

УДК 582.261.1 (282.247.211)

ДИАТОМОВЫЕ ВОДОРΟΣЛИ В ПЛАНКТОНЕ ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА

Т. А. Чекрыжева

Институт водных проблем Севера Карельского научного центра РАН

В пелагическом и литоральном планктоне Онежского озера насчитывается 426 видов, разновидностей и форм диатомовых водорослей (55 % всего списка), относящихся к 2 классам (Centrophyceae и Pennatophyceae), 7 порядкам, 18 семействам и 44 родам. Из 399 видов-индикаторов галобности и 392 видов, являющихся индикаторами по отношению к рН среды, индифферентные виды составляют, соответственно, 300 видов (75 %) и 203 вида (52 %). Из 245 видов-индикаторов сапробности 27 % относятся к олигосапробным, 22 % к олиго-β-мезосапробным и 26 % к β-мезосапробным формам. Подавляющую долю в структуре общей численности и биомассы фитопланктона в озере во все сезоны года формируют диатомовые водоросли.

Ключевые слова: фитопланктон, диатомовые водоросли, таксономический состав, экология, биомасса, Онежское озеро.

T. A. Chekryzheva. DIATOMS IN THE PLANKTON OF LAKE ONEGO

The phytoplankton from the pelagic and littoral areas of Lake Onego comprises 426 species, varieties and forms of diatoms (55 % of the checklist) belonging to 2 classes (Centrophyceae and Pennatophyceae), 7 orders, 18 families and 44 genera. Out of 399 salinity indicator species and 392 pH-indicators, indifferent species comprise 300 (75 %) and 203 (52 %) species correspondingly. Out of 245 indicator species of saprobity 27 % are oligosaprobic, 22 % – oligo-β-mezosaprobic and 26 % – β-mezosaprobic. The largest share in the total abundance and biomass of the phytoplankton in the lake throughout the year is formed by the diatoms.

Keywords: phytoplankton, diatoms, taxonomic composition, ecology, biomass, Lake Onego.

Диатомовые водоросли, являющиеся основным компонентом фитопланктонного сообщества больших глубоких холодноводных озер умеренной климатической зоны, определяют видовое разнообразие, уровень продуктивности и качество их вод. Фитопланктон Онежского озера, в том числе диатомовые водоросли, исследовался в течение длительного времени [Вислоух, Кольбе, 1927; Чернов, 1932; Петрова, 1971, 1975, 1990; Вислянская, Калугин,

1980; Вислянская, 1982, 1986, 1990, 1998, 1999; Давыдова, 1985; Чекрыжева, 2008а, б, 2012а, б; Генкал, Трифонова, 2009].

Отсутствие отдельной публикации, посвященной диатомовым водорослям Онежского озера, побудило к выполнению данной работы, цель которой заключалась в оценке их таксономической структуры, особенностей экологических характеристик, сезонной динамики и многолетней изменчивости количественных показателей.

Материал и методика исследований

Онежское озеро (60°55'–62°55' с. ш.) – второе по величине пресноводное озеро Европы. Объем его водной массы достигает 295 км³, площадь зеркала составляет 9720 км², средняя глубина – 30 м, максимальная – 120 м. Вода озера имеет низкую минерализацию (39–46 мг/л) и невысокую концентрацию биогенных элементов (P_{общ.} – 10–14 мкг/л и N_{общ.} – 2,52–0,65 мг/л) [Онежское озеро..., 2010]. В настоящей работе использованы литературные и архивные (1964–1998 гг.), а также собственные данные (1999–2011 гг.) о видовом составе, экологических характеристиках, численности и биомассе диатомовых водорослей Онежского озера в основные фазы биологических сезонов (весна: июнь; лето: июль – август; осень: сентябрь – октябрь).

Отбор проб фитопланктона и их обработку проводили в соответствии с общепринятыми методами [Методика..., 1975; Федоров, 1979]. Видовую идентификацию диатомовых водорослей осуществляли, используя определители [Определитель..., 1971; Петрова, 1971; Krammer, Lange-Bertalot, 1986, 1988, 1991a, b; Krammer, 2000, 2002, 2003], а их экологические характеристики устанавливали из работ [Прошкина-Лавренко, 1953; Sladeczek, 1973; Макрушин, 1974; Давыдова, 1985; Вассер и др., 1989; Барина и др., 2006].

Результаты исследований и их обсуждение

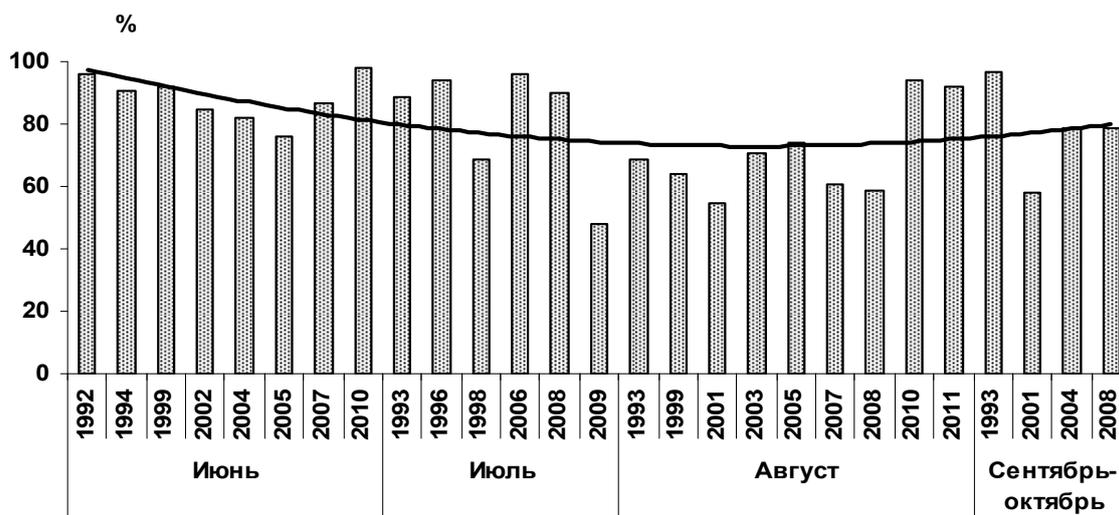
В списке пелагического и литорального фитопланктона Онежского озера, составленном с учетом литературных сведений о видовом составе (Петрова, 1971, 1975; Вислянская, 1990) и данных собственных сезонных наблюдений, насчитывается 775 видов и внутривидовых таксонов [Чекрыжева, 2012а], из которых 426 (55 % всего списка) диатомовые водоросли. Все обнаруженные в озере диатомовые водоросли относятся к 2 классам (Centrophyceae и Pennatophyceae), 7 порядкам (Thalassiosirales, Melosirales, Aulacosirales, Biddulphiales, Rhizosoleniales, Araphales, Raphales), 18 семействам и 44 родам. Флористические пропорции для диатомовых водорослей планктона составляют: род / семейство 2,5; вид / семейство 23,7; вид / род 9,7. Наибольшую видовую насыщенность имеют семейства Naviculaceae (134), Cymbellaceae (42), Achnantheaceae (38), Fragilariaceae (36), Surirellaceae (31), Eunotiaceae (29), Gomphonemataceae (24),

Nitzschiaceae (23), Stephanodiscaceae (22), Aulacoseiraceae (10), Epithemiaceae (10), включающие свыше 50 % от всего числа выявленных видов и внутривидовых таксонов. Наиболее богаты видами роды *Navicula* (56), *Pinnularia* (34), *Cymbella* (31), *Eunotia* (29), *Achnanthes* (26), *Gomphonema* (23), *Surirella* (23), *Nitzschia* (20), *Fragilaria* (17), *Synedra* (16), *Diploneis* (12) (класс Pennatophyceae) и роды *Cyclotella* (11), *Aulacoseira* (10) (класс Centrophyceae), что составляет 72 % от всех обнаруженных видов и внутривидовых таксонов диатомей.

Экологический анализ диатомовых водорослей выявил 399 видов-индикаторов галобности и 392 вида, являющихся индикаторами по отношению к pH среды. Большинство видов-индикаторов по отношению к солености и к активной реакции среды – индифферентные виды, соответственно, 300 видов (75 %) и 203 вида (52 %). На долю галофильных и галофобных видов приходится 19 %. Группу галофильных видов представляют *Fragilaria capucina* var. *radians* (Kützing) Lange-Bertalot, *Navicula rhynchocephala* Kützing sensu Lange-Bertalot, *Cyclotella meneghiniana* Kützing, галофобных – *Tabellaria fenestrata* (Lyngbye) Kützing, *Tabellaria flocculosa* (Roth) Kützing, *Eunotia bilunaris* (Ehrenberg) Schaarschmidt.

Ацидофильные виды составляют 12 %, алкалифильные – 36 %. Среди ацидофильных видов встречены *Eunotia bilunaris* (Ehrenberg) Schaarschmidt, *Rhizosolenia longiseta* O. Zacharias. В группу алкалифильных видов входят *Asterionella formosa* Hassall, *Aulacoseira alpigena* (Grunow) Krammer, *Cyclotella rossii* Håkansson, *Cyclotella meneghiniana* Kützing, *Fragilaria bidens* Heiberg, *Fragilaria capucina* subsp. *rumpens* (Kützing) Lange-Bertalot, *Fragilaria crotonensis* Kitton, *Fragilaria capucina* var. *radians* (Kützing) Lange-Bertalot, *Navicula rhynchocephala* Kützing, *Nitzschia acicularis* (Kützing) W. Smith, *Nitzschia sigmaidea* (Nitzsch) W. Smith, *Tabellaria flocculosa* (Roth) Kützing, *Amphora ovalis* var. *gracilis* (Ehrenberg) Van Heurck, *Cocconeis pediculus* Ehrenberg, *Ulnaria ulna* (Nitzsch) P. Compère.

Большинство диатомей из 245 выявленных видов-индикаторов сапробности относится к олигосапробным (27 %), олиго-β-мезосапробным (22 %) и β-мезосапробным формам (26 %). Среди показателей чистых вод (ксеносапробы, ксено-олигосапробы) встречены *Asterionella formosa* Hassall, *Aulacoseira islandica* (O. Müller) Simonsen, *Discostella*



Межгодовая изменчивость биомассы (% от общей) диатомовых водорослей в планктоне озера

stelligera (Cleve & Grunow) Houk & Klee, *Tabellaria fenestrata* (Lyngbye) Kützing. Из многочисленных видов-индикаторов умеренного загрязнения наиболее постоянны олигосапробы, олиго- β -мезосапробы и β -мезосапробы (*Puncticulata comta* (Ehrenberg) H. Hakansson, *Cyclotella operculata* (C. Agardh) Brébisson, *Asterionella formosa* Hassall, *Eunotia bilunaris* (Ehrenberg) Schaarschmidt, *Fragilaria bidens* Heiberg, *Fragilaria capucina* subsp. *rumpens* (Kützing) Lange-Bertalot, *Fragilaria radians* (Kützing) D. M. Williams & Round, *Fragilaria tenera* (W. Smith) Lange-Bertalot, *Nitzschia sigmoidea* (Nitzsch) W. Smith, *Nitzschia acicularis* (Kützing) W. Smith, *Ulnaria ulna* (Nitzsch) P. Compère). К водорослям, характеризующим значительное и сильное загрязнение вод (β - α -мезосапробы, α -мезосапробы), относятся *Amphora ovalis* var. *gracilis* (Ehrenberg) van Heurck, *Aulacoseira ambigua* (Grunow) Simonsen, *Cyclotella schroeteri* Lemmermann, *Diatoma vulgare* Bory de Saint-Vincent, *Fragilaria crotonensis* Kitton, *Stephanodiscus hantzschii* Grunow). Максимальное число видов-индикаторов органического загрязнения отмечено в эвтрофируемых районах озера (Кондопожская и Петрозаводская губы) [Чекрыжева, 2008а, 2012а].

Анализ распределения водорослей по акватории озера показал, что во всех изученных его районах диатомовые преобладают по числу видов, составляя от 42 до 59 % общего видового списка [Вислянская, Калугин, 1980; Вислянская, 1982, 1986, 1990, 1998, 1999; Чекрыжева, 2008б]. Структура доминирующего комплекса диатомовых водорослей в планктоне озера постоянна в течение длительного периода и включает небольшое число видов, что харак-

терно для холодноводных глубоководных озер умеренного климата [Вислянская, 1990; Петрова, 1990]. Массовыми видами в планктоне Онежского озера являются *Aulacoseira islandica* (O. Müller) Simonsen, *Asterionella formosa* Hassall, *Tabellaria fenestrata* (Lyngbye) Kützing, *Aulacoseira subarctica* (O. Müller) Hawort., *Aulacoseira alpigena* (Grunow) Krammer, *Diatoma tenue* C. Agardh, *Fragilaria crotonensis* Kitton, а также ряд видов рода *Cyclotella*.

Сезонная динамика диатомовых водорослей планктона Онежского озера соответствует общей схеме годового цикла развития фитопланктона в больших олиготрофных озерах умеренного пояса [Петрова, 1971, 1990]. Диатомовые водоросли почти целиком определяют биомассу фитопланктона (рис.), составляя в среднем в июне – 96 %, в июле – 88 %, в августе – 75 % и в сентябре – октябре – 90 %. В течение периода открытой воды в планктоне озера вегетируют как холодолюбивые виды весеннего – осеннего цикла развития (*Aulacoseira islandica* (O. Müller) Simonsen, *Aulacoseira italica* (Ehrenberg) Simonsen emend Genkal, *Aulacoseira alpigena* (Grunow) Krammer), так и теплолюбивые летние виды – *Tabellaria fenestrata* (Lyngbye) Kützing, *Asterionella formosa* Hassall, *Fragilaria crotonensis* Kitton.

Вертикальное распределение фитопланктона в глубоких холодноводных озерах, связанное с освещенностью, концентрацией биогенных элементов, видовым составом, количественными показателями развития зоопланктона, определяется также особенностями биологии доминирующих в планктоне видов диатомовых водорослей [Лунд, 1966; Гусева, 1968; Петрова, 1971, 1990; Reynolds, 1984; Petrova, 1986; Петрова, Тержевик, 1987; Гранин и др., 1999].

Распределение диатомовых водорослей в толще воды озера равномерно весной и осенью, а летом наблюдается его концентрация ниже 10-метрового горизонта (табл. 1).

Таблица 1. Вертикальное распределение биомассы диатомовых водорослей (% от общей) в период открытой воды

| Горизонт, м | Июнь | Июль | Август | Сентябрь-октябрь |
|-------------|------|------|--------|------------------|
| 0,5 | 92 | 82 | 67 | 71 |
| 2,0 | 95 | 86 | 73 | 81 |
| 5,0 | 97 | 82 | 48 | 99 |
| 10,0 | 99 | 92 | 91 | 87 |
| >10,0 | 96 | 94 | 88 | 99 |

В процессе эвтрофирования Онежского озера выделяют периоды, различающиеся по степени антропогенного воздействия на его экосистему [Тимакова и др., 2011]. До 1960-х гг. озеро практически не подвергалось антропогенному влиянию и соответствовало статусу олиготрофных водоемов. Антропогенное эвтрофирование озера началось в середине 1970-х гг. в результате интенсификации хозяйственной деятельности на водосборе и продолжалось вплоть до начала 2000-х гг., когда происходило снижение антропогенной нагрузки на водоем. В результате длительного антропогенного воздействия на озеро наблюдались межгодовые изменения биомассы диатомовых водорослей, связанные с трансформацией структуры альгоценозов, что проявлялось в вариациях долевого участия диатомовых водорослей в создании общей биомассы фитопланктона озера в целом и в его отдельных (табл. 2) районах [Чекрыжева, 2008б, 2012б]. Кроме того, отмечается возрастание биомассы диатомовых водорослей индикаторов повышенного уровня трофии и органического загрязнения водоемов в Кондопожской и Петрозаводской губах озера, которые в наибольшей степени подвержены антропогенному воздействию [Чекрыжева, 2008а, 2012б].

Таблица 2. Биомасса диатомовых водорослей ($г/м^3$) в разных районах Онежского озера за период с 1992 по 2010 г.

| Район озера | Период наблюдений | Сезон наблюдений | | |
|---------------------|-------------------|------------------|------------------|------------------|
| | | Весна | Лето | Осень |
| Залив Большое Онего | 1992–1999 гг. | $0,747 \pm 0,29$ | $0,460 \pm 0,06$ | $0,361 \pm 0,06$ |
| | 2001–2010 гг. | $0,678 \pm 0,17$ | $0,494 \pm 0,14$ | $0,392 \pm 0,23$ |
| Глубоководный район | 1992–1999 гг. | $0,351 \pm 0,13$ | $0,529 \pm 0,11$ | – |
| | 2001–2010 гг. | $0,519 \pm 0,22$ | $0,459 \pm 0,16$ | – |
| Петрозаводская губа | 1992–1999 гг. | $1,474 \pm 0,25$ | $1,062 \pm 0,13$ | $0,805 \pm 0,18$ |
| | 2001–2010 гг. | $0,981 \pm 0,18$ | $1,314 \pm 0,27$ | $0,135 \pm 0,20$ |
| Кондопожская губа | 1992–1999 гг. | $2,936 \pm 0,87$ | $1,455 \pm 0,47$ | $0,434 \pm 0,05$ |
| | 2001–2010 гг. | $2,448 \pm 0,68$ | $2,045 \pm 0,51$ | $0,719 \pm 0,20$ |
| Южное Онего | 1992–1999 гг. | $0,679 \pm 0,11$ | $0,493 \pm 0,14$ | – |
| | 2001–2008 гг. | $0,805 \pm 0,60$ | $0,649 \pm 0,20$ | $0,332$ |

Заключение

Отдел Bacillariophyta в пелагическом и литоральном фитопланктоне Онежского озера включает 426 видов, разновидностей и форм водорослей из 2 классов (Centrophyceae и Pennatophyceae), 7 порядков, 18 семейств, 44 родов. Наибольшим видовым богатством характеризуется семейство Naviculaceae, в составе которого 11 родов, 134 вида и внутривидовых таксона, что составляет 31 % от общего числа диатомовых водорослей.

В диатомовом планктоне выявлено 245 видов-индикаторов сапробности, из которых к олигосапробным относится 27 %, к олиго-β-мезосапробным – 22 % и к β-мезосапробным – 26 %. Из 399 видов-индикаторов галобности и 392 видов, являющихся индикаторами по отношению к рН среды, индифферентные виды составляют, соответственно, 300 видов (75 %) и 203 вида (52 %).

Диатомовые водоросли определяют структуру общей численности и биомассы фитопланктона во все сезоны во всех исследованных районах озера.

Литература

- Барина С. С., Медведева Л. А., Анисимова О. В. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды. Тель-Авив: Pilies Studio, 2006. 498 с.
- Вассер С. П., Кондратьева Н. В., Масюк Н. П. Водоросли. Справочник. Киев: Наукова Думка, 1989. 608 с.
- Вислоух С. М., Кольбе Р. Р. Материалы по диатомовым Онежского и Лососинского озер // Тр. Онеж. науч. экспед. Л., 1927. Ч. 5 (Ботаника). Вып. 1. 76 с.
- Вислянская И. Г. Фитопланктон // Лимнологические исследования на заливе Онежского озера Большое Онего. Л.: Наука, 1982. С. 70–81.
- Вислянская И. Г. Современное состояние фитопланктона Кондопожской губы Онежского озера // Лимнология Кондопожской губы Онежского озера. Петрозаводск: Карельский филиал АН СССР, 1986. С. 98–113.

Вислянская И. Г. Фитопланктон // Экосистема Онежского озера и тенденции ее изменения. Л.: Наука, 1990. С. 183–192.

Вислянская И. Г. Фитопланктон // Современное состояние водных объектов Республики Карелия. По результатам мониторинга 1992–1997 гг. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 1998. С. 57–60.

Вислянская И. Г. Структура и динамика биомассы фитопланктона // Онежское озеро. Экологические проблемы. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 1999. С. 146–158.

Вислянская И. Г., Калугин А. И. Фитопланктон Петрозаводской губы Онежского озера // Гидробиология Петрозаводской губы Онежского озера. Петрозаводск: Карельский филиал АН СССР, 1980. С. 10–30.

Генкал С. И., Трифонова И. С. Диатомовые водоросли планктона Ладожского озера и водоемов его бассейна. Рыбинск: Рыбинский дом печати, 2009. 72 с.

Гранин Н. Г., Джусон Д., Гнатовский Р. Ю. и др. Турбулентное перемешивание вод озера Байкал в слое, непосредственно примыкающем к льду, и его роль в развитии диатомовых водорослей // Докл. АН. 1999. Т. 365, № 6. С. 835–836.

Гусева К. А. О роли перемешивания вод в периодичности развития планктонных диатомей // Гидробиол. журн. 1968. Т. 4, № 3. С. 3–8.

Давыдова Н. Н. Диатомовые водоросли-индикаторы природных условий водоемов в голоцене. Л.: Наука, 1985. 244 с.

Лунд Д. Значение турбулентности воды в периодичности развития некоторых пресноводных видов рода *Melosira* // Ботан. журн. 1966. Т. 51, № 2. С. 161–176.

Макрушин А. В. Библиографический указатель по теме «Биологический анализ качества вод» с приложением списка организмов-индикаторов загрязнения. Л.: Наука, 1974. 53 с.

Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. М.: Наука, 1975. 250 с.

Онежское озеро. Атлас / Отв. ред. Н. Н. Филатов. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2010. 151 с.

Определитель пресноводных водорослей СССР. М.: Сов. наука, 1951. Вып. 4. 619 с.

Петрова Н. А. Фитопланктон Онежского озера // Растительный мир Онежского озера. Л.: Наука, 1971. С. 88–127.

Петрова Н. А. Фитопланктон литоральной зоны Онежского озера // Литоральная зона Онежского озера. Л.: Наука, 1975. С. 138–144.

Петрова Н. А. Сукцессии фитопланктона при антропогенном эвтрофировании больших озер. Л.: Наука, 1990. 200 с.

Петрова Н. А., Тержевик А. Ю. Влияние крупномасштабной динамики вод на развитие водорослей рода *Aulacoseira* в планктоне больших глубоких озер // Тр. Зоол. Ин-та АН СССР. 1987. Т. 172. С. 117–125.

Прошкина-Лавренко А. И. Диатомовые водоросли – показатели солености воды / Диатомовый сборник. Л.: ЛГУ, 1953. С. 186–205.

Тимакова Т. М., Сабылина А. В., Полякова Т. П. и др. Современное состояние экосистемы Онежского озера и тенденции ее изменения за последние десятилетия // Тр. КарНЦ РАН. 2011. № 4. С. 42–49.

Федоров В. Д. О методах изучения фитопланктона и его активности. М.: Наука, 1979. 166 с.

Чекрыжева Т. А. Изменения в структуре летнего фитопланктона Кондопожской губы Онежского озера в процессе антропогенного эвтрофирования // Тр. КарНЦ РАН, сер. Биогеография. 2008а. Вып. 12. С. 156–163.

Чекрыжева Т. А. Фитопланктон как компонент биоресурсной базы озера // Биоресурсы Онежского озера. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2008б. С. 24–35.

Чекрыжева Т. А. Таксономическая и экологическая характеристика фитопланктона Онежского озера // Тр. КарНЦ РАН, сер. Биогеография. 2012а. Вып. 13. С. 56–69.

Чекрыжева Т. А. Многолетние изменения в структуре биомассы фитопланктона Онежского озера // Экологические проблемы северных регионов и пути их решения. Материалы IV Всерос. науч. конф. с междунар. участием. 2–5 окт. 2012 г. Апатиты: Кольский НЦ РАН ИППЭС, 2012б. С. 250–255.

Чернов В. К. Фитопланктон Шальской губы Онежского озера // Тр. Бородинской станции в Карелии. Т. 6, вып. 1. Петрозаводск, 1932. С. 25–26.

Krammer K. Diatoms of Europe. *Pinnularia*, 2000. Vol. 1. 703 p.

Krammer K. Diatoms of Europe. *Cymbella*, 2002. Vol. 3. 584 p.

Krammer K. Diatoms of Europe. *Cymboplectra*, *Delicata*, *Navicymbula*, *Gomphocymbellopsis*, *Afrocybella*. 2003. Vol. 4. 530 p.

Krammer K., Lange-Bertalot H. *Bacillariophyceae*. Teil. 1. *Naviculaceae* // *Die Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Stuttgart, 1986. Bd. 2/1. S. 1–876.

Krammer K., Lange-Bertalot H. *Bacillariophyceae*. Teil. 2. *Epithemiaceae*, *Bacillariaceae*, *Surirellaceae* // *Die Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Stuttgart, 1988. Bd. 2/2. S. 1–536.

Krammer K., Lange-Bertalot H. *Bacillariophyceae*. Teil. 3. *Centrales*, *Fragillariaceae*, *Eunotiaceae* // *Die Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Stuttgart, 1991а. Bd. 2/3. S. 1–576.

Krammer K., Lange-Bertalot H. *Bacillariophyceae*. Teil 4. *Achnanthaceae*, *Kritische Ergänzungen zu Navicula (Lineolatae) und Gomphonema* // *Die Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Stuttgart, 1991b. Bd. 2/4. S. 1–437.

Petrova N. A. Seasonality of *Melosira* – plankton of the great northern lakes // *Hydrobiologia*. 1986. Vol. 138. P. 65–73.

Reynolds C. S. *The ecology of Freshwater Phytoplankton*. L.: Cambridge Univ. Press, 1984. 384 p.

Sladeczek V. System of water quality from the biological point of view // *Arch. Hydrobiol.* 1973. 7. P. 1–128.

Поступила в редакцию 03.10.2014

References

- Barinova S. S., Medvedeva L. A., Anisimova O. V. Bioraznoobrazie vodoroslei-indikatorov okruzhayushchei sredy [Biodiversity of algal-environmental indicators]. Tel'-Aviv: Pilies Studio, 2006. 498 p.
- Chekryzheva T. A. Sovremennoe sostoyanie ekosistemy Onezhskogo ozera i tendentsii ee izmeneniya za poslednie desyatletiya [Modern state of Onego Lake ecosystem and trends of its change during the past decade]. *Tr. KarNTs RAN [Proceedings of KarRC RAS]*: Petrozavodsk. 2011. No 4. P. 42–49.
- Chekryzheva T. A. Izmeneniya v strukture letnego fitoplanktona Kondopozhskoi guby Onezhskogo ozera v protsesse antropogennogo evtrofirovaniya [Changes in summer phytoplankton in the Kondopoga Bay of Lake Onega under anthropogenic eutrophication]. *Tr. KarNTs RAN. [Proceedings of KarRC RAS.]*. Petrozavodsk: KarNTs RAN, 2008a. Iss. 12. P. 156–163.
- Chekryzheva T. A. Fitoplankton kak komponent bioresursnoi bazy ozera [Phytoplankton as a component of the base of the lake bioresources]. *Bioresursy Onezhskogo ozera [Bioresources of Lake Onega]*. Petrozavodsk: KarNTs RAN, 2008b. P. 24–35.
- Chekryzheva T. A. Taksonomicheskaya i ekologicheskaya kharakteristika fitoplanktona Onezhskogo ozera [Taxonomic and ecological characteristics of phytoplankton in Lake Onega]. *Tr. KarNTs RAN [Proceedings of KarRC RAS]*. Petrozavodsk: KarNTs RAN, 2012a. Iss. 13. P. 56–69.
- Chekryzheva T. A. Mnogoletnie izmeneniya v strukture biomassy fitoplanktona Onezhskogo ozera [Long-term changes in the structure of phytoplankton biomass in Lake Onega]. *Ekologicheskie problemy severnykh regionov i puti ikh resheniya. Mater. IV Vseros.nauchn. konfer. S mezhdunarodn. uchastiem. 2–5 okt. 2012 g. Apatity: Kol'skii NTs RAN IPPES, 2012b. P. 250–255.*
- Chernov V. K. Fitoplankton Shal'skoi guby Onezhskogo ozera [Phytoplankton of Shalskaya Bay of Lake Onega]. *Tr. Borodinskoi stantsii v Karelii [Proceedings of Borodinskaya Station in Karelia]*. Petrozavodsk. 1932. Vol. 6, iss. 1. P. 25–26.
- Davydova N. N. Diatomovye vodorosli-indikatory prirodnykh uslovii vodoemov v golotsene [Diatoms – indicators of environmental conditions of water bodies in the Holocene]. Leningrad: Nauka, 1985. 244 p.
- Fedorov V. D. O metodakh izucheniya fitoplanktona i ego aktivnosti [On methods of studying phytoplankton and its activity]. Moscow: Nauka, 1979. 166 p.
- Genkal S. I., Trifonova I. S. Diatomovye vodorosli planktona Ladozhskogo ozera i vodoemov ego basseina [Diatoms of the plankton of Lake Ladoga and water bodies of its basin]. Rybinsk: Rybinskii dom pečati, 2009. 72 p.
- Granin N. G., Dzhuson D., Gnatovskii R. Yu., Levin A. A., Zhdanov A. A., Averin A. I., Gorbunova L. A., Tsekhanovskii V. V., Doroshchenko L. F., Min'ko N. B., Grachev M. A. Turbulentnoe peremeshivanie vod ozera Baikal v sloe, neposredstvenno primykayushchem ko l'du, i ego rol' v razvitii diatomovykh vodoroslei [Turbulent mixing in the water layer just below the ice and its role in the development of diatomic algae in Lake Baikal]. *Dokl. AN*. 1999. Vol. 365, No 6. P. 835–836.
- Guseva K. A. O roli peremeshivaniya vod v periodichnosti razvitiya planktonnykh diatomei [On the role of water mixing in the periodicity of development of planktonic diatoms]. *Gidrob. Zhurn.* 1968. Vol. 4, No 3. P. 3–8.
- Lund D. Znachenie turbulentnosti vody v periodichnosti razvitiya nekotorykh presnovodnykh vidov roda Melosira [The importance of water turbulence in the periodicity of development of certain freshwater species of the genus Melosira]. *Botan. Zhurn.* 1966. Vol. 51, No 2. P. 161–176.
- Makrushin A. V. Bibliograficheskii ukazatel' po teme "Biologicheskii analiz kachestva vod" s prilozheniem spiska organizmov-indikatorov zagryazneniya [Bibliographical handbook on "Biological analysis of water quality" with an attached list of pollution indicator organisms]. Leningrad: Nauka, 1974. 53 p.
- Metodika izucheniya biogeotsenozov vnutrennikh vodoemov [Methodology for studying biogeocenoses of inland water bodies]. Moscow: Nauka, 1975. 250 p.
- Onezhskoe ozero. Atlas [Lake Onega. Atlas] / Ed. N. N. Filatov. Petrozavodsk: KarNTs RAN, 2010. 151 p.
- Opredelitel' presnovodnykh vodoroslei SSSR [Key to freshwater algae of the USSR]. Moscow: Sov. Nauka, 1951. Iss. 4. 619 p.
- Petrova N. A. Fitoplankton Onezhskogo ozera [Phytoplankton of Lake Onega]. *Rastitel'nyi mir Onezhskogo ozera [Flora of Lake Onega]*. Leningrad: Nauka, 1971. P. 88–127.
- Petrova N. A. Fitoplankton litoral'noi zony Onezhskogo ozera [Phytoplankton in the littoral zone of Lake Onega]. *Litoral'naya zona Onezhskogo ozera [Lake Onega littoral zone]*. Leningrad: Nauka, 1975. P. 138–144.
- Petrova N. A. Suktsessii fitoplanktona pri antropogennom evtrofirovanii bol'shikh ozer [Successions of phytoplankton under anthropogenic eutrophication of large lakes]. Leningrad: Nauka, 1990. 200 p.
- Petrova N. A., Terzhevik A. Yu. Vliyanie krupnomasshtabnoi dinamiki vod na razvitie vodoroslei roda Aulacoseira v planktone bol'shikh glubokikh ozer [The effect of large-scale dynamics of water on the development of algae of the genus Aulacoseira in plankton of large deep lakes]. *Tr. Zool. In-ta AN SSSR [Proceedings of Zoological Institute of USSR AS]*. 1987. Vol. 172. P. 117–125.
- Proshkina-Lavrenko A. I. Diatomovye vodorosli – pokazateli solenosti vody [Diatoms as water salinity indicators]. Diatomovi sbornik. Leningrad: LGU, 1953. P. 186–205.
- Timakova T. M., Sabylina A. V., Polyakova T. P., Syarki M. T., Tekanova E. V., Chekryzheva T. A. Sovremennoe sostoyanie ekosistemy Onezhskogo ozera i tendentsii ee izmeneniya za poslednie desyatletiya [Modern state of the Onego Lake ecosystem and trends of its change during the past decades]. *Tr. KarNTs RAN [Proceedings of KarRC RAS]*. Petrozavodsk, 2011. No 4. P. 42–49.
- Vasser S. P., Kondrat'eva N. V., Masyuk N. P. Vodorosli. Spravochnik [Algae. Reference Book]. Kiev: Naukova Dumka. 1989. 608 p.

Visloukh S. M., Kol'be R. R. Materialy po diatomovym Onezhskogo i Lososinskogo ozer [Materials on diatoms of Lakes Onega and Lososinskoe]. *Tr. Onezh. nauch. Eksped. [Proceedings of Onega scientific expedition]*. Leningrad, 1927. Part 5, iss. 1. 76 p.

Vislyanskaya I. G. Fitoplankton [Phytoplankton]. *Limnologicheskie issledovaniya na zalive Onezhskogo ozera Bol'shoe Onego [Limnological research at Bolshoi Onego Bay, Lake Onega]*. Leningrad: Nauka, 1982. P. 70–81.

Vislyanskaya I. G. Sovremennoe sostoyanie fitoplanktona Kondopozhskoi guby Onezhskogo ozera [Modern state of phytoplankton in Kondopoga Bay of Lake Onega]. *Limnologiya Kondopozhskoi guby Onezhskogo ozera [Limnology of Kondopoga Bay of Lake Onega]*. Karel'skii filial AN SSSR, 1986. P. 98–113.

Vislyanskaya I. G. Struktura i dinamika biomassy fitoplanktona [Structure and dynamics of phytoplankton biomass]. *Onezhskoe ozero. Ekologicheskie problemy [Lake Onega. Ecological problems]*. Petrozavodsk: KarNTs RAN, 1999. P. 146–158.

Vislyanskaya I. G. Fitoplankton [Phytoplankton]. *Sovremennoe sostoyanie vodnykh ob'ektov Respubliki Kareliya [Current state of water objects in the Republic of Karelia]*. Po materialam monitoringa 1992–1997 g. Petrozavodsk: KarNTs RAN, 1998. P. 57–60.

Vislyanskaya I. G. Fitoplankton [Phytoplankton]. *Ekosistema Onezhskogo ozera i tendentsii ee izmeneniya [Ecosystem of Lake Onega and tendencies of its change]*. Leningrad: Nauka, 1990. P. 183–192.

Vislyanskaya I. G., Kalugin A.I. Fitoplankton Petrozavodskoi guby Onezhskogo ozera [Phytoplankton in Petrozavodsk Bay of Lake Onega]. *Gidrobiologiya Petrozavodskoi guby Onezhskogo ozera [Hydrobiology of Petrozavodsk Bay of Lake Onega]*. Petrozavodsk: Karel'skii filial AN SSSR, 1980. P. 10–30.

Krammer K. Diatoms of Europe. *Pinnularia*, 2000. Vol. 1. 703 p.

Krammer K. Diatoms of Europe. *Cymbella*, 2002. Vol. 3. 584 p.

Krammer K. Diatoms of Europe. *Cymbopleura, Delicata, Navicymbula, Gomphocymbellopsis, Afrocybella*. 2003. Vol. 4. 530 p.

Krammer K., Lange-Bertalot H. Bacillariophyceae. Teil. 1. Naviculaceae. *Die Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Stuttgart, 1986. Bd. 2/1. S. 1–876.

Krammer K., Lange-Bertalot H. Bacillariophyceae. Teil. 2. Epithemiaceae, Bacillariaceae, Surirellaceae. *Die Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Stuttgart, 1988. Bd. 2/2. S. 1–536.

Krammer K., Lange-Bertalot H. Bacillariophyceae. Teil. 3. Centrales, Fragillariaceae, Eunotiaceae. *Die Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Stuttgart, 1991a. Bd. 2/3. S. 1–576.

Krammer K., Lange-Bertalot H. Bacillariophyceae. Teil 4. Achnanthaceae, Kritische Ergänzungen zu Navicula (Lineolatae) und Gomphonema. *Die Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Stuttgart, 1991b. Bd. 2/4. S. 1–437.

Petrova N. A. Seasonality of Melosira – plankton of the great northern lakes. *Hydrobiologia*. 1986. Vol. 138. P. 65–73.

Reynolds C. S. The ecology of Freshwater Phytoplankton. Leningrad: Cambridge Univ. Press. 1984. 384 p.

Sladecek V. System of water quality from the biological point of view. *Arch. Hydrobiol.* 1973. 7. P. 1–128.

Received October 03, 2014

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Чекрыжева Татьяна Александровна

старший научный сотрудник, к. б. н.
Институт водных проблем Севера
Карельского научного центра РАН
пр. Ал. Невского, 50, Петрозаводск,
Республика Карелия, Россия, 185003
e-mail: Tchekryzheva@mail.ru
тел.: (8142) 576520

CONTRIBUTORS:

Chekryzheva, Tatiana

Northern Water Problems Institute, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
50 A. Nevsky St., 185003 Petrozavodsk,
Karelia, Russia
e-mail: Tchekryzheva@mail.ru
tel.: (8142) 576520