

ISSN 0868-854 (Print)

ISSN 2413-5984 (Online). *Algologia*. 2019, 29(2): 155–170<https://doi.org/10.15407/alg29.02.155>

КОМУЛАЙНЕН С.Ф.

Институт биологии Карельского научного центра РАН,
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск 185910, Республика Карелия, Россия
komsf@mail.ru

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

Исследован фитоперифитон р. Кемь и 9 ее притоков в Республике Карелия. Проведен анализ таксономического состава, экологии и пространственной динамики. Выявлено 179 видов, разновидностей и форм водорослей из 5 отделов: *Cyanophyta* (*Cyanoprokaryota*) – 27, *Ochrophyta* – 111, *Dinophyta* – 1, *Rhodophyta* – 2 и *Chlorophyta* – 38. Обсуждаются основные принципы формирования структуры фитоперифитона. На основе анализа таксономического состава и структуры фитоперифитона определены черты сходства его состава. Данная альгофлора характеризуется значительной асимметрией на уровне отделов. Отдел *Ochrophyta*, включающий 111 видов из трех классов, доминирует по видовому богатству. Ведущим классом здесь является *Bacillariophyceae*, что характерно для структуры фитоперифитона пресноводных систем Республики Карелия. Состав ведущих семейств характерен также для северного региона. Основные по фитоценолотическому значению *Fragilariaceae* – 16 видов, *Naviculaceae* – 47 и *Desmidiaceae* – 19. В сумме они составляют 82 вида – почти 50% найденных видов. В группу ведущих родов (59 видов, 33 %) входят *Cymbella* S. Agardh – 15 видов, *Eunotia* Ehrenberg – 14, *Navicula* Bory – 12, *Cosmarium* Ralfs и *Fragilaria* Lyngbye – по 9 видов. Структуру перифитона формируют виды, заметно различающиеся по размеру – от нескольких микрон до нескольких сантиметров. Виды, доминирующие по количеству и биомассе, заметно отличаются. По численности преобладали 35 видов; в перифитоне на исследованных участках она изменялась от $0,1 \times 10^4$ до $1690,5 \times 10^4$ кл/см². Однако 16 видов преобладали только на одном участке и еще 6 – на двух. Лишь 4 вида-доминанта (*Tabellaria fenestrata* (Lyngbye) Kützing, *Tabellaria flocculosa* (Lyngbye) Kützing, *Eunotia pectinalis* (Kützing) Rabenhorst и *Achnanthes minutissima* Kützing) имели частоту встречаемости более 50%. К доминирующим по биомассе видам отнесены 11 видов, концентрация субстрата которых в водотоках изменялась от 0,01 до 11,8 мг/см². В эколого-географических спектрах водорослей преобладали 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 ко второму классу чистоты.

Ключевые слова: доминирующие виды, Карелия, река Кемь, притоки, таксономия, фитоперифитон, экология

Введение

Водоросли занимают ведущее положение в структуре гидробиоценозов по количеству видов, создают большую часть суммарной первичной про-

© Комулайнен С.Ф., 2019

дукции и лежат в основе пищевых цепей. 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 являются информативными при решении теоретических и прикладных задач типизации водоемов и проведении мониторинга (Kelly, 2013).

Река Кемь – первая по величине озерно-речная система Республики Карелия. До середины XX ст. водоемы и водотоки экосистемы реки оставались малоизученными. Это объясняется отсутствием широко-масштабной хозяйственной деятельности местного населения, плотность которого была небольшой. В бассейне р. Кемь проводился сплав древесины, был развит водный транспорт, осуществлялся рыбный промысел, что не влияло на качество воды.

Заметное увеличение уровня антропогенной нагрузки в последние десятилетия XX ст. в бассейне реки связано с созданием каскада гидроэлектростанций и разработкой Костомукшского железорудного месторождения. Это привело к возрастающей антропогенной нагрузке на окружающую среду и изменению качества поверхностных вод. В настоящее время на реке расположены четыре ГЭС. По объему водопотребления в карельской части бассейна Белого моря Костомукшский промузел в настоящее время занимает второе место после Сегежского. Основные источники загрязнения – техногенные воды Костомукшского горно-обогатительного комбината (ГОК), которые характеризуются повышенной (свыше 500 мг/л) минерализацией.

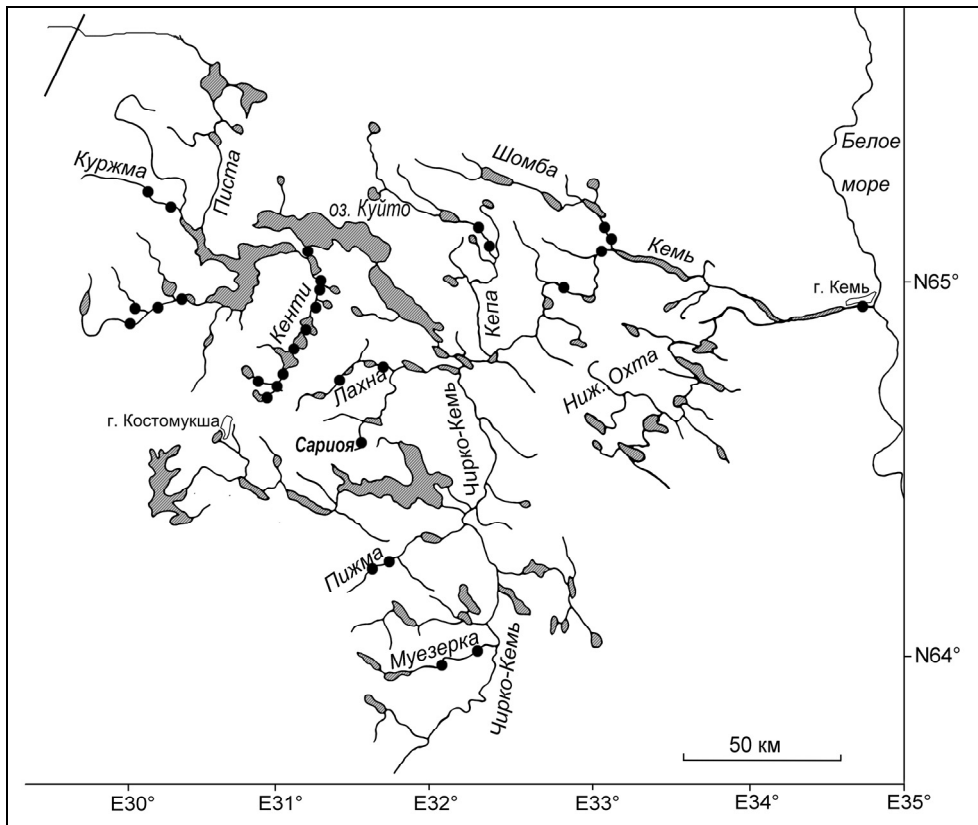
Альгологические исследования на территории Восточной Фенно-скандии проводятся давно (Komulaunen, 2007). Однако для многих водоемов и водотоков инвентаризация альгофлоры и анализ структуры альгоценозов остаются актуальными. Изучение бассейна р. Кемь началось во второй половине XX ст. и было посвящено исследованию фитопланктона реки и озер ее бассейна (Трифорова, 1973; Вислянская, 2007; Генкал, Чекрыжева, 2014, 2016). Исследования структуры альгоценозов проводили только на притоке р. Кенти. Они включали изучение фитопланктона (Чекрыжева, 1995) и анализ структуры альгоценозов обрастаний (Комулайнен, 1995; Генкал, Комулайнен, 2008; Komulaunen, Chekryzheva, 2013). В структуре альгофлоры перифитона в верховье р. Кенти было отмечено снижение плотности и видового богатства фитопланктона. Это могло быть следствием поступления высокоминерализованных вод, содержащих большое количество взвешенного в воде минерального вещества из хвостохранилища, однако это не было столь катастрофично.

В 2006 г. началось строительство Белопорожской ГЭС. В связи с этим в бассейне р. Кемь были проведены химический анализ воды и инвентаризация сообществ водных организмов в естественных условиях и при антропогенном воздействии.

Цель данной работы – изучение особенностей состава и экологии фитоперифитона в разнотипных водотоках р. Кемь, получение необходимых данных для проведения дальнейшего экологического мониторинга в регионе.

Материалы и методы

Материалом для работы послужили сборы, собранные в августе 2013 г. на 29 станциях р. Кемь и девяти ее притоках (см. рисунок) с камней (эпилитон) и макрофитов (эпифитон) по стандартным методикам (Комулайнен, 2003).



Карта расположения станций отбора проб в бассейне р. Кемь

Станции отбора проб были выбраны на участках, имеющих разную морфометрию, гидрологический режим и уровень антропогенной нагрузки. На каждой станции кроме качественных отбирали 3–5 количественных проб в зависимости от разнообразия субстратов. При составлении списка водорослей учитывали данные более ранних исследований фитоперифитона в р. Кенти.

Водоросли определяли с помощью микроскопа Olympus CX41 с цифровой камерой Epa (D30-D3Cplus). При идентификации таксонов использовали определители пресноводных водорослей. Цианобактерии

(*Cyanophyta*): Komárek, Fott, 1983; Komárek, Anagnostidis, 1998, 2005; Komárek, 2013. *Bacillariophyta*: Krammer, Lange-Bertalot, 1986, 1988, 1991a, b. *Chrysophyta*: Starmach, 1985. *Dinophyta*: Киселев, 1954. *Chlorophyta*: Косинская, 1952, 1960; Паламарь-Мордвинцева, 1982, 1984; Мошкова, Голлербах, 1986; Рундина, 1998. *Rhodophyta*: Eloranta, Kwandrans, 2007. *Euglenophyta*: Попова, 1955. 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.

При составлении аннотированного списка водоросли приведены по схеме, принятой в *Süsswasserflora von Mitteleuropa* с уточнением названий некоторых видов по современным сводкам. Порядки, семейства и роды расположены по порядку, принятому в определителях, а виды в родах — по алфавиту.

Для оценки роли отдельных таксонов в формировании группировок вычисляли частоту встречаемости (pF) и доминирования (DF), среднее относительное разнообразие видов (Spr%), обилие 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 определяли с использованием индексов видового разнообразия (Shannon, Weaver, 1963) и доминирования (Simpson, 1949), качество воды и их трофность — по методу Пантле и Букка (Pantle, Buck, 1955) с применением трофического диатомового индекса — *TDI* (Kelly, Whitton, 1995). Экологическую принадлежность водорослей устанавливали согласно работе С.С. Бариновой с соавт. (2006).

Результаты и обсуждение

Началом р. Кемь, как правило, считается её исток — оз. Куйто, однако реально верховье реки — оз. Йоукамоярви, расположенное в Финляндии. Таким образом, общая длина реки более 300 км, площадь водосбора более 30 тыс. км². Река протекает через ряд озёр и впадает в пролив Западная Соловецкая Салма Белого моря, питается природными осадками, среднегодовой расход воды в устье 250–290 м³/с.

Высокая озерность, заболоченность, доминирование карбонатных пород, слабое антропогенное воздействие объясняется химическим составом исследованных водотоков. Воды р. Кемь и ее притоков — гидрокарбонатно-кальциевого типа, маломинерализованные (10–20 мг/л). Только в верховье р. Кент отмечено увеличение минерализации до 200–300 мг/л. Цветность по сравнению с другими реками Прибеломорской низменности, которая иногда достигает 400–600°, невысока и изменяется от 30 до 120°. Содержание общего фосфора не превышает 11 мг/л и отвечает региональным фоновым значениям для поверхностных вод Республики Карелия. Температура воды в период отбора проб изменялась от 14 (р. Муезерка) до 18 °С (р. Кемь).

Видовое богатство и соотношение различных таксономических групп в альгоценозах является одним из основных показателей структуры. Всего за период исследований в перифитоне исследованных водотоков выявлено 179 видов водорослей рангом ниже рода, принадлежащих к 5 отделам, 16 порядкам 37 семействам и 75 родам (см. список).

Список таксонов, выявленных в фитоперифитоне на станциях исследования в водотоках

(Муезерка – 1, Пижма – 2, Сарюя – 3, Кепа – 4, р. Кемь – 5, Лахна – 6, Уоюкинйоки – 7, Кенти – 8, Шоба – 9, Куржма – 10)

Отдел *Cyanophyta* (*Cyanoprokaryota*). Класс *Cyanophyceae* Schaffner. Порядок *Chroococcales* R.Wettstein et Wettstein. Семейство *Merismopediaceae* Elenkin: *Woronichinia naegeliana* (Unger) Elenkin 1933 (5, 8). Семейство *Microcystaceae* Elenkin: *Microcystis aeruginosa* (Kützing) Kützing 1846 (7–9). Семейство *Chroococcaceae* Nägeli: *Chroococcus limneticus* Lemmermann 1898 (8). Порядок *Synechococcales* L.Hoffmann, J.Komárek & J.Kastovsky. Семейство *Chamaesiphonaceae* Borzi: *Chamaesiphon confervicolus* A.Braun 1865 (9). Порядок *Nostocales* T.Cavalier-Smith. Семейство *Scytonemataceae* Rabenhorst ex Bornet et Flahault: *Scytonema crispum* Bornet ex De Toni (6). Семейство *Rivulariaceae* Kützing ex Bornet et Flahault: *Dichothrix gypsophila* (Kützing) Bornet et Flahault 1886 (8); *Calothrix parietina* Thuret ex Bornet et Flahault 1886 (7, 8); *C. ramenskii* Elenk. (8); *Rivularia aquatica* Wildeman 1897 (8). Семейство *Microchaetaceae* Lemmermann: *Tolypothrix distorta* Kützing ex Bornet et Flahault 1887 (8); *T. elenkinii* Hollerbach 1923 (4, 6); *T. saviczii* Kossinsk 1928 (7, 8); *T. tenuis* Kützing ex Bornet et Flahault 1887 (2, 6, 8). Семейство *Nostocaceae* C.A.Agardh: *Aphanizomenon flos-aquae* Ralfs ex Bornet et Flahault 1886 (5); *Dolichospermum flos-aquae* Brébisson (ex Bornet et Flahault) Waecklin et al. 2009 (8); *D. lemmermannii* (Richter) Waecklin et al. 2009 (5); *D. solitarium* (Klebahn) Waecklin et al. 2009 (5). Порядок *Stigonematales* Geitler. Семейство *Hapalosiphonaceae* Elenkin: *Hapalosiphon pumilus* Kützing ex Bornet et Flahault 1886 (6). Семейство *Stigonemataceae* Borzi: *Stigonema mamillosum* (Lyngbye) Agardh ex Bornet et Flahault 1886 (1, 2, 6–8). Порядок *Oscillatoriales* Schaffner. Семейство *Pseudanabaenaceae* Anagnostidis et Komárek: *Planktolyngyia limnetica* (Lemmermann) Komarkova-Legnerova 1992 (8); *Leptolyngbya bijugatum* (Kongisser) Anagnostidis et Komárek 1988 (8). Семейство *Schizothrichaceae* Elenkin: *Schizothrix lacustris* A. Braun ex Gomont 1892 (8). Семейство *Phormidiaceae* Anagnostidis et Komarek: *Planktothrix agardhii* (Gomont) Anagnostidis et Komárek 1988 (5, 8). Семейство *Oscillatoriaceae* (S.F.Gray) Harvey: *Phormidium chlorinum* (Kützing ex Gomont) Anagnostidis 2001 (8); *P. irriguum* (Kützing ex Gomont) Anagnostidis et Komárek 1998 (8, 10); *Oscillatoria limosa* Agardh ex Gomont 1892 (5, 8); *O. tenuis* Agardh ex Gomont 1892 (5, 8). Отдел *Ochrophyta* Cavalier-Smith. Класс *Chrysophyceae* Pascher. Порядок *Ochromonadales* Bourrelly. Семейство *Dinobryonaceae* Ehrenberg: *Dinobryon sociale* (Ehrenberg) Ehrenberg 1834 (1). Класс *Xanthophyceae* Allorge. Порядок *Vaucheriales* (Naegeli) Bohlin. Семейство *Vaucheriaceae* Dumortier: *Vaucheria* sp. (1). Класс *Bacillariophyceae*. Порядок *Centrales*. Семейство *Melosiraceae* Kützing: *Melosira varians* Agardh 1827 (4, 5, 7). Семейство *Stephanodiscaceae* Gleser & Makarova: *Cyclotella bodanica* Grunow 1878 (7); *Cyclotella radiosa* (Grunow) Lemmermann 1900 (8). Семейство *Aulacoseiraceae* Moisseva:

Aulacoseira ambigua (Grunow) Simonsen 1979 (5); *A. distans* (Ehrenberg) Simonsen 1979 (5, 6, 8–10); *A. lirata* (Ehrenberg) Ross 1986 (5); *A. islandica* (O.Müller) Simonsen 1979 (2, 3, 5–8); *A. italica* (Ehrenberg) Simonsen 1979 (5–8); *A. subarctica* (O.Müller) Haworth 1988 (4, 5, 9). Порядок **Pennales**. Семейство **Fragilariaceae** Hustedt: *Tetracyclus glans* (Ehrenberg) Mills 1935 (4); *Diatoma anceps* (Ehrenberg) Kirchner 1878 (8); *D. tenuis* Agardh 1812 (8); *Meridion circulare* (Greville) Agardh 1831 var. *circulare* (1); *M. circulare* var. *constrictum* (Ralfs) Van Heurck 1880 (2); *Asterionella formosa* Hassall 1850 (5, 8); *Tabellaria fenestrata* (Lyngbye) Kützing 1844 (1, 5–8, 10); *T. flocculosa* (Roth) Kützing 1844 (1, 2, 4–8, 10); *Fragilaria arcus* (Ehrenberg) Cleve 1898 (5, 8); *Fragilaria capucina* Desmazieres 1925 (1, 4, 5, 8, 9); *F. crotonensis* Kitton 1869 (5); *F. leptostauron* (Ehrenberg) Hustedt 1931 (8); *F. nanana* Lange-Bertalot 1991 (8); *F. pinnata* Ehrenberg 1843 (8); *F. pulchella* (Ralfs ex Kützing) Lange-Bertalot 1980 (8); *F. virescens* Ralfs 1843 (6, 8); *F. ulna* (Nitzsch) Lange-Bertalot 1980 (1, 3–10). Семейство **Eunotiaceae** Kützing: *Eunotia bidentula* W.Smith 1856 (8); *E. bilunaris* (Ehrenberg) Mills 1934 (2, 5–8); *E. diodon* Ehrenberg 1837 (8); *E. fallax* A.Cleve var. *fallax* 1895 (8); *E. fallax* var. *groenlandica* (Grunow) Lange-Bertalot et Nörpel 1991 (8); *E. faba* Ehrenberg 1838 (8); *E. formica* Ehrenberg 1843 (8); *E. lapponica* Grunow 1895 (5, 8); *E. monodon* Ehrenberg 1843 (8); *E. pectinalis* (Kützing) Ehrenberg 1864 (1–8, 10); *E. praerupta* Ehrenberg 1843 (6, 8, 10); *E. serra* Ehrenberg 1837 (10); *E. sudetica* O.Müller 1898 (1, 5–8, 10); *E. veneris* (Kützing) De Toni 1892 (8). Семейство **Achnanthaceae** Kützing: *Achnanthes flexella* (Kützing) Brun 1880 (8); *A. linearis* (W.Smith) Grunow (7, 8); *A. minutissima* Kützing 1833 (4, 5–8); *Cocconeis neodiminuta* Krammer 1991 (8); *C. pediculus* Ehrenberg 1838 (5, 6); *Eucoocconeis minuta* (Cleve) Meister 1912 (8). Семейство **Naviculaceae** Kützing: *Navicula angusta* Grunow 1860 (5); *N. cincta* (Ehrenberg) Ralfs 1861 (9); *N. cryptocephala* Kützing 1844 (8); *N. exigua* (Gregory) Grunow 1880 (5); *N. falsiensis* (Grunow) Kramer & Lange-Bertalot 1985 (8); *N. mutica* Kützing 1844 (8); *N. placentula* (Ehrenberg) Kützing 1844 (5); *N. pupula* Kützing 1844 (8); *N. radiosa* Kützing 1844 (8); *N. rhynchocephala* Kützing 1844 (5, 8); *N. trivialis* Lange-Bertalot 1980 (8); *N. viridula* var. *rostelata* (Kützing) Cleve 1895 (7); *Stauroneis anceps* Ehrenberg 1843 (6, 8); *S. phoenicenteron* (Nitzsch) Ehrenberg 1843 (5, 8); *S. smithii* Grunow (8); *Anomoeoneis vitrea* (Grunow) Ross 1966 (5, 8); *Frustulia rhomboides* (Ehrenberg) De Toni 1891 var. *rhomboides* (1, 2, 4 – 9); *Neidium binodis* (Ehrenberg) Hustedt 1945 (6); *N. productum* (W.Smith) Cleve 1894 (6); *Cymbella affinis* Kützing 1844 (5, 8); *C. aspera* (Ehrenberg) Peragallo 1949 (8); *C. cessatii* (Rabenhorst) Grunow 1881 (8); *C. cistula* (Ehrenberg) Kirchner 1878 (8); *C. cuspidata* Kützing 1844 (8); *C. cymbiformis* var. *nonpunctata* Fontell 1917 (8); *C. ehrenbergii* Kützing 1844 (8); *C. gracilis* (Ehrenberg 1843) Kützing 1844 (9, 10); *C. helvetica* Kützing 1844 (8); *C. lanceolata* (Ehrenberg) Kirchner 1878 (8); *C. naviculiformis* (Auerswald) Cleve 1894 (7); *C. prostrata* (Berkeley) Cleve 1894 (8); *C. pusilla* Grunow 1875 (8); *C. sinuata* Gregory 1858 (7); *C. silesiaca* Bleisch in Rabenhorst 1864 (1, 6–8); *Amphora ovalis* (Kützing) Kützing 1844 (10); *Gomphonema acuminatum* Ehrenberg 1832 (5, 7, 8); *G. angustatum* (Kützing) Rabenhorst 1864 (6, 7, 8); *G. gracile* Ehrenberg 1838 (7, 8); *G. clavatum* Ehrenberg 1832 (4, 5, 8, 10); *G. olivaceum* (Hornemann) Brébisson 1838 (8); *G. parvulum* (Kützing) Kützing 1849 (1, 5–8, 10); *G. subtile* Ehrenberg 1843 (8); *G. truncatum* Ehrenberg 1832 (2, 4, 5, 7–10); *Didymosphenia geminata* (Lyngbye) M.Schmidt. 1899 (8); *Caloneis molaris* (Grunow) Krammer 1985 (9); *Pinnularia appendiculata* (Agardh) Cleve 1895 (6); *Pinnularia borealis* Ehrenberg 1843 (8); *P. gibba* var. *linearis* Hustedt 1930 (8); *P. gibba* var. *mesogongyla* (Ehrenberg 1841) Hustedt

1930 (8); *P. interrupta* W.Smith 1853 (6, 8, 10); *P. major* (Kützing) Rabenhorst 1853 (6, 8, 9); *P. nobilis* (Ehrenberg) Ehrenberg 1843 (7); *P. viridis* (Nitzsch.) Ehrenberg 1843 (10). Семейство **Bacillariaceae** Ehrenberg: *Nitzschia acicularis* (Kützing) W.Smith 1844 (9); *N. angustata* (W.Smith) Grunow 1880 (8); *N. linearis* (Agardh) W.Smith 1853 (8). Семейство **Bacillariaceae** Ehrenberg: *Denticula tenuis* Kützing 1844 (8); *Epithemia adnata* (Kützing) Brébisson 1838 (5, 8, 10); *E. turgida* (Ehrenberg) Kützing 1844 (8); *Rhopalodia brebissonii* Krammer 1895 (8); *Rhopalodia gibba* (Ehrenberg) O.Müller 1895 (8). Семейство **Surirellaceae** Kützing 1844. *Surirella biseriata* Brébisson 1838 (5, 8); *Surirella robusta* Ehrenberg 1841 (5, 8). Отдел **Dinophyta**. Класс **Dinophyceae** Pascher. Порядок **Peridinales** Haeckel. Семейство **Peridiniaceae** Ehrenberg: *Ceratium hirundinella* (O.Müller) Dujardin 1841 (1). Отдел **Chlorophyta**. Класс **Chlorophyceae** Wille. Порядок **Chlorococcales** Marchand. Семейство **Palmellaceae** Lemmermann: *Planktosphaeria gelatinosa* G.M.Smith 1918 (5, 8); *Sphaerocystis schroteri* Chod. 1897 (8). Семейство **Hydrodictyaceae** Cohn: *Hydrodictyon reticulatum* (Linnaeus) Lagerh 1883 (8); *Pediastrum boryanum* (Turpin) Meneghini 1840 (8); *Pediastrum tetras* (Ehrenberg) Ralfs 1844 (8, 9); *Botryococcus braunii* Kützing 1849 (5). Семейство **Scenedesmaceae** Oltmanns: *Scenedesmus ecornis* (Ehrenberg) Chodat 1926 (4). Порядок **Microspinales** Bohlin. Семейство **Microsporaceae** Bohlin: *Microspora amoena* (Kützing) Rabenhorst 1868 (3, 5, 6, 9). Порядок **Chaetophorales**. Семейство **Chaetophoraceae**: *Chaetophora elegans* (Roth) C.Agardh 1812 (7, 8); *Draparnaldia glomerata* (Vaucher) C.Agardh 1812 (8). Порядок **Oedogoniales** Heering. Семейство **Oedogoniaceae** De Bory ex Hirn: *Oedogonium* sp. (4, 5, 8, 9); *Bulbochaete* sp. (4, 6—10). Порядок **Ulotrichales** Borzi. Семейство **Ulotrichaceae** Kützing: *Ulothrix tenuissima* Kützing 1833 (7, 8); *Ulothrix zonata* (F.Weber & Mohr) Kützing 1843 (8). Класс **Conjugatophyceae** Engler. Порядок **Zygnematales** G.M.Smith. Семейство **Zygnemataceae** Palla: *Spirogyra* sp. (5, 8, 10); *Zygnema* sp. (2, 4 — 9); *Mougeotia* sp. (1, 5—10); Семейство **Closteriaceae** Bessey: *Closterium cynthia* De Notaris 1867 (2, 6, 8); *Closterium ehrenbergii* Meneghini ex Ralfs 1848 (5, 8). Семейство **Desmidiaceae** Ralfs: *Micrasterias radiata* Hassall & West & G.S.West 1905 (8); *Pleurotaenium minutum* (Ralfs) Hilse 1866 var. *minutum* (9); *P. minutum* var. *elongatum* (West) Cedergren 1932 (8); *Euastrum dubium* Nägeli 1849 (8); *E. elegans* (Brébisson) Kützing 1999 (8); *E. pulchellum* Brébisson 1856 (4, 8); *E. verrucosum* Ehrenberg ex Ralfs 1848 (8); *Cosmarium botrytis* Meneghini 1848 (6, 8); *Cosmarium brebissonii* Meneghini 1848 (9); *C. contractum* O.Kirchner 1878 (8); *C. depressum* (Nägeli) P.Lundeli 1871 (8); *C. formosulum* Hoff 1888 (8); *C. granatum* Brébisson 1748 (8); *C. humile* (Gay.) Nordstedt 1899 (8); *C. margaritifera* Meneghini 1848 (5, 6, 8, 9); *C. pachydermum* P.Lundeli 1871 (5, 6, 8); *Desmidium swartzii* C.Agardh ex Ralfs 1848 (5, 6, 8); *Staurastrum cingulum* (W. et G.S.West) G.M.Smith 1922 (9); *S. paradoxum* Meyen ex Ralfs 1848 (9). Отдел **Rhodophyta** Wettstein. Класс **Florideophyceae** Cronquist. Порядок **Acrochaetiales** Feldmann. Семейство **Acrochaetiaceae** Fritsch ex W.R.Taylor: *Batrachospermum gelatinosum* (Linnaeus) De Candolle 1801 (1—4, 6—9); *B. turfosum* Bory 1808 (8).

Выявленная альгофлора характеризуется значительной асимметрией на уровне отделов. Отдел *Ochrophyta*, включающий 111 видов из трех классов, доминирует по видовому богатству. Ведущее положение в нем занимает класс *Bacillariophyceae*, что является характерным для структуры фитоперифитона пресноводных систем Республики Карелия

(Комулайнен, 2004; Комулайнен и др., 2006; Генкал и др., 2015; Komulaunen, 2009), также как и высокое разнообразие пеннатных диатомей. Центрические диатомовые (семейства *Melosiraceae*, *Stephanodiscaceae* и *Aulacoseiraceae*) по числу видов занимают подчиненное положение в группировках обрастаний. В альгофлоре перифитона рек определено 9 видов из родов *Cyclotella*, *Melosira* и *Aulacoseira*. Среди них наиболее часто встречаются *Melosira varians* (pF = 19,1%) и *Aulacoseira italica* (pF = 22,1%). Водоросли классов *Chrysophyceae* и *Xanthophyceae* менее разнообразны и встречаются редко.

Chlorophyta представлены 38 видами, относятся к 6 порядкам, 10 семействам и 22 родам, уступая по видовому разнообразию лишь диатомовым. Основу видового богатства составляет класс *Conjugatophyceae* (63,2%) благодаря разнообразию водорослей семейства *Desmidiaceae*. Наиболее постоянны в альгоценозах перифитона нитчатые зеленые водоросли *Oedogonium* sp., (pF = 19,1), *Bulbochaete* sp., (pF = 26,5), *Zygnema* sp., (pF = 47,1) и *Mougeotia* sp. (pF = 33,8). Они относятся к повсеместно распространенным (Рундина, 1998) в олиготрофных водоемах бореальной зоны таксонам, в т. ч. в водных экосистемах Республики Карелия (Komulaunen, 2008). Их доминирование в перифитоне исследованных рек свидетельствует о сходстве условий формирования альгофлоры.

Встречаемость большинства из 27 выявленных видов *Cyanophyta* (*Cyanoprokaryota*), которые принадлежат к четырем порядкам (*Chroococcales*, *Nostocales*, *Stigonematales* и *Oscillatoriales*), 14 семействам и 19 родам, невысока. К числу распространенных в изученных местообитаниях можно отнести лишь *Microcystis aeruginosa* (pF = 10,3) и *Stigonema mamillosum* (pF = 19,1), а 11 определенных видов найдены в обрастаниях всего один раз.

Rhodophyta представлены в альгофлоре только двумя видами, которые входят в доминирующий комплекс, а *Batrachospermum gelatinosum* – один из самых распространенных (pF = 32,4) в перифитоне исследованных рек.

Среди ведущих семейств, характерных для северного региона, основными по фитоценологическому значению являются *Fragilariaceae* (16 видов), *Naviculaceae* (47) и *Desmidiaceae* (19 видов), т. е. 82 вида, что составляет почти 50% определенных видов. В группу ведущих родов (59 видов, 33%) входят *Cymbella* – 15 видов, *Eunotia* – 14; *Navicula* – 12, *Cosmarium* и *Fragilaria* – по 9 видов.

Структура группировок перифитона в исследованных водотоках достаточно разнообразна в систематическом отношении. 35 видов доминировали по численности, которая изменялась от $0,1 \times 10^4$ до $1690,5 \times 10^4$ кл/см² в перифитоне исследованных участков. Однако 16 видов доминировали только на одном и еще 6 – на двух участках. Только четыре вида-доминанта (*Tabellaria fenestrata*, *Tabellaria flocculosa*, *Eunotia pectinalis* и *Achnanthes minutissima*) имели встречаемость более 50%. Структуру фитоперифитона формировали виды, заметно отлича-

ющиеся по размеру – от нескольких микрон до нескольких сантиметров. Поэтому списки видов, доминирующих по численности и биомассе, заметно отличаются. К видам, доминирующим по биомассе, которая изменялась от 0,01 до 11,8 мг/см² субстрата в водотоках, отнесены 11 видов.

Однако структуру фитоперифитона определяли 14 видов, доминирующих по численности, и 9 видов – по биомассе не на отдельных участках или в пробах, а в перифитоне конкретных рек (см. таблицу).

Таблица

Структура фитоперифитона в р. Кемь и ее притоках

Водоток	Spr	Индекс			N, 10 ⁴ кл/см ²	B, мг/см ²		
		H	TDI	P & B				
Муезерка	14	2,26	2,23	0,84	<i>Tabellaria flocculosa</i> , <i>Eunotia pectinalis</i> <i>Mougeotia</i> sp.	164,4	<i>Tabellaria flocculosa</i> , <i>Mougeotia</i> sp.	2,04
Пижма	12	0,86	1,85	0,98	<i>Aulacoseira islandica</i> , <i>T. flocculosa</i> , <i>Eunotia pectinalis</i>	364,0	<i>T. flocculosa</i> , <i>Eunotia pectinalis</i> , <i>Zygnema</i> sp.	0,29
Сарюя	5	0,55	2,50	0,62	<i>Microspora amoena</i>	650,7	<i>Microspora amoena</i> , <i>Batrachospermum gelatinosum</i>	0,13
Кепа	19	2,40	2,21	1,77	<i>T. flocculosa</i> , <i>Achnanthes minutissima</i> , <i>Zygnema</i> sp.	195,2	<i>T. flocculosa</i> , <i>Zygnema</i> sp.	1,60
р. Кемь	58	2,40	2,09	1,24	<i>Fragilaria capucina</i> , <i>T. fenestrata</i> , <i>T. flocculosa</i>	390,0	<i>T. flocculosa</i> , <i>Oedogonium</i> sp.	1,13
Лахна	25	1,90	1,81	0,87	<i>Stigonema mamillosum</i> , <i>T. fenestrata</i> , <i>Eunotia pectinalis</i> , <i>Mougeotia</i> sp.	363,5	<i>Stigonema mamillosum</i> , <i>Mougeotia</i> sp., <i>Batrachospermum gelatinosum</i>	4,15

Вуокин-йоки	39	2,51	2,14	1,42	<i>Microcystis aeruginosa</i> , <i>Stigonema mamillosum</i> , <i>Achnanthes minutissima</i>	220,9	<i>Microcystis aeruginosa</i> , <i>Stigonema mamillosum</i> , <i>Chaetophora elegans</i>	2,34
Кенти	143	1,06	2,57	1,10	<i>Tabellaria fenestrata</i> , <i>A. minutissima</i> , <i>Zygnema</i> sp., <i>Batrachospermum gelatinosum</i>	520,3	<i>Bulbochaete</i> sp., <i>Zygnema</i> sp., <i>Batrachospermum gelatinosum</i>	3,45
Шомба	27	2,69	2,04	1,41	<i>Aulacoseira subarctica</i> , <i>Fragilaria capucina</i>	266,2	<i>Eunotia pectinalis</i> , <i>Mougeotia</i> sp., <i>Zygnema</i> sp.	1,86
Куржма	35	1,77	2,02	0,54	<i>Fragilaria ulna</i> , <i>Tabellaria flocculosa</i> , <i>Eunotia pectinalis</i>	221,0	<i>Bulbochaete</i> sp., <i>Mougeotia</i> sp., <i>T. flocculosa</i>	0,86

Примечание: *N* и *B* – средние значения численности и биомассы соответственно, средние значения индексов разнообразия Шеннона (*H*), доминирования Симпсона (*I*), сапробности по Пантле и Бук (*P & B*), трофического диатомового индекса (*TDI*).

Соотношение экологических групп водорослей в перифитоне исследованных водоемов и водотоков достаточно сходно. Структуру обрастаний формируют типичные прикрепленные формы (*Spp%* = 40–88%). Только в р. Кемь планктонные виды достаточно разнообразны (*Spp* 43%) и их роль в формировании структуры фитоперифитона достаточно заметна (*N%* = 44%).

Низкое обилие планктонных форм связано с низкой трофностью проточных озер и отсутствием цветения, при котором вызывающие его в водоемах Карелии виды (*Microcystis*, *Aphanizomenon*, *Anabaena* и *Oscillatoria*) осаждаются и начинают доминировать в обрастаниях (Комулайнен, 2016). Невысокая численность десмидиевых планктонных водорослей, наблюдаемая в перифитоне, не приводит к перестройке структуры альгоценозов.

Состав выявленных водорослей в биогеографическом отношении характеризуется высоким разнообразием космополитов (42–93%) и бореальных (30–55%) 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 объектах представлены индифференты, которые составляют более 50% всех индикаторных форм, при высоком разнообразии ацидофилов и галофобов. Увеличение

разнообразия галофилов и алкалифилов отмечено только в верхнем течении р. Кенти в зоне влияния стоков с Костомукшского ГОКА. Относительное обилие галофилов и алкалифилов увеличивается, соответственно, до 40 и 20%.

Качество или степень органического загрязнения воды обследованных озёр и рек оценивали по выявленным видам-индикаторам сапробности (69 видов), большинство из них относится к ксеноолиго- (14,9%), олиго- (19,8%), олиго-β- (14,9%) и β-мезо-сапробным (32,7%) формам. Но поскольку ксено- и ксеноолигосапробы чаще входят в состав доминирующего комплекса, чем виды-индикаторы повышенной трофности, значения индексов соответствуют показателям качества вод исследуемых всех рек и их участков (за исключением верховья р. Кенти) и относятся к олигосапробной зоне самоочищения, II классу чистоты воды – практически чистые воды по классификации Сладечека.

Заключение

Альгофлора перифитона р. Кемь и ее притоков в таксономическом, географическом и экологическом отношении достаточно гетерогенна. Она представляет собой комплекс различных элементов, обусловленных природной зональностью, изменением климата в разные эпохи, особенностями ландшафта и топографией водосборов, морфометрией и гидрологическими характеристиками рек и озер.

Структура фитоперифитона носит естественный характер и не связана с увеличением антропогенной нагрузки. Она отражает естественную биотопическую неоднородность исследованных водных объектов и их участков. Только в верховье р. Кенти нами отмечены изменения, которые могут быть связаны с увеличением антропогенной нагрузки.

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

Проведенные нами исследования на данных водных объектах позволяют считать представленный список видов не достаточно полным. Дополнить список видового состава, выявить сезонную динамику видовой структуры, численности и биомассы фитоперифитона помогут дальнейшие исследования бассейна р. Кемь.

Финансирование исследований осуществлялось за счет средств федерального бюджета на выполнение государственных заданий № 0221-2014-0005, 0221-2014-0038 и 0221-2017-0045.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Баринаова С.С., Медведева Л.А., Анисимова О.В. 2006. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды. Тель-Авив: Pilies Stud. 498 с.
- Вислянская И.Г. 2007. Фитопланктон. В кн.: *Состояние водных объектов Республики Карелия*. Петрозаводск: КарНЦ РАН. С. 112–115.
- Генкал С.И., Комулайнен С.Ф. 2008. Материалы к флоре *Vacillariophyta* водоемов Карелии. IV. Реки Карельского побережья Белого моря. *Бот. журн.* 93(3): 393–398.
- Генкал С.И., Чекрыжева Т.А. 2013. Флора *Vacillariophyta* озер бассейна реки Кеми (Республика Карелия). *Бот. журн.* 98(6): 690–698.
- Генкал С.И., Чекрыжева Т.А. 2014. Новые данные к флоре *Vacillariophyta* озер системы реки Кенти (Республика Карелия). *Труды Карельского научного Центра РАН*. 2: 46–60.
- Генкал С.И., Чекрыжева Т.А. 2016. Материалы к флоре *Vacillariophyta* рек Бассейна Белого моря в пределах Карелии. *Биол. внутр. вод.* 1: 11–20. <https://doi.org/10.7868/S0320965216010071>
- Генкал С.И., Чекрыжева Т.А., Комулайнен С.Ф. 2015. *Диатомовые водоросли водоемов и водотоков Карелии*. Ред. В.Е. Девяткин. М.: Науч. мир. 202 с.
- Киселев И.А. 1954. *Определитель пресноводных водорослей СССР*. Вып. 6: *Пирофитовые водоросли*. М.: Сов. наука. 212 с.
- Комулайнен С.Ф. 1995. Перифитон реки Кенти В кн.: *Влияние техногенных вод горно-обогатительного комбината на водоемы системы реки Кенти*. Петрозаводск: КарНЦ РАН. С. 47–60.
- Комулайнен С.Ф. 2003. *Методические рекомендации по изучению фитоперифитона в малых реках*. Петрозаводск КарНЦ РАН. 43 с.
- Комулайнен С.Ф. 2004. Фитоперифитон рек Республики Карелия. *Бот. журн.* 89(3): 18–35.
- Комулайнен С.Ф. 2006. *Cyanophyta/Cyanoprokaryota* в перифитоне рек Восточной Фенноскандии: роль в экосистемах, опыт изучения и проблемы. *Труды Кольского научного центра РАН. Прикладная экология*. 4: 14–23.
- Комулайнен С.Ф., Чекрыжева Т.А., Вислянская И.Г. 2006. *Альгофлора озер и рек Карелии. Таксономический состав и экология*. Петрозаводск. КарНЦ РАН. 78 с.
- Косинская Е.К. 1952. *Конъюгаты, или сцеплянки. (I): Мезотениевые и гонатозиговые водоросли*. М.; Л.: Изд-во АН СССР. 164 с.
- Косинская Е.К. 1960. *Десмидиевые водоросли. II. Конъюгаты, или сцеплянки. Флора споровых растений СССР*. М., Л.: Изд-во АН СССР. Т. 5, вып. 1. 706 с.
- Мошкова Н.А., Голлербах М.М. 1986. Зеленые водоросли. Класс Улотриксковые. 1. В кн.: *Определитель пресноводных водорослей СССР*. Вып. 10. Л.: Наука. 360 с.
- Паламарь-Мордвинцева Г.М. 1982. Зеленые водоросли. Класс Конъюгаты. Порядок Десмидиевые. В кн.: *Определитель пресноводных водорослей СССР*. Вып. 11(2). Л.: Наука. 620 с.
- Паламарь-Мордвинцева Г.М. 1984. Кон'югати. В кн.: *Визначник прісноводних водоростей Української РСР*. Вип. 8, ч. 1. Киев: Наук. думка. 512 с.
- Попова Т.Г. 1955. Эвгленовые водоросли. В кн.: *Определитель пресноводных водорослей СССР*. Вып. 7. М.: Сов. наука. 283 с.

- Рундина Л.А. 1998. *Зигнемовые водоросли России (Chlorophyta: Zygnematales)*. СПб.: Наука. 351 с.
- Трифонова И.С. 1973. Состав и продукционная характеристика фитопланктона реки Кеми и озер ее поймы. В кн.: *Биологические исследования на внутренних водоемах Прибалтики*. Минск: Вышэйш. школа. С. 32–34.
- Чекрыжева Т.А. 1995. Фитопланктон озер системы р. Кенти. В кн.: *Влияние техногенных вод горнообогатительного комбината на водоемы системы р. Кенти*. Петрозаводск: КарНЦ РАН. С. 68–79.
- Eloranta P., Kwandrans J. 2007. *Freshwater red algae (Rhodophyta) Identification guide to European taxa, particularly to those in Finland*. Saarijvi. Finland: Saarijven Offset Oy. 103 p.
- Kelly M.G. 2013. Data rich, information poor? Phytobenthos assessment and the Water Framework Directive. *Eur. J. Phycol.* 48: 437–450. <https://doi.org/10.1080/09670262.2013.852694>
- Kelly M.G., Whitton B.A. 1995. The trophic Diatom index: a new index for monitoring eutrophication in rivers. *J. App. Phycol.* 7: 433–444.
- Komárek J. 2013. *Cyanoprokaryota*. 3. Teil: *Heterocytous*. In: *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Vol. 19/3. Heidelberg, Berlin: Spektrum Akad. Verlag. 1130 p.
- Komárek J., Anagnostidis K. 1998. *Cyanoprokaryota*. 1. Teil: *Chroococcales*. In: *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Vol. 19/1. Jena, etc.: Gustav Fischer. 548 p.
- Komárek J., Anagnostidis K. 2005. *Cyanoprokaryota*. 2. Teil: *Oscillatoriales*. In: *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. 19/2. Heidelberg: Elsevier/Spektrum. 759 p.
- Komárek J., Fott B. 1983. *Chlorophyceae (Grünalgen), Ordnung Chlorococcales*. In: *Das Phytoplankton des Süßwassers. Systematik und Biologie*. Teil 7, 1. Hälfte. Stuttgart: Schweizerbart. 1044 p.
- Komulaynen S. 2007. Algological studies of fluvio-lacustrine systems in the northern European part of Russia. *Int. J. Algae*. 9(2): 139–149.
- Komulaynen S. 2008. The green algae as structural element of phytoperiphyton communities in streams of the Northwestern Russia. *Biology*. 63(6): 859–865. <https://doi.org/10.2478/s11756-008-0113-0>
- Komulaynen S. 2009. Diatoms of Periphyton assemblages of Small Rivers in North-Western Russia. *Studi Trent. Sci. Nat.* 84: 153–160.
- Komulaynen S., Chekryzheva T. 2013. Response of algal communities to anthropogenic changes in minealization. *Bot. Lith.* 19(1): 57–66.
- Krammer K., Lange-Bertalot H. 1986. *Bacillariophyceae: Naviculaceae*. In: *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Bd 2/1. Jena: Gustav Fischer Verlag. 860 p.
- Krammer K., Lange-Bertalot H. 1988. *Bacillariophyceae: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae*. In: *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Bd 2/2. Stuttgart, New York: Gustav Fischer Verlag. 596 p.
- Krammer K., Lange-Bertalot H. 1991a. *Bacillariophyceae: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae*. In: *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Bd 2/3. Stuttgart, Jena: Gustav Fischer Verlag. 576 p.
- Krammer K., Lange-Bertalot H. 1991b. *Bacillariophyceae: Achnanthaceae, Kritische Ergänzungen zu Navicula (Lineolatae) und Gomphonema Gesamtliteraturverzeichnis*. In: *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Bd 2/4. Stuttgart, Jena: Gustav Fischer Verlag. 437 p.
- Pantle R., Buck H. 1955. Die biologische Überwachung der Gewässer und die Darstellung der Ergebnisse. *Gas- und Wasserfach*. 96(18): 1–604.
- Shannon C.B., Weaver W. 1963. *The Mathematical Theory of Communication*. Urbana (Illinois): Univ. Illinois Press. 345 p.

- Simpson E.H. 1949. Measurement of diversity. *Nature*. 163: 688.
- Starmach K. 1985. *Chrysophyceae und Haptophyceae*. In: *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Bd 1. Jena: VEB Gustav Fischer Verlag. 515 p.
- Stevenson R.J., Smol J.P. 2003. Use of algae in environmental assessments. In: *Freshwater Algae of North America, Ecology and Classification*. San Diego: Acad. Press. Pp. 775–804.

Поступила 11.04.2018

Подписал в печать С.И. Генкал

REFERENCES

- Barinova S.S., Medvedeva L.A., Anisimova O.V. 2006. *Diversity of algal indicators in the environmental assessment*. Tel Aviv: Pilies Stud. 498 p. [Rus.]
- Chekryzheva T.A. 1995. *Technogenic waters of mining concentration plant impact on the Kenti River systems*. Petrozavodsk: Karel. Res. Center RAS. Pp. 68–79.
- Eloranta P., Kwandrans J. 2007. *Freshwater red algae (Rhodophyta) Identification guide to European taxa, particularly to those in Finland*. Saarijvi. Finland: Saarijven Offset Oy. 103 p.
- Genkal S.I., Komulaynen S.F. 2008. Materials to the flora of *Bacillariophyta* of the Karelian waterbodies. IV. Rivers of the Karelian White Sea coast. *Bot. J.* 93(3): 393–398.
- Genkal S.I., Chekryzheva T.A. 2013. The flora of *Bacillariophyta* in lakes of the Kem River basin (Republic of Karelia). *Bot. J.* 98(6): 690–698.
- Genkal S.I., Chekryzheva T.A. 2014. New data on the flora of *Bacillariophyta* in lakes of the Kenti River basin (Republic of Karelia). *Proc. Kola Sci. Centre RAS*. 2: 46–60.
- Genkal S.I., Chekryzheva T.A. 2016. Materials on the flora of *Bacillariophyta* in rivers of the White Sea basin in the Republic of Karelia. *Biologiya vnutrennikh vod.* (1): 11–20. <https://doi.org/10.1134/S1995082916010077>
- Genkal S.I., Chekryzheva T.A., Komulaynen S.F. 2015. *Diatom algae in waterbodies and watercourses of Karelia*. Moscow: Sci. World. 202 p. [Rus.]
- Kelly M.G. 2013. Data rich, information poor? Phytobenthos assessment and the Water Framework Directive. *Eur. J. Phycol.* 48: 437–450. <https://doi.org/10.1080/09670262.2013.852694>
- Kelly M.G., Whitton B.A. 1995. The trophic Diatom index: a new index for monitoring eutrophication in rivers. *J. App. Phycol.* 7: 433–444.
- Kiselev I.A. 1954. *Identification of freshwater algae of the USSR*. Issue 6: *Pyrrophyta*. Moscow: Soviet Sci. 212 p. [Rus.]
- Komárek J. 2013. In: *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Vol. 19/3. Heidelberg, Berlin: Spektrum Akad. Verlag. 1130 p.
- Komárek J., Anagnostidis K. 1998. In: *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Vol. 19/1. Jena, etc.: Gustav Fischer. 548 p.
- Komárek J., Anagnostidis K. 2005. In: *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. 19/2. Heidelberg: Elsevier/Spektrum. 759 p.
- Komárek J., Fott B. 1983. In: *Das Phytoplankton des Süßwassers. Systematik und Biologie*. Teil 7, 1. Hälfte. Stuttgart: Schweizerbart. 1044 p.
- Komulaynen S.F. 1995. In: *Technogenic waters of mining concentration plant impact on the Kenti River systems*. Petrozavodsk: Karel. Res. Center RAS. 1995. Pp. 47–60. [Rus.]
- Komulaynen S.F. 2003. *Recommendations for studying phytoplankton in small rivers*. Petrozavodsk: Karel. Res. Center RAS. 43 p. [Rus.]

- Komulaynen S.F. 2004. Phytoepiphyton in rivers of Republic of Karelia. *Bot. J.* 89(3): 18–35.
- Komulaynen S.F. 2006. *Cyanophyta/Cyanoprokaryota* in periphyton in rivers of eastern Fennoscandia: role in ecosystems, research experience and problems. *Proc. Kola Sci. RAS.* (4): 14–23.
- Komulaynen S. 2007. Algological studies of fluvio-lacustrine systems in the northern European part of Russia. *Int. J. Algae.* 9(2): 139–149
- Komulaynen S. 2008. The green algae as structural element of phytoepiphyton communities in streams of the Northwestern Russia. *Biology.* 63(6): 859–865. <https://doi.org/10.2478/s11756-008-0113-0>
- Komulaynen S. 2009. Diatoms of Periphyton assemblages of small rivers in North-Western Russia. *Studi Trent. Sci. Nat.* 84: 153–160.
- Komulaynen S., Chekryzheva T. 2013. Response of algal communities to anthropogenic changes in minealization. *Bot. Lith.* 19(1): 57–66.
- Komulaynen S.F., Chekrihzheva T.A., Vislyanskaya I.G. 2006. *Algaeflora lakes and rivers of Karelia. Taxonomic composition and ecology.* Petrozavodsk: Karel. Res. Center RAS. 78 p. [Rus.]
- Kosinskaya E.K. 1952. *Conjugates, or mates. (I): Mesonenia and gonatosig algae.* Moscow, Leningrad: Acad. Sci. USSR Press. 164 p. [Rus.]
- Kosinskaya E.K. 1960. In: *Flora of spore plants of the USSR.* Vol. 5, issue. 1. Moscow, Leningrad: Acad. Sci. USSR Press. 706 p.
- Krammer K., Lange-Bertalot H. 1986. *Bacillariophyceae: Naviculaceae.* In: *Süßwasserflora von Mitteleuropa.* Bd 2/1. Jena: Gustav Fischer Verlag. 860 p.
- Krammer K., Lange-Bertalot H. 1988. In: *Süßwasserflora von Mitteleuropa.* Bd 2/2. Stuttgart, New York: Gustav Fischer Verlag. 596 p.
- Krammer K., Lange-Bertalot H. 1991a. In: *Süßwasserflora von Mitteleuropa.* Bd 2/3. Stuttgart, Jena: Gustav Fischer Verlag. 576 p.
- Krammer K., Lange-Bertalot H. 1991b. In: *Süßwasserflora von Mitteleuropa.* Bd 2/4. Stuttgart, Jena: Gustav Fischer Verlag. 437 p.
- Moshkova N.A., Gollerbakh M.M. 1986. In: *Flora of spore plants of the USSR.* Issue 10. Moscow, Leningrad: Nauka. 360 p.
- Palamar-Mordvintseva G.M. 1982. In: *Identification manual of freshwater algae of the USSR.* Issue 11(2). Leningrad: Nauka. 620 p.
- Palamar-Mordvintseva G.M. 1984. In: *Identification manual of the Ukrainian SSR.* Issue 8, pt 1. Kiev: Naukova Dumka Press. 512 p.
- Pantle R., Buck H. 1955. Die biologische Überwachung der Gewässer und die Darstellung der Ergebnisse. *Gas- und Wasserfach.* 96(18): 1–604.
- Popova T.G. 1955. In: *Identification manual of freshwater algae of the USSR.* Issue 11(2). Leningrad: Nauka. 283 p.
- Rundina L.A. 1998. *Zygnema algae of Russia (Chlorophyta: Zygnematophyceae, Zygnematales).* SPb.: Nauka. 351 p.
- Shannon C.B., Weaver W. 1963. *The Mathematical Theory of Communication.* Urbana (Illinois): Univ. Illinois Press. 345 p.
- Simpson E.H. 1949. Measurement of diversity. *Nature.* 163: 688.
- Starmach K. 1985. In: *Süßwasserflora von Mitteleuropa.* Bd 1. Jena: VEB Gustav Fischer Verlag. 515 p.
- Stevenson R.J., Smol J.P. 2003. In: *Freshwater Algae of North America, Ecology and Classification.* San Diego: Acad. Press. Pp. 775–804.

Trifonova I.S. 1973. In: *Biological research on inland waters of the Baltics*. Minsk: High school. Pp. 32–34.

Vislyanskaya I.G. In: *Status of water objects in Republic of Karelia*. Petrozavodsk: Karel. Sci. Center RAS. Pp. 112–115.

Algologia 2019, 29(2): 155–170

<https://doi.org/10.15407/alg29.02.155>

Komulainen S.F.

Institute of Biology of Karelian Research Centre RAS,
11 Pushkinskaya Str., Petrozavodsk 185610, Russia

PHYTOPERIPHYTON OF THE KEM RIVER AND ITS TRIBUTARIES (REPUBLIC OF KARELIA, RUSSIA)

The results of a phytoplankton study in the Kem River and its 9 tributaries in the Republic of Karelia is presented. Taxonomic composition, ecology, and spatial dynamics of attached communities are analysed. A total of 179 species, varieties, and forms of algae from 5 divisions were identified: *Cyanophyta* (*Cyanoprokaryota*) (27), *Ochrophyta* (111), *Dinophyta* (1), *Rhodophyta* (2), and *Chlorophyta* (38). The basic principles of the formation of the phytoplankton structure are discussed. Based on the analysis of the taxonomic composition and structure of the phytoplankton communities, their similarities are shown. Studied algal flora is characterized by significant asymmetry at the level of algal divisions. *Ochrophyta*, comprising 111 species from 3 classes, dominates in species richness. The leading class is *Bacillariophyceae*; it is typical for the structure of the phytoplankton of freshwater systems of the Republic of Karelia. The composition of the leading families is also characteristic of the northern region. *Fragilariaceae* (16 species), *Naviculaceae* (47), and *Desmidiaceae* (19) are the most important families in terms of phytocenology. In total, they comprise 82 species: almost 50% of revealed algal species. The group of leading genera (59 species, 33%) includes *Cymbella* C.Agardh (15 species), *Eunotia* Ehrenberg (14), *Navicula* Bory (12), and *Cosmarium* Ralfs and *Fragilaria* Lyngbye (9 species each). The dimensional structure of the periphyton is formed by species that differ markedly in size: from a few microns to several centimeters. The species dominating in number and biomass are also markedly different. In number, 35 species dominate; in various sites, the number of phytoplanktonic species ranged from 0.1×10^4 up to 1690.5×10^4 cells/cm². Sixteen species dominated in number only in one site; another 6 species were dominants in two sites. Only four dominant species (*Tabellaria fenestrata* (Lyngbye) Kützing, *T. flocculosa* (Lyngbye) Kützing, *Eunotia pectinalis* (Kützing) Rabenhorst, and *Achnanthes minutissima* Kützing) had a frequency of occurrence of more than 50%. Eleven species dominated in terms of biomass, whose values varied from 0.01 to 11.8 mg/cm². In terms of ecological and geographical peculiarities, most of the revealed algae are common oligohalobic species, acidophilic, or indifferent with respect to the pH of the environment. Based on the relatively high contribution of indicator species in the formation of periphytic communities, the water of the studied water bodies represents the second class of water purity.

Key words: dominated species, ecology, Karelia, Kem River, phytoplankton, taxonomy, tributaries