значения индексов (табл. 2) соответствуют олигосапробной зоне самоочищения, II классу чистоты воды – практически чистые воды по классификации Сладечека.

Заключение

Альгофлора перифитона реки Ковды и ее притоков в таксономическом, географическом и экологическом отношении достаточно гетерогенна. Она представляет собой комплекс различных элементов, отношение которых обусловлено природной зональностью, изменением климата в прошлую и современную эпохи, особенностями ландшафта и топографией водосборов, морфометрией и гидрологическими характеристиками рек и озер.

Структура фитоперифитона носит естественный характер, и ее изменения не связаны с увеличением антропогенной нагрузки. Она

отражает естественную биотопическую неоднородность исследованных водотоков и их участков.

Таксономический состав фитоперифитона с учетом средних значений индексов разнообразия, плотности формируемых группировок позволяет судить о высокой степени развития в озерах и реках фитоперифитона, обладающего жизненной активностью, саморегуляцией и относительной устойчивостью.

Проведенный санитарно-биологический анализ качества вод показал, что обследованные водотоки и водоемы несут практически чистые воды, которые, согласно системе оценки качества вод по сапробности водорослей, относятся к олигосапробной зоне самоочищения, II классу чистоты воды – практически чистые воды по классификации Сладечека.

Структурные характеристики сообществ фитоперифитона представляются информативными при решении теоретических и прикладных задач типизации водоемов и проведении мониторинга.

Кратковременный период наших наблюдений на некоторых исследованных водотоках не позволяет считать список видов достаточно полным. Дальнейшие более детальные исследования помогут дополнить список видовой состава, выявить сезонную динамику видовой структуры, численности и биомассы фитоперифитона.

Финансовое обеспечение исследований осуществлялось из средств федерального бюджета на выполнение государственного задания КарНЦ РАН (0221-2014-0038, 0221-2017-0045).

Литература

Барина С. С., Медведева Л. А., Анисимова О. В. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды. Тель-Авив: Pilies Studio, 2006. 498 с.

Берсонов С. А. Водноэнергетический кадастр Карельской АССР. М.; Л.: АН СССР, 1960. 407 с.

Генкал С. И., Чекрыжева Т. А., Комулайнен С. Ф. Диатомовые водоросли водоемов и водотоков Карелии / Отв. ред. В. Т. Девяткин. М.: Научный мир, 2015. 202 с.

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

Комулайнен С. Ф. Структура и функционирование фитоперифитона в реках национального пар-

ка Паанаярви // Труды КарНЦ РАН. 2003б. № 3. С. 124–129.

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

Комулайнен С. Ф. Цианопхита/Цианопрокариота в перифитоне рек Восточной Фенноскандии: роль в экосистемах, опыт изучения и проблемы // Труды КНЦ РАН. Прикладная экология Севера. 2016. № 7–4(41). С. 14–23.

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

Литвиненко А. В. К истории гидроэнергетического освоения водных объектов Карелии // Экологические исследования природных вод Карелии / Ред. Филатов Н. Н., Морозов А. К., Кухарев В. И., Сало Ю. А., Регеранд Т. И. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 1999. С. 21–27.

Лозовик П. А., Шкиперова О. Ф., Зобков М. Б., Платонов А. В. Геохимические особенности поверхностных вод Карелии и их классификация по химическим показателям // Труды КарНЦ РАН. 2006. Вып. 9. С. 130–143.

Ресурсы поверхностных вод СССР: Основные гидрологические характеристики. Т. 2. Карелия и Северо-Запад. Л.: Гидрометеоздат, 1972. 527 с.

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

Чекрыжева Т. А. Фитопланктон озера Паанаярви и его притоков // Природа и экосистемы Паанаярвского национального парка. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2003. С. 126–138.

Kelly M. G. Data rich, information poor? Phytobenthos assessment and the Water Framework Directive // Eur. J. Phycol. 2013. Vol. 48. P. 437–450.

Kelly M. G., Whitton B. A. The trophic Diatom index: a new index for monitoring eutrophication in rivers // J. Appl. Phycol. Vol. 7, iss. 4. 1995. P. 433–444.

Komulainen S. The green algae as structural element of phytoplankton communities in streams of the Northwestern Russia // Biology. 2008. Vol. 63, no. 6. P. 859–865.

Komulainen S. Diatoms of periphyton assemblages of small rivers in North-Western Russia // Trento: Studi Trentini di Scienze Naturali. 2009. Vol. 84. P. 153–160.

Pantle R., Buck H. Die biologische Überwachung der Gewässer und die Darstellung der Ergebnisse // Gas- und Wasserfach. Bd. 96. 18. 1955. 604 p.

Shannon C. E., Weaver W. The Mathematical theory of communication. Urbana (Illinois): Univ. of Illinois Press, 1963. 345 p.

Simpson E. H. Measurement of diversity. Nature. 1949. Vol. 163. 688 p.

Stevenson R. J., Smol J. P. Use of algae in environmental assessments // Freshwater Algae of North America, Ecol. and Classification / Wehr J. D., Sheath R. G. (eds.). San Diego: Academic Press, 2003. P. 775–804.

Поступила в редакцию 14.01.2019

References

Barinova S. S., Medvedeva L. A., Anisimova O. V. Bioraznoobrazie vodoroslei-indikatorov okruzhayushchei sredy [Diversity of algal indicators in the environmental assessment]. Tel'-Aviv: Pilies Studio, 2006. 498 p.

Bersonov S. A. Vodnoenergeticheskii kadastr Karelii'skoi ASSR [Water and power cadastre of the Karelian ASSR]. Moscow; Leningrad: AN SSSR, 1960. 407 p.

Chekryzheva T. A. Fitoplankton ozera Paanayarvi i ego pritokov [Phytoplankton of Lake Paanayarvi and its tributaries]. *Priroda i ekosistemy Paanayarvskogo natsional'nogo parka* [Nature and ecosystems of the Paanayarvi National Park]. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2003. P. 126–138.

Genkal S. I., Chekryzheva T. A., Komulainen S. F. Diatomovye vodorosli vodoemov i vodotokov Karelii [Diatom algae of water bodies and watercourses in Karelia]. Moscow: Nauchnyi mir, 2015. 202 p.

Komulainen S. F. Perifiton v rekakh Paanayarvskogo natsional'nogo parka [Periphyton in rivers of the Paanayarvi National Park]. *Priroda i ekosistemy Paanayarvskogo natsional'nogo parka* [Nature and ecosystems of the Paanayarvi National Park]. Petrozavodsk: KarRC RAS, 1995. P. 126–138.

Komulainen S. F. Metodicheskie rekomendatsii po izucheniyu fitoperifitona v mal'nykh rekakh [Guidelines to phytoplankton study in small rivers]. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2003. 43 p.

Komulainen S. F. Struktura i funktsionirovanie fitoperifitona v rekakh natsional'nogo parka Paanayarvi

[Structure and functioning of phytoplankton in rivers of the Paanajarvi National Park]. *Trudy KarNTs RAN* [Trans. KarRC RAS]. 2003. No. 3. P. 124–129.

Komulainen S. F. Fitoperifiton rek Respubliki Kareliya [Phytoplankton in rivers of the Republic of Karelia]. *Botanicheskii zhurn.* [Botanical J.]. 2004. Vol. 89, no. 3. P. 18–35.

Komulainen S. F. Цианопхита/Цианопрокариота в перифитоне рек Восточной Фенноскандии: роль в экосистемах, опыт изучения и проблемы [Cyanophyta/Cyanoprocaryota in periphyton of Eastern Fennoscandia rivers: role in ecosystems, experience of study, and problems]. *Trudy KNTs RAN. Priklad. ekol. Severa* [Proceed. of the Kola Science Centre RAS. Appl. Ecol. North]. 2016. Vol. 7–4, no. 41. P. 14–23.

Komulainen S. F., Chekryzheva T. A., Vislyanskaya I. G. Al'goflora ozer i rek Karelii. Taksonomicheskii sostav i ekologiya [Algoflora of lakes and rivers of Karelia. The taxonomic composition and ecology]. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2006. 78 p.

Litvinenko A. V. K istorii gidroenergeticheskogo osvoeniya vodnykh ob'ektov Karelii [On the history of hydropower development of Karelian water objects]. *Ekol. issled. prirod. vod Karelii* [Ecol. studies of Karelian natural waters]. Petrozavodsk: KarRC RAS, 1999. P. 21–27.

Lozovik P. A., Shkiperova O. F., Zobkov M. B., Pлатонов А. В. Геохимические особенности поверхностных вод Карелии и их классификация по химическим показателям [Geochemical properties of Karelian surface

water and their classification by chemical parameters]. *Trudy KarNTs RAN* [Trans. KarRC RAS]. 2006. Iss. 9. P. 130–143.

Resursy poverkhnostnykh vod SSSR: Osnovnye gidrologicheskie kharakteristiki. Kareliya i Severo-Zapad [Resources of surface waters of the USSR: Main hydrological characteristics. Karelia and the North-West]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1972. Vol. 2. 527 p.

Rundina L. A. Zignemovye vodorosli Rossii (Chlorophyta: Zygnematophyceae, Zygnematales) [Zygnemataceous algae (Chlorophyta: Zygnematophyceae, Zygnematales) of Russia]. St. Petersburg: Nauka, 1998. 351 p.

Kelly M. G. Data rich, information poor? Phytobenthos assessment and the Water Framework Directive. Eur. J. Phycol. 2013. Vol. 48. P. 437–450.

Kelly M. G., Whitton B. A. The trophic Diatom index: a new index for monitoring eutrophication in rivers. J. Appl. Phycol. 1995. Vol. 7, iss. 4. P. 433–444.

Komulainen S. The green algae as structural element of phytoperiphyton communities in streams

of the Northwestern Russia. Biology. 2008. Vol. 63, no. 6. P. 859–865.

Komulainen S. Diatoms of periphyton assemblages of small rivers in North-Western Russia. Trento: Studi Trentini di Scienze Naturali. 2009. Vol. 84. P. 153–160.

Pantle R., Buck H. Die biologische Überwachung der Gewässer und die Darstellung der Ergebnisse. Gas- und Wasserfach. 1955. Bd. 96. 18. 604 p.

Shannon C. B., Weaver W. The Mathematical theory of communication. Urbana (Illinois): Univ. of Illinois Press, 1963. 345 p.

Simpson E. H. Measurement of diversity. Nature. 1949. Vol. 163. 688 p.

Stevenson R. J., Smol J. P. Use of algae in environmental assessments. Freshwater Algae of North America, Ecol. and Classification. Wehr J. D., Sheath R. G. (eds.). San Diego: Academic Press, 2003. P. 775–804.

Received January 14, 2019

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Комулайнен Сергей Федорович

ведущий научный сотрудник, д. б. н.
Институт биологии КарНЦ РАН,
Федеральный исследовательский центр
«Карельский научный центр РАН»
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия,
Россия, 185910
эл. почта: komsf@mail
тел.: (8142) 561679

CONTRIBUTOR:

Komulainen, Sergey

Institute of Biology, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: komsf@mail
tel.: (8142) 561679