

ИЗМЕНЕНИЯ В СТРУКТУРЕ ЛЕТНЕГО ФИТОПЛАНКТОНА КОНДОПОЖСКОЙ ГУБЫ ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА В ПРОЦЕССЕ АНТРОПОГЕННОГО ЭВТРОФИРОВАНИЯ

Т. А. ЧЕКРЫЖЕВА

Институт водных проблем Севера Карельского научного центра РАН

Проанализированы многолетние (1966–2006 гг.) данные о численности, биомассе и видовом составе летнего фитопланктона Кондопожской губы Онежского озера, длительный период испытывающей существенные антропогенные воздействия. До конца 1970–х гг. в планктоне преобладали массовые виды диатомовых, характерные для олиготрофного статуса водоемов. С начала 1980–х гг. при резком возрастании количественных показателей фитопланктона постепенно усиливается роль видов, характеризующих эвтрофный статус озер. С конца 1980–х – начала 1990–х гг. эти виды становятся доминирующими. С 1993 по 1995 гг. наблюдались стабильное количественное развитие и большое разнообразие летнего фитопланктона с преобладанием доминантов эвтрофных озер. Однако с 1998–1999 гг. на фоне существенно возросшего по сравнению с олиготрофной стадией общего уровня развития фитопланктона начинается постепенное вытеснение видов эвтрофных водоемов прежними доминантами олиготрофного периода.

T. A. CHEKRYZHEVA. CHANGES IN SUMMER PHYTOPLANKTON IN THE KONDOPOGA BAY OF LAKE ONEGA UNDER ANTHROPOGENIC EUTROPHICATION

Observations of the composition of mass species of algae in the Kondopoga Bay of Lake Onega conducted in 1966–2006 revealed the basic stages in phytoplankton succession. Each stage had its specific set of mass species and the degree of their development. Mass diatom species, typical of oligotrophic waters, had prevailed until the late 1970s. In the early 1980s the proportion of the species typically found in eutrophic lakes began to grow. These species have become dominant since the late 1980s – early 1990s, coupled with a steep rise in phytoplankton numbers. The 1993–1995 period was a time of the steady development of diverse phytoplankton, where the dominants of eutrophic lakes prevailed. Since 1998–1999, the species typical of eutrophic waters have been displaced by former dominants of the oligotrophic period, although the overall phytoplankton development is significantly greater than during the oligotrophic stage.

Трофический статус Онежского озера, второго по величине пресного водоема в Европе, до настоящего времени остается олиготрофным. В то же время продолжающееся многоцелевое его использование приводит к развитию антропогенного эвтрофирования прежде всего в промышленно освоенной Кондопожской губе водоема.

Кондопожская губа, являясь одним из крупнейших заливов (площадь 223 км², средняя глубина 21 м) Онежского озера, на протяжении длительного времени (с 1929 г.) подвергается воздействию сточных вод Кондопожского цел-

люлозно–бумажного комбината (ЦБК) и коммунально–бытовых и промышленных сточных вод г. Кондопоги. Несмотря на проведение ряда мероприятий по оздоровлению Кондопожской губы (ввод в действие на ЦБК в 1979 г. рассеивающего глубинного выпуска промстоков, станции биологических очистных сооружений (СБО) для коммунально–бытовых и промышленных сточных вод в 1983 г.) все еще продолжают загрязнение и эвтрофирование ее вод, обусловленные возрастанием концентраций общего фосфора (в 3–6 раз) и азота (в 15–30 раз), которые используются в качестве биогенной до-

бавки в процессе очистки сточных вод комбината на СБО (Сабылина, 1998). С 1992 г. вследствие существенного падения производства на ЦБК и по настоящее время концентрация общего фосфора сохраняется на уровне 20 мкг/л, что указывает на мезотрофный статус губы озера (Сабылина, Мартынова, 2003).

Обогащенные биогенными элементами сточные воды, поступающие в водоем от производства целлюлозы, меняют экологическую обстановку Кондопожской губы, что сказывается на структуре фитопланктонных сообществ, динамике их численности и биомассы в различных по степени загрязненности участках водоема. Кроме того, в планктоне губы отмечаются индикаторные виды водорослей, обладающие высокой чувствительностью к изменению условий окружающей водной среды, по присутствию которых можно судить об экологическом состоянии водоемов, включая степень эвтрофирования и качество их вод.

Цель настоящей работы заключалась в анализе изменений в видовой структуре и динамике количественных показателей развития летнего фитопланктона Кондопожской губы в период с 1966 по 2006 г., происходивших под влиянием антропогенного эвтрофирования водоема, а также в оценке качества вод акватории губы по выявленным видам планктонных водорослей, являющихся индикаторами сапробности и эвтрофного статуса озер.

Материал и методы

Материалом послужили данные собственных наблюдений 1998–2006 гг., а также литературные сведения о фитопланктоне губы за 1966–1996 гг. (Петрова 1971, 1990; Вислянская, 1986, 1990, 1998, 1999).

Пробы фитопланктона отбирали в различных районах губы (в вершинной, наиболее загрязненной, центральной частях и на выходе в открытый плес озера). Обработку проб осуществляли в соответствии с общепринятыми в гидробиологической практике методами (Кузьмин, 1975, 1984; Федоров, 1979; Tikkanen, 1986).

Оценку сходства видового состава фитопланктона проводили при помощи коэффициентов Серенсена и Жаккара (Мэгарран, 1992). Качество (степень сапробности) воды определяли, используя индикаторные виды фитопланктона по Пантле-Букку в модификации Сладечека (Библиографический указатель по теме ... 1974; Макрушин, 1974; Барина, 2006; Sladecsek, 1973) в соответствии с эколого-санитарными классификациями поверхностных вод суши (Оксиук, Жукинский, 1983; Руководство по методам ... 1983). Трофность водоема оценивали по

биомассе фитопланктона, ориентируясь на общепринятые в гидроэкологии шкалы (Китаев, 1984; Трифонова, 1990).

Результаты и обсуждение

Список планктонных водорослей губы, насчитывающий ранее 155 таксонов (Вислянская, 1986), расширен к настоящему времени до 228 в следующем соотношении по систематическим отделам: Cyanophyta – 17 (7%), Chrysophyta – 29 (13%), Bacillariophyta – 97 (43%), Xanthophyta – 3 (1%), Cryptophyta – 7 (3%), Dinophyta – 6 (3%), Euglenophyta – 12 (5%), Chlorophyta – 57 (25%). В составе разнообразной флоры по числу видов в планктоне преобладают диатомовые, зеленые, золотистые и синезеленые водоросли. Флористическое разнообразие планктона с преобладанием видов из указанных групп является общим свойством больших олиготрофных озер умеренного пояса (Кожова, 1959; Поповская, 1963; Петрова, 1971, 1990; Бондаренко, 1997; Järnefelt, 1956; Florin, 1957).

При достаточно большом таксономическом разнообразии летнего фитопланктона Кондопожской губы набор массовых видов в нем сравнительно невелик и характерен для Онежского озера. К основным доминантам из диатомовых водорослей можно отнести две формы летнего комплекса: *Asterionella formosa* Hass. и *Tabellaria fenestrata* (Lyngb.) Kütz., а также три формы весенне-осеннего комплекса: *Aulacosira islandica* ssp. *helvetica* (O. Müll.) Sim., *Aulacosira subarctica* (O. Müll.) Hawort., *Aulacosira italica* var. *tenuissima*. Кроме того, в планктоне губы встречались следующие виды диатомей: *Aulacosira alpigena* (Grun.) Krammer, *Diatoma elongatum* (Lyngb.), *Fragilaria crotonensis* Kitt., *Tabellaria fenestrata* var. *intermedia* Grun., *Tabellaria flocculosa* (Roth.) Kütz., *Nitzschia acicularis* W. Sm., *Synedra ulna* (Nitzsch.) Ehr., *Synedra acus* Kütz., а также ряд видов из родов *Cyclotella*, *Navicula*, *Eunotia*, *Stephanodiscus*. Разнообразна в планктоне губы флора золотистых водорослей, представленных видами родов *Dinobryon*, *Chrysococcus*, *Mallomonas*, *Pseudokephyrion*, *Kephyrion* и *Stenokalyx*. В таксономический состав зеленых водорослей летнего планктона входили десмидиевые (р.р. *Cosmarium*, *Closterium*, *Staurostrum*), вольвоксовые (р.р. *Pandorina*, *Eudorina*, *Chlamydomonas*) и большое число видов хлорококковых из родов *Oocystis*, *Ankistrodesmus*, *Monoraphidium*, *Crucigenia*, *Elakatotrix*, *Scenedesmus*, *Pediastrum*, *Planctococcus*, *Dictyosphaerium*, *Coelastrum*, *Sphaerocystis*. Из динофитовых водорослей встречались *Ceratium hirundinella* (O.F.M.) Bergh., *Peridinium cinctum* (O.F.W.)

Ehr., *Peridinium inconspicuum* Lemm., а из криптофитовых — *Croomonas* и *Cryptomonas*. Разнообразие синезеленых водорослей формировалось за счет видов родов *Anabaena*, *Oscillatoria*, *Aphanizomenon*, а эвгленовых — за счет видов родов *Euglena* и *Trachelomonas*. Представители зеленых, криптофитовых, динофитовых, золотистых, синезеленых, эвгленовых и желтозеленых водорослей не достигали уровня развития массовых видов диатомей.

В фитопланктонных сообществах пресных водоемов, подверженных процессу антропогенного воздействия, наблюдаются перестройки в видовой структуре. Несмотря на отмечаемые трудности в выделении видов, показателей уровня трофии, для ряда озер умеренного пояса выявлены изменения в составе фитопланктона, связанные с антропогенным эвтрофированием (Давыдова, Петрова, 1968; Васильева, Ремигайло, 1980; Гецен, 1985; Кузьмин, 1985; Трифонова, 1979, 1990; Петрова, 1990; Харитонов, 1980; Стенина, 1994; Гецен и др., 1994).

Сравнение таксономического состава летнего фитопланктона губы в процессе ее антропогенного эвтрофирования наиболее репрезентативно оказалось возможным сделать по имеющимся материалам 1982, 1998–2006 гг. Специфичность видового состава фитопланктона в последние 25 лет наблюдений проявилась в увеличении общего списка на 68 таксонов, в основном из зеленых, диатомовых, золотистых и криптофитовых водорослей. Сопоставление планктонной альгофлоры на олиготрофной (1982 г.) стадии и в период перестройки (1998–2006 гг.) под влиянием антропогенного эвтрофирования губы — свидетельствует о постоянстве в планктоне соотношения числа представителей различных систематических отделов водорослей. При этом наиболее высокое флористическое сходство по значениям коэффициентов Серенсена (0,60) и Жаккара (0,43) за оба периода наблюдений характерно для диатомовых водорослей. Отмеченная особенность, заключающаяся в постоянстве соотношения систематических отделов в процессе антропогенного эвтрофирования, ранее была зафиксирована для фитопланктона Ладожского озера (Петрова, 1990).

Общее повышение в последние десятилетия уровня трофии Кондопожской губы во многом обусловлено влиянием богатых органическими веществами сточных вод ЦБК (Сабылина, Мартынова, 2003), что, несомненно, сказывается на видовой структуре фитопланктонных сообществ и характере их распределения по акватории водоема. С возрастанием уровня трофности происходит обогащение состава альгофлоры β -

мезосапробными видами. Фитопланктонный комплекс пополняется видами, не только характерными для вод более высокого уровня трофии, но и являющимися индикаторами органического загрязнения. Так, из 68 видов, вновь обнаруженных в планктоне губы в 1998–2006 гг. 70% относятся к индикаторам β -, β - α -, α -сапробных условий, в то время как из числа общих видов, встреченных как в 1982 г., так и 1998–2006 гг., только один вид отнесен к показателям α -сапробных условий и 12 видов — β -сапробных условий (в целом не более 20%).

В последние десятилетия наблюдений были выявлены виды, являющиеся индикаторами органического загрязнения (сапробности) природных вод из числа криптофитовых (*Croomonas acuta* Uterm., *Cryptomonas acuta* Uterm., *Cr. erosa* Ehr., *Cr. marssonii* Skuja, *Cr. obovata* Skuja, *Cr. ovata* Ehr., *Rhodomonas lacustris* Pascher et Ruttn.), которые встречаются на всей акватории Кондопожской губы. Помимо названных, показателями β -мезосапробных условий (по уровню загрязненности вод) считаются *Chlamydomonas monadina* Stein. и *Planctococcus sphaerocystiformis* Korschik. из зеленых, α -сапробных условий — *Nitzschia acicularis* (Kütz.) из диатомовых. Несмотря на то что четкой закономерности в распределении по акватории губы количественных показателей фитопланктона не выявлено (табл. 1), были отмечены наиболее высокие значения численности и биомассы видов-индикаторов органического загрязнения по ходу распространения в губе сточных вод ЦБК (рис. 1).

Классификация вод губы по численности и биомассе видов-индикаторов загрязнения, выполненная по наблюдениям настоящего времени, очень сходна с распределением зон загрязнения прежних лет (Вислянская, 1986) и свидетельствует о все еще продолжающемся загрязнении кондопожских вод, которое вышло за пределы вершинной части губы и распространилось вплоть до центральной части ее акватории.

Согласно эколого-санитарным классификациям поверхностных вод суши (Оксиюк, Жукинский, 1983; Руководство по методам ... 1983) воды Кондопожской губы по средним значениям летней биомассы фитопланктона в целом следует отнести к классу вод удовлетворительной чистоты. Альгоиндикация качества водной среды в губе с использованием индикаторных организмов по Пантле-Букку в модификации Сладечека (индексы сапробности 1,6–2,5) указывает на ее β -мезосапробный характер (Библиографический указатель по теме ... 1974; Макрушин, 1974).

Таблица 1. Пространственное распределение численности (тыс. кл/л) и биомассы (г/м³) фитопланктона Кондопожской губы в летний период

Год	Вершина губы		Центральный район		На выходе	
	численность	биомасса	численность	биомасса	численность	биомасса
1982	885	0,410	160	0,490	290	0,400
1991	1410	1,320	1900	1,280	680	0,720
1995	450	0,990	560	1,190	260	0,330
1998	2796	2,098	623	0,432	345	0,205
1999	1253	1,048	898	1,159	240	0,368
2001	3400	3,326	1930	3,606	3200	2,882
2005	805	0,641	—	—	1025	0,422
2006	8481	6,048	2748	1,373	6348	5,352

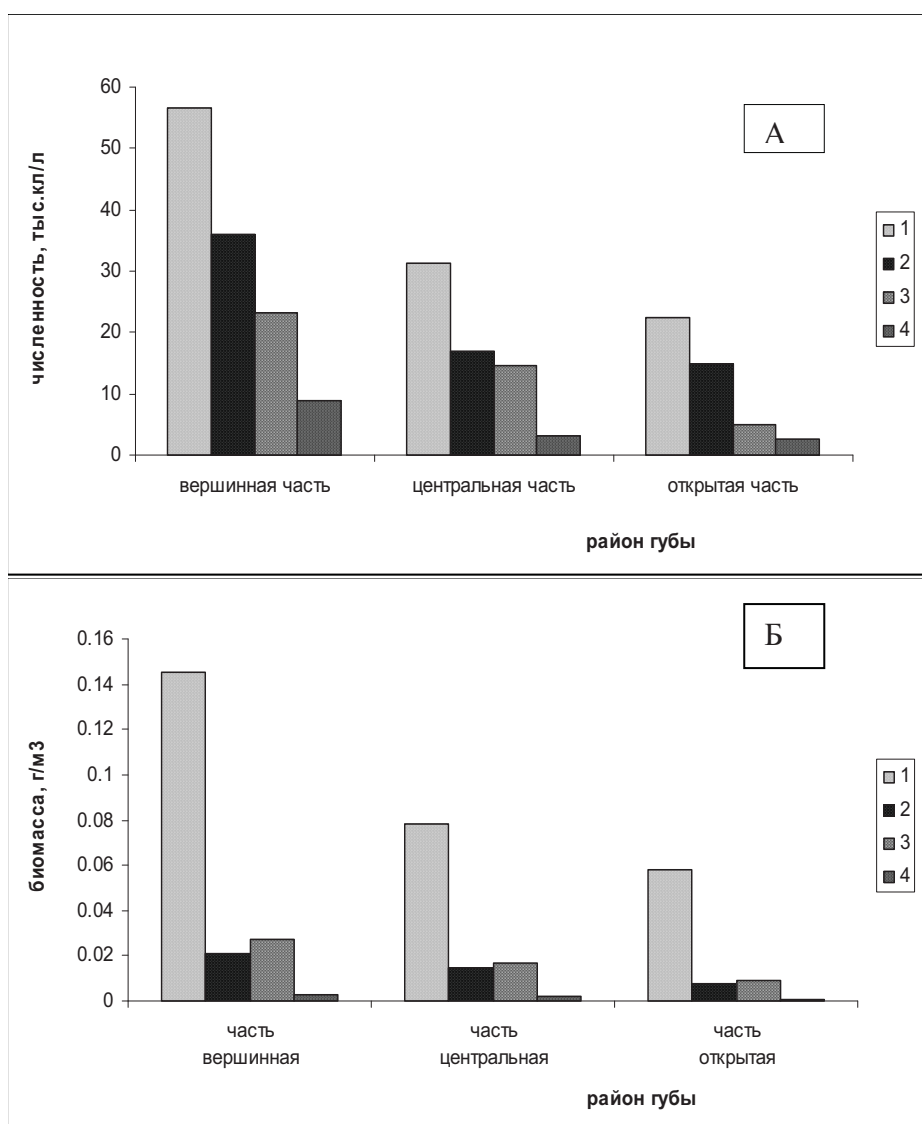


Рис. 1. Распределение численности (А) и биомассы (Б) индикаторных видов фитопланктона по акватории Кондопожской губы в летний период 1999 г.

1 – *Chlamydomonas monadina*, 2 – *Planctococcus sphaerocystiformis*,
3 – виды р. *Cryptomonas*, 4 – *Nitzschia acicularis*

Видовой состав, численность и биомасса летнего фитопланктона достаточно хорошо отражают трофические условия в озерах, поэтому данные показатели широко используются для оценки трофического статуса природных водоемов (Китаев, 1984; Трифонова, 1990). Практически всю акваторию Кондопожской губы по средним величинам летней биомассы планктонных водорослей следует отнести в настоящее время к мезотрофному типу.

Анализ многолетних данных численности и биомассы фитопланктона, а также сравнение таксономического состава Кондопожской губы за период с 1966 по 2006 г. позволяют судить о последовательности изменений, происходивших в фитопланктонных сообществах под влиянием антропогенного эвтрофирования водоема.

Фитопланктон губы до конца 1970-х гг. был обычным для больших глубоких и холодноводных олиготрофных озер умеренного пояса. При достаточно разнообразном видовом составе разных групп фитопланктона в рассматриваемый период преобладали массовые виды диатомовых водорослей, характерные для водоемов олиготрофного статуса. Виды весенне-осеннего (*Aulacoseira islandica* subsp. *helvetica* (O. Müll.), *A. subarctica* (O. Müll.) Hawort, *A. distans* var. *alpigena* Grun. Sim.) и летнего (*Asterionella formosa* Hass., *Tabellaria fenestrata* (Lyngb.) комплексов определяли группу массовых форм. Среди видов, доминантов олиготрофного периода, отмечались также золотистая водоросль *Dinobryon divergens* Imh. и некоторые виды синезеленых — *Coelosphaerium kuetzingianum* Nag., *Oscillatoria limosa* Ag., *O. planctonica* Wolosz. Такой набор массовых видов сохранялся до конца 1970-х гг. Уровень развития летнего

фитопланктона лимитировался низким (15 мкг/л) содержанием фосфора в озерной воде (Сабылина, 1998) и не превышал 30 тыс. кл/л и 0,03 г/м³ (рис. 2).

Увеличение поступлений фосфора (максимально до 25–31 мкг/л) после введения в эксплуатацию (1979 г.) рассеивающего глубинного выпуска промстоков (Сабылина, Мартынова, 2003) привело к началу 1980-х гг. к резкой интенсификации развития водорослей, в 10 раз по численности и в 20 раз по биомассе (рис. 2) и расширению круга массовых форм за счет синезеленых (*Anabaena lemmermanii* P. Richt, *Aphanizomenon flos-aquae* L. Ralfs., *Merismopedia tenuissima* Lemm., *Oscillatoria agardhii* Gom.) и зеленых (*Eudorina elegans* Ehr., *Dictyosphaerium pulchellum* Wood., *Planctococcus sphaerocystiformis* Korschik., *Pandorina morum* (Müll.) Bory, а также видов из родов *Ankistrodesmus*, *Crucigenia*, *Coelastrum*). С этого периода возросли в биомассе фитопланктона доли зеленых и синезеленых водорослей. Стало очевидным, что группа доминантов, включавшая виды олиготрофных озер, потребляющие сравнительно мало фосфора и малопродуктивные, пополнилась видами эвтрофных водоемов, высокопродуктивными и требующими для своего развития значительной обеспеченности фосфором.

С конца 1980-х гг., после ввода в 1983 г. в действие биологической очистки промстоков (СБО) и, как следствие, возрастания концентрации фосфора (24 мкг/л) в озерной воде, наблюдали еще более интенсивное развитие фитопланктона (рис. 2).

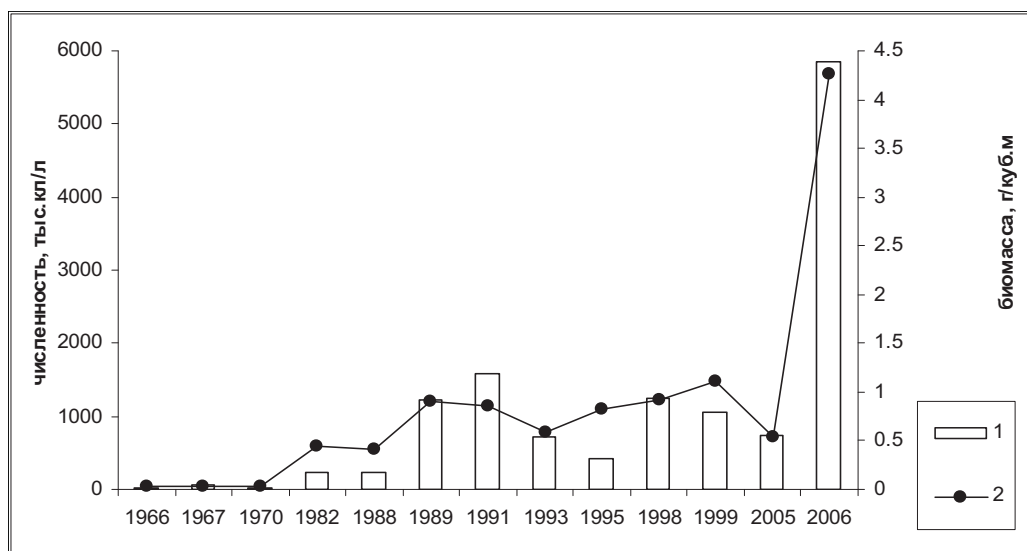


Рис. 2. Многолетняя изменчивость численности (1) и биомассы (2) летнего фитопланктона Кондопожской губы

Выразилось оно в 1989 г. в увеличении численности водорослей в 5 раз (1226 тыс. кл/л), а биомассы в 2 раза (0,91 г/м³) по сравнению с 1982 г. (235 тыс. кл/л и 0,45 г/м³). Нарастание численности фитопланктона и расширение круга массовых видов эвтрофного статуса озер (синезеленые — *Oscillatoria tenuis* Ag., *Oscillatoria planctonica* Wolosz., *Anabaena hassalii* (Kütz.) Wittz, *Microcystis pulverea* (Wood.) Elenk. f. *pulverea*; зеленые — *Ankistrodesmus pseudomirabilis* var. *pseudomirabilis* Korschik., *Coelastrum microporum* Naeg. f. *microporum*, *Eudorina elegans* Ehr.) продолжались вплоть до начала 1990-х гг. В «малоурожайные» 1993–1995 гг. наблюдавшееся снижение (500 тыс. кл/л и 0,70 г/м³) количественных показателей фитопланктона во многом определялось синоптической изменчивостью, а также снижением выпускаемой продукции ЦБК и, как следствие, уменьшением объема сточных вод и концентрации общего фосфора в воде до 20 мкг/л.

С конца 1990-х гг. наряду с увеличением числа видов, характерных для эвтрофного статуса озер, стали интенсивно развиваться прежние доминанты олиготрофного периода (табл. 2). Эти виды имеют преимущество перед эвтрофными, поскольку довольствуются меньшими концентрациями фосфора в воде, но используют его вдвое эффективнее (Петрова, 1990; Петрова, Антонов, 1983; Петрова, Иофина, 2003).

Состав доминантов фитопланктона губы на новом этапе стал идентичным наблюдавшемуся в олиготрофный период конца 1960–1970 гг. При этом общий уровень развития фитопланктона (рис. 2) возрос (1254 тыс. кл/л и 1,1 г/м³) по сравнению с олиготрофной стадией. В 2006 г. зафиксированы локальные максимально высокие за 40-летний период наблюдений количественные показатели летнего фитопланктона, достигшие 6 млн кл/л и 4,5 г/м³.

Выводы

К настоящему времени в планктонной флоре Кондопожской губы выявлено 228 таксонов водорослей при незначительном изменении в соотношении видов разной систематической принадлежности. Руководящая роль в планктоне, как и прежде, принадлежит диатомовым, зеленым, золотистым и синезеленым водорослям. В настоящее время уровень обилия планктонной флоры и отмеченная структурная перестройка в видовом составе, выразившаяся в увеличении числа видов показателей эвтрофирования и органического загрязнения вод, свидетельствуют о продолжающемся влиянии антропогенного стока на фитопланктон губы. Анализ пространственного распределения фитопланктонных популяций, относящихся к числу индикаторных видов, также свидетельствует о все еще продолжающемся загрязнении кондопожских вод, которое вышло за пределы вершинной части губы и распространилось вплоть до центральной части ее акватории.

Сукцессия фитопланктона в процессе антропогенного эвтрофирования Кондопожской губы проходила несколько этапов, каждый из которых характеризовался определенным набором массовых видов и уровнем их развития. Так, до конца 1970-х гг. в фитопланктоне губы преобладали массовые виды диатомовых водорослей, характерные для водоемов олиготрофного статуса. Уровень развития фитопланктона в этот период был невысоким и стабильным. С начала 1980-х гг. наблюдалось постепенное усиление роли, а с конца 1980-х до середины 1990-х — доминирование видов эвтрофного статуса озер при резком возрастании количественных показателей фитопланктона. С конца 1990-х гг. происходило вытеснение видов эвтрофных водоемов прежними доминантами олиготрофного периода при существенно возросшем общем уровне развития фитопланктона по сравнению с олиготрофной стадией.

Таблица 2. Количественные показатели массовых видов фитопланктона Кондопожской губы в процессе антропогенного эвтрофирования

Вид	Показатель	1966–1978	1982–1991	1999	2006
<i>Aulacoseira islandica</i>	Числ., тыс. кл/л	2,2	61	143	407,7
<i>Alacoseira subarctica</i>	Биомасса, г/м ³	0,011	0,290	0,62	1,01
<i>Asterionella formosa</i>	Числ., тыс. кл/л	4,1	214	366	477
<i>Tabellaria fenestrata</i>	Биомасса, г/м ³	0,002	0,077	0,210	0,304
<i>Fragilaria crotonensis</i>	Числ., тыс. кл/л	10,2	42	128	247
<i>Diatoma elongatum</i>	Биомасса, г/м ³	0,008	0,033	0,088	0,242
	Числ., тыс. кл/л	18	30	118,2	44
	Биомасса, г/м ³	0,058	0,094	0,135	0,070
	Числ., тыс. кл/л	–	51	211	319,3
	Биомасса, г/м ³	–	0,013	0,08	0,189
	Числ., тыс. кл/л	–	2	12	7,5
	Биомасса, г/м ³	–	0,002	0,01	0,005

Выражаю благодарность сотрудникам лаборатории гидробиологии Института водных проблем Севера КарНЦ РАН за помощь в отборе проб фитопланктона в Кондопожской губе Онежского озера в летние сезоны 1998–2006 гг.

Литература

- Барина С. С., Медведева Л. А., Анисимова О. В.* 2006. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды. Тель-Авив. 498 с.
- Библиографический указатель по теме: «Биологический указатель качества вод» с приложением списка организмов-индикаторов загрязнения (составлен А.В. Макрушиным). 1974. Л. 53 с.
- Бондаренко Н. А.* 1997. Структура и продукционные характеристики фитопланктона озера Байкал. Автореф. дис..., канд. биол. наук. Борок. 23 с.
- Васильева И. И., Ремигайло П. А.* 1980. Альгофлора водоемов субарктической тундры в районе стационара «Походск» // Растительность и почвы субарктической тундры. Новосибирск: Наука. С. 92-104.
- Вислянская И. Г.* 1986. Современное состояние фитопланктона Кондопожской губы Онежского озера // Лимнология Кондопожской губы Онежского озера. Петрозаводск: КФ АН СССР. С. 98-113.
- Вислянская И. Г.* 1990. Фитопланктон // Экосистема Онежского озера и тенденции ее изменения. Л.: Наука. С. 183-192.
- Вислянская И. Г.* 1998. Фитопланктон // Современное состояние водных объектов Республики Карелия. По материалам мониторинга 1992–1997 гг. Петрозаводск. С. 57-60.
- Вислянская И. Г.* 1999. Структура и динамика биомассы фитопланктона // Онежское озеро. Экологические проблемы. Петрозаводск. С. 146-158.
- Гецен М. В.* 1985. Водоросли в экосистемах Крайнего Севера. Л. 165 с.
- Гецен М. В., Стенина А. С., Патова Е. Н.* 1994. Альгофлора Большеземельской тундры в условиях антропогенного воздействия. Екатеринбург. 148 с.
- Давыдова Н. Н., Петрова Н. А.* 1968. Экологическая характеристика водорослей Ладожского озера // Растительные ресурсы Ладожского озера. Л.: Наука. С. 175-199.
- Китаев С. П.* 1984. Экологические основы биопродуктивности озер разных природных зон. М. 207 с.
- Кожова О. М.* 1959. Фитопланктон Малого моря // Тр. Байкал. лимнол. ст. Т. 17. С. 255-274.
- Кузьмин Г. В.* 1975. Фитопланктон // Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. М.: Наука. С. 73-84.
- Кузьмин Г. В.* 1984. Таблицы для вычисления биомассы водорослей. Магадан. 47 с.
- Кузьмин Г. В.* 1985. Видовой состав фитопланктона водоемов зоны затопления Колымской ГЭС. Магадан. 41 с.
- Макрушин А. В.* 1974. Биологический анализ качества вод. Л.: Наука. 60 с.
- Мэгарран Э.* 1992. Экологическое разнообразие и его измерение. М.: Мир. 184 с.
- Оксиюк О. П., Жукин В. Н.* 1983. Методические приемы использования эколого-санитарной классификации поверхностных вод суши // Гидробиологич. журн. Т. 19, № 5. С. 63-67.
- Петрова Н. А.* 1971. Фитопланктон Онежского озера // Растительный мир Онежского озера. Л.: Наука. С. 88–127.
- Петрова Н. А.* 1990. Сукцессии фитопланктона при антропогенном эвтрофировании больших озер. Л.: Наука. 200 с.
- Петрова Н. А., Антонов С. Е.* 1983. Скорость потребления фосфора планктонными водорослями Ладожского озера // Антропогенное эвтрофирование природных вод. Черноголовка. С. 171-172.
- Петрова Н. А., Иофина И. В.* 2003. Биоразнообразие планктонных сообществ как основа устойчивости экосистем больших озер // Охрана и рациональное использование водных ресурсов Ладожского озера и других больших озер: Тр. IV Междун. симпоз. по Ладожскому озеру. Великий Новгород, 2–6 сентября 2002. СПб. С. 333-337.
- Поповская Г. И.* 1963. Итопланктон Селенгинского мелководья, прилегающих участков открытого Байкала и дельтовых протоков реки Селенги: Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Иркутск. 27 с.
- Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений. 1983. Ред. Абакумов В. А. Л.: Гидрометеиздат. 50 с.
- Сабылина А. В.* 1998. Химический состав воды // Современное состояние водных объектов Республики Карелия. По результатам мониторинга 1992-1997 гг. Петрозаводск: КарНЦ РАН. С. 40-51.
- Сабылина А. В., Мартынова Н. Н.* 2003. Изменение химического состава воды Онежского озера в течение пятидесяти лет // Охрана и рациональное использование водных ресурсов Ладожского озера и других больших озер: Тр. IV Международ. симпоз. по Ладожскому озеру. Великий Новгород, 2-6 сентября 2002. СПб. С. 230-233.
- Стенина А. С.* 1994. Состав и структура диатомовых комплексов естественных и антропогенно-измененных водоемов // Структурно-функциональная организация фитоценозов на Крайнем Севере. Сыктывкар. С. 44-60.
- Трифорова И. С.* 1979. Состав и продуктивность фитопланктона разнотипных озер Карельского перешейка. Л. 168 с.
- Трифорова И. С.* 1990. Экология и сукцессия озерного фитопланктона. Л.: Наука. 184 с.
- Чекрыжева Т. А.* 1993. Оценка качества вод Кондопожской губы Онежского озера по фитопланктону // Мат-лы III Всесоюз. конф. по водной растительности внутр. водоемов и качество их вод. Сент. 1992 г. Петрозаводск. С. 18-19.
- Чекрыжева Т. А., Сластина Ю. Л.* 2002. Индикация по фитопланктону зон загрязнения Кондопожской губы Онежского озера // Современные проблемы водной токсикологии: Тез. Всерос. конф. 19-21 ноября 2002. Борок. С. 181.

- Чекрыжева Т. А.* 2004. Изменения в видовом составе фитопланктона Кондопожской губы Онежского озера в процессе антропогенного эвтрофирования // Экологические проблемы северных регионов и пути их решения: Мат-лы. Междунар. конф. Апатиты, 31авг.–3 сент. 2004 г. Ч. 1. С. 82-84.
- Федоров В. Д.* 1979. О методах изучения фитопланктона и его активности. М.: Наука. 166 с.
- Харитонов В. Г.* 1980. Диатомовые водоросли озера Эльгыгытгын (Анадырский район) // Ботан. журн. Т. 65. С. 1622-1628.
- Florin M. B.* 1957. Plankton of fresh and brackish waters in the Södertälje Area // Acta Phytogeogr. Sauecica. V. 38. P. 1-30.
- Sladeczek V.* 1973. System of water quality from the biological point of view // Arch. Hydrobiol. V. 7. P. 1-128.
- Tikkanen T.* 1986. Kasviplanktonopas. Suomen Luonnonsuojelun Tuki Oy. Helsinki. 277 p.
- Järnefelt R.* 1956. Materialen zur Hydrobiologie Sees Tuusulanjärvi. Acta Soc. Fauna et Flora Fenn. Bd. 71. N 5.