

УДК 574.5

The Analysis of Results of Monitoring of Biological Communities in Some Lakes

Alexander F. Alimov*

*Zoological Institute of the RAS
1 Universitetskaya Emb., Saint-Petersburg, 199034, Russia*

Received 29.03.2016, received in revised form 14.06.2017, accepted 19.09.2017

The analysis of dynamics of plankton primary production, biomass of communities of zooplankton and benthos in Lake Krasnoye (Leningrad Oblast) in the period 1964–1984, in Naroch lakes (Belarus) from 1978 to 2010, and in Shchuchiy Bay of Lake Ladoga during the period of its recovery was carried out. Significant relationships between biomass of these communities and plankton primary production were identified; the ratios between the rates of change of heterotroph biomasses and plankton primary production were calculated.

Keywords: Lake Krasnoye, Lake Naroch, Lake Myastro, Lake Batorino, Shchuchiy Bay, plankton primary production, biomass of zooplankton and benthic communities, long-term dynamics.

Citation: Alimov A.F. The analysis of results of monitoring of biological communities in some lakes. J. Sib. Fed. Univ. Biol., 2017, 10(4), 395-403. DOI: 10.17516/1997-1389-0041.

Анализ результатов мониторинга биологических сообществ в некоторых озерах

А.Ф. АЛИМОВ

*Зоологический институт РАН
Россия, 199034, Санкт-Петербург, Университетская наб., 1*

Выполнен анализ динамики первичной продукции планктона, биомассы сообществ зоопланктона и бентоса в оз. Красное (Ленинградская обл.) в период 1964–1984 гг., в Нарочанских озерах (Беларусь) с 1978 по 2010 г., а также в Щучьем заливе Ладожского озера в период его восстановления. Выявлена хорошая связь биомасс сообществ зоопланктона и

бентоса с первичной продукцией планктона, рассчитаны соотношения скоростей изменения биомасс гетеротрофов и первичной продукции планктона.

Ключевые слова: оз. Красное, оз. Нарочь, оз. Мясро, оз. Баторино, Щучий залив, первичная продукция планктона, биомасса сообществ зоопланктона и бентоса, многолетняя динамика.

Введение

Важным результатом гидробиологических работ является определение биомассы в популяциях конкретных видов организмов. Первичная продукция планктона определяется экспериментально, вторичная продукция гетеротрофов всегда рассчитывается. Без знания биомассы расчеты продукции гетеротрофов невозможны. Продукция популяции этих организмов за определенное время представляет собой сумму приростов всех особей данной популяции, как бывших в наличии к началу рассматриваемого отрезка времени, так рожденных и уничтоженных за это время. В продукцию популяции включают прирост не только особей, оставшихся к концу периода, но и тех особей, которые в результате выедания, отмирания и других причин не вошли в биомассу популяции. Биомасса представляет собой важнейшую характеристику популяций, сообществ организмов и экологических систем.

Одна из важнейших задач экологических исследований мониторинг – многолетние наблюдения за разными параметрами, характеристиками экосистем и их составляющих. К настоящему времени накопились данные мониторинга на различных водоемах и водотоках. Настало время попытаться как-то проанализировать различные и иногда противоречивые результаты. Чаще всего динамику изменения биотических составляющих экосистем связывают с изменениями параметров внешней среды (например, температуры, давления, химических

характеристик и т.п.). Предпримем попытку рассмотреть некоторые биотические изменения, полученные в результате многолетних наблюдений. Рассмотрим динамику изменения во времени первичной продукции планктона и биомасс зоопланктонных и бентосных сообществ в озерах разного трофического статуса.

Материалы

В качестве материалов были использованы результаты исследований лаборатории пресноводной и экспериментальной гидробиологии ЗИН РАН на оз. Красное (бассейн Онежского озера, Ленинградская обл.), Щучьем заливе Ладожского озера и литературные материалы, которые, к сожалению, не многочисленны (Беляков, 2008; Игнатьева, Барбашова, 2003; Многолетние изменения..., 2008; Распопов и др., 1998, 2003). Результаты многолетних (1978–2010 гг.) наблюдений на Нарочанских озерах Нарочь, Мясро, Баторино (Беларусь) были переданы мне лично А.П. Остапеней и использованы в статье.

Результаты и обсуждение

По динамике изменений во времени первичной продукции, биомассы в сообществах планктона и бентоса были построены аппроксимирующие функции, по их первым производным рассчитывались скорости изменений характеристик (Алимов и др., 2013).

В оз. Красное (бассейн Онежского озера, Ленинградская обл.) первичная продукция

планктона возрастала в течение наблюдений (рис. 1) со скоростью 25,2 ккал/м² за год, что видно из уравнения 1:

$$Ppf = 25,2 \cdot t_1 + 814,5 \quad R^2 = 0,58. \quad (1)$$

Первичная продукция планктона в озере в среднем за период исследований составляла 1095 ккал/м² за год.

Биомасса в сообществах бентоса (Bb) в этом озере также возрастала со скоростью 1,1 г/м² за год (рис. 2, уравнение 2):

$$Bb = 1,1 \cdot t_1 + 1,3 \quad R^2 = 0,43. \quad (2)$$

Биомасса зоопланктона (Bz) также возрастала со скоростью 0,3 г/м² в год (рис. 3, уравнение 3):

$$Bz = 0,33 \cdot t_1 + 8 \quad R^2 = 0,4. \quad (3)$$

Рассмотрим некоторые данные по Нарочанским озерам.

Первичная продукция планктона в оз. Нарочь увеличивалась со скоростью 13,6 ккал/м² за вегетационный сезон (рис. 4, уравнение 4):

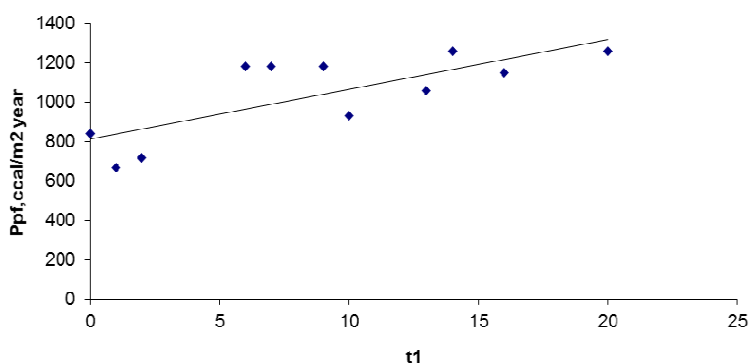


Рис. 1. Динамика первичной продукции планктона (Ppf) в оз. Красное в период с 1964 по 1984 гг. (по данным: Беляков, 2008; Многолетние изменения..., 2008). По оси абсцисс – годы наблюдений, год начала наблюдений принимался равным нулю

Fig. 1. Dynamics of plankton primary production (Ppf) in Lake Krasnoye from 1964 to 1984 (from Belyakov, 2008; Long-term changes..., 2008). The x-axis is the years of observation, the first year of observation was assumed to be zero

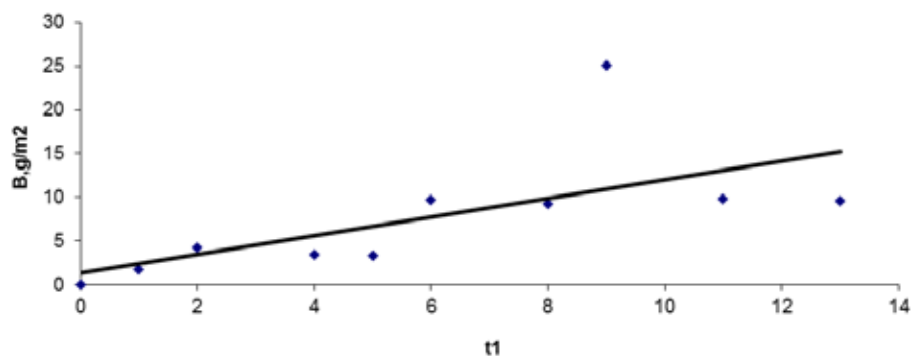


Рис. 2. Динамика биомассы в донных сообществах (B) в оз. Красное. По оси абсцисс – годы наблюдений, год начала наблюдений принимался равным нулю

Fig. 2. Dynamics of biomass in bottom communities (B) in Lake Krasnoye. The x-axis is the years of observation, the first year of observation was assumed to be zero

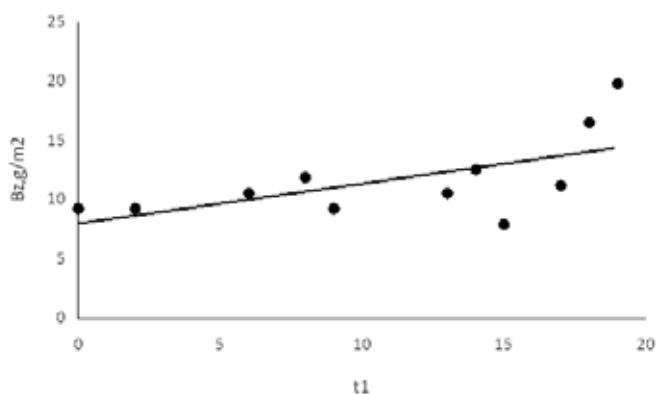


Рис. 3. Динамика биомассы зоопланктона (Bz) в оз. Красное. По оси абсцисс – годы наблюдений, год начала наблюдений принимался равным нулю

Fig. 3. Dynamics of zooplankton biomass (Bz) in Lake Krasnoye. The x-axis is the years of observation, the first year of observation was assumed to be zero

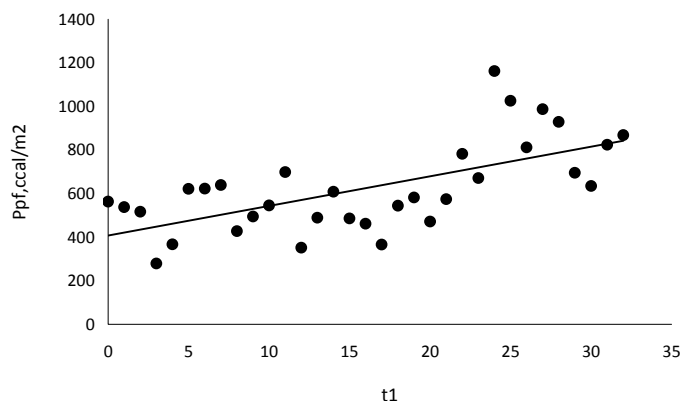


Рис. 4. Динамика первичной продукции планктона (Ppf) в оз. Нарочь. По оси абсцисс – годы наблюдений, год начала наблюдений принимался равным нулю

Fig. 4. Dynamics of plankton primary production (Ppf) in Lake Naroch. The x-axis is the years of observation, the first year of observation was assumed to be zero

$$Ppf = 13,6 \cdot t_1 + 407 \quad R^2 = 0,41. \quad (4)$$

Биомасса зоопланктона в то же время снижалась со скоростью – 2,55 за год (рис. 5, уравнение 5):

$$Bz = -2,55 \cdot t_1 + 25,9 \quad R^2 = 0,3. \quad (5)$$

В оз. Мястро и Баторино первичная продукция увеличивалась, изменяясь в первом озере со скоростью 45,7, во втором – 21,1 ккал/м² за вегетационный сезон

(рис. 6, 7, уравнения 6, 7 соответственно):

$$Ppf = 45,7 \cdot t_1^2 + 264,7 \quad R^2 = 0,76. \quad (6)$$

$$Ppf = 21,1 \cdot t_1^2 + 224 \cdot t_1 + 2055 \quad R^2 = 0,54. \quad (7)$$

В этих озерах биомасса зоопланктона за время наблюдений изменялась со скоростью 1,82 и 3,37 г/м² за год (рис. 8, 9, уравнения 8, 9 соответственно):

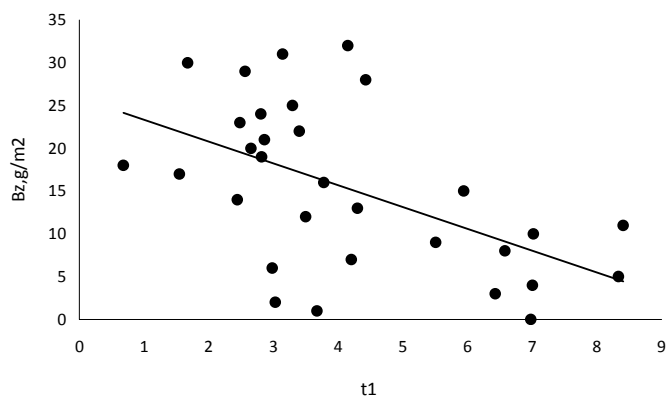


Рис. 5. Динамика биомассы зоопланктона (Bz) в оз. Нарочь. По оси абсцисс – годы наблюдений, год начала наблюдений принимался равным нулю

Fig. 5. Dynamics of zooplankton biomass (Bz) in Lake Naroch. The x-axis is the years of observation, the first year of observation was assumed to be zero

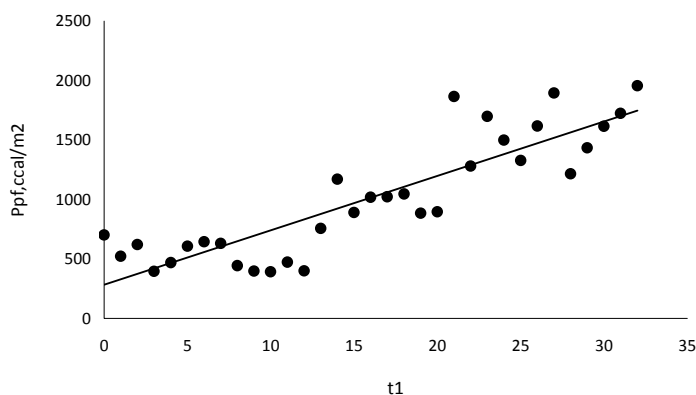


Рис. 6. Динамика первичной продукции (Ppf) в оз. Мястро. По оси абсцисс – годы наблюдений, год начала наблюдений принимался равным нулю

Fig. 6. Dynamics of primary production (Ppf) in Lake Myastro. The x-axis is the years of observation, the first year of observation was assumed to be zero

$$Bz = 1,82*t_1 + 5,34 \quad R^2 = 0,096. \quad (8)$$

$$Bz = -3,37*t_1 + 24,5 \quad R^2 = 0,31. \quad (9)$$

В Нарочанских озерах средние за изученный период значения первичной продукции планктона составляли: Нарочь 572, Мястро 1015, Баторино 1143 ккал/м² за сезон.

Из приведенных уравнений нетрудно рассчитать, что в изученных озерах скорость изменения биомассы зоопланктона по от-

ношению к скорости изменения первичной продукции была от 0,01 (оз. Красное) до 0,15 (Баторино), в среднем 0,07. По отношению к бентосу то же составляло 0,04. Учитывая небольшое количество данных, можно предполагать, что скорость изменения биомассы гетеротрофов по отношению к скорости изменения первичной продукции планктона находится в пределах от 0,01 до 0,15 независимо от величины первичной продукции планктона.

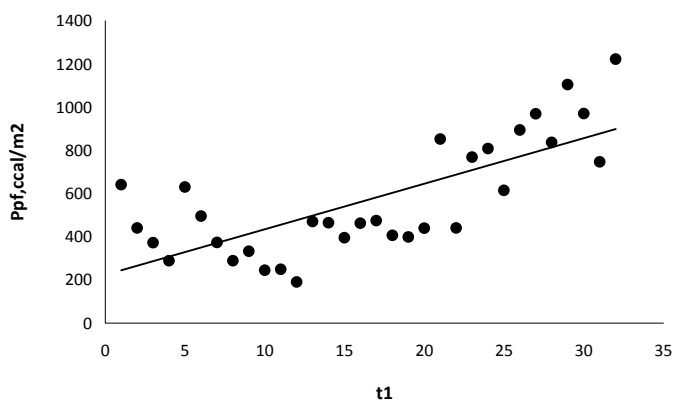


Рис. 7. Динамика первичной продукции (Ppf) в оз. Баторино. По оси абсцисс – годы наблюдений, год начала наблюдений принимался равным нулю

Fig. 7. Dynamics of primary production (Ppf) in Lake Batorino. The x-axis is the years of observation, the first year of observation was assumed to be zero

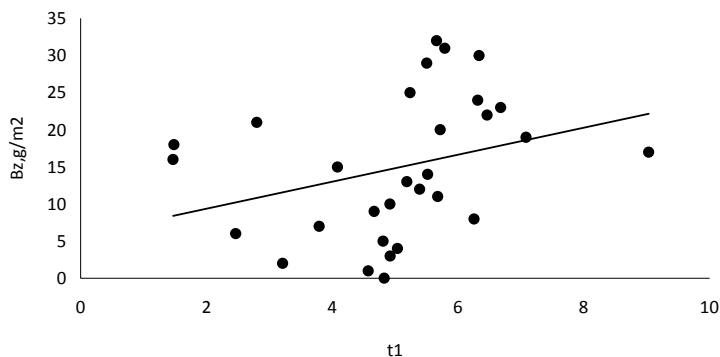


Рис. 8. Динамика биомассы зоопланктона в оз. Мястро. По оси абсцисс – годы наблюдений, год начала наблюдений принимался равным нулю

Fig. 8. Dynamics of zooplankton biomass (Bz) in Lake Myastro. The x-axis is the years of observation, the first year of observation was assumed to be zero

Однако необходимы исследования, которые позволят проверить и уточнить полученные данные.

Если сведения об упрощении структуры сообществ гидробионтов под влиянием факторов среды хотя и немногочисленные, но имеются, то сведения об усложнении структуры сообществ при восстановлении систем после их разрушения в результате хозяйственной или бесхозяйственной деятельности людей, можно сказать, отсутствуют, но они крайне

важны. В этом отношении многолетние исследования коллектива авторов из Института озераведения РАН экосистемы Щучьего залива Ладожского озера уникальны и не имеют аналогов. Данные по макрозообентосу Щучьего залива (Распопов и др., 1998, 2003; Игнатьева, Барбашова, 2003) были использованы для определения скорости вторичной сукцессии в сообществах донных животных.

Залив Щучий (площадь 0,4 км², средняя глубина 2, максимальная – 3,7 м) распо-

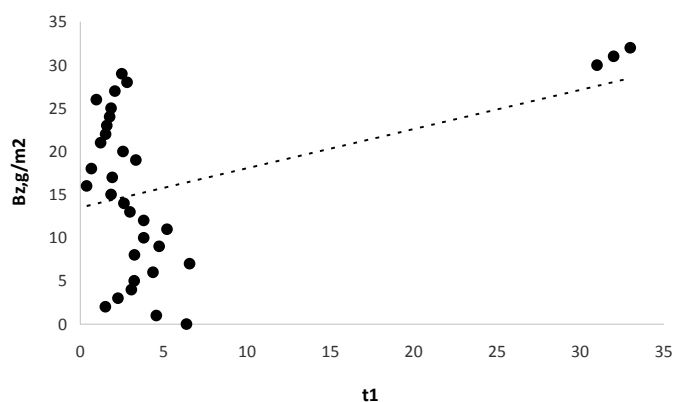


Рис. 9. Динамика биомассы зоопланктона в оз. Баторино. По оси абсцисс – годы наблюдений, год начала наблюдений принимался равным нулю

Fig. 9. Dynamics of zooplankton biomass (B_z) in Lake Batorino. The x-axis is the years of observation, the first year of observation was assumed to be zero

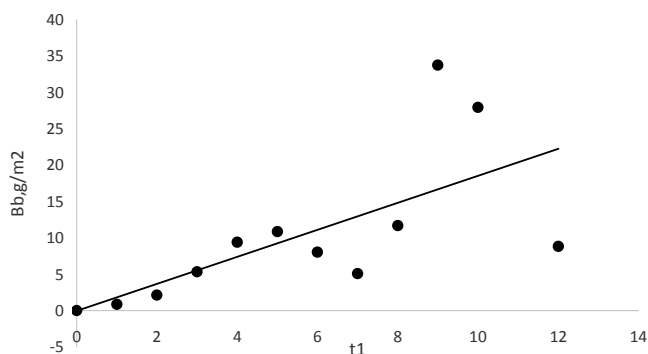


Рис. 10. Динамика биомассы бентоса (B_b) в Щучьем заливе Ладожского озера. По оси абсцисс – годы наблюдений, год начала наблюдений принимался равным нулю

Fig. 10. Dynamics of benthos biomass (B_b) in Shchuchiy Bay of Lake Ladoga. The x-axis is the years of observation, the first year of observation was assumed to be zero

ложен в Северо-Западной части Ладожского озера. Его экосистема более двух десятилетий подвергалась воздействию сточных вод Приозерского ЦБК. В результате залив превратился в мертвую зону. В 1986 г. комбинат был закрыт, и с этого времени сотрудники Института озероведения РАН начали многолетний мониторинг становления новой экосистемы залива (Игнатьева, Барбашова, 2003; Распопов и др., 1998, 2003). Сразу после прекращения поступления загрязнений

в залив начался процесс самоочищения, чему способствовал интенсивный водообмен залива с акваторией Ладожского озера, достигающий за счет длинных волн 29 раз в год. Интенсивность процесса возрастала по годам.

В первый год наблюдений, т.е. после прекращения сбросов комбината, в макрозообентосе Щучьего залива были только немногочисленные личинки *Chironomus plumosus* L. В конце 1980-х – начале 1990-х гг. началось

формирование сообществ бентосных животных. Появились олигохеты, байкальский бокоплав *Gmelinoides fasciatus* Stebb, моллюски, личинки ручейников. Новая экосистема залива сформировалась к концу 1990-х гг., суточная первичная продукция в заливе составляла 190 мгС/м³.

Биомасса сообществ бентоса в заливе увеличивалась со скоростью 1,9 г/м² за год (рис. 10, уравнение 10):

$$B_b = 1,9 * t_1 - 0,03 \quad R^2 = 0,45. \quad (10)$$

Скорость изменения биомассы бентоса в Щучьем заливе Ладожского озера, как видно из уравнений 2 и 10, почти в 2 раза превышала таковую в близко расположенном оз. Красном. Это позволяет предположить, что во вновь создаваемой экосистеме скорости процессов выше, чем в уже устоявшихся системах. Однако это требует проверки.

Заключение

В результате анализа динамики первичной продукции планктона, биомассы сообществ зоопланктона и бентоса показано, что в оз. Красное в течение 20 лет наблюдений биомасса зоопланктона составляла в среднем око-

ло 1 % от первичной продукции планктона, а в Нарочанских озерах достигала 15 % (Баторино), была в среднем около 7 %. Биомасса зоопланктона в изученных озерах изменялась от 1,8 до 3,37 г/м²-год. Средняя скорость изменения биомассы бентоса в изученных озерах не превышала 4 % от первичной продукции планктона.

Можно предполагать, что скорость изменения биомассы гетеротрофов по отношению к скорости изменения первичной продукции планктона находится в пределах от 0,01 до 0,15 независимо от величины первичной продукции планктона. Однако необходимы исследования, которые позволят проверить и уточнить полученные данные.

Скорость изменения биомассы бентоса в период восстановления экосистемы Щучьего залива Ладожского озера была в 2 раза выше по сравнению с близко расположенным оз. Красное. Это позволяет предположить, что во вновь создаваемой экосистеме скорости процессов выше, чем в уже устоявшихся системах. Однако это требует проверки. Полученные результаты анализа следует проверить, применив другие методы, увеличив период наблюдений.

Список литературы

Алимов А.Ф., Богатов В.В., Голубков С.М. (2013) *Продукционная гидробиология*. СПб, Наука, 343 с. [Alimov A.F., Bogatov V.V., Golubkov S.M. (2013) *Production Hydrobiology*. Saint Petersburg, Nauka, 343 p. (in Russian)]

Беляков В.П. (2008) Многолетние изменения зообентоса. *Многолетние изменения биологических сообществ мезотрофного озера в условиях климатических флуктуаций и эвтрофирования*. СПб., Ин-т озераведения РАН, с. 167–184 [Belyakov V.P. (2008) Long-term changes of zoobenthos. *Long-term changes of biological communities of mesotrophic lake in conditions of climate fluctuation and eutrophication*. Saint Petersburg, Institute of Limnology of Russian Academy of Sciences, p. 167–184]

Игнатьева Н.В., Барбашова М.А. (2003) Оценка качества донных отложений Ладожского озера по химическим и биологическим показателям. *Охрана и рациональное использование водных ресурсов Ладожского озера и других больших озер. Труды IV Международного симпозиума по Ладожскому озеру. Великий Новгород, 2–6 сентября 2002*. СПб, с. 91–97 [Ignatyeva N.V.,

Barbashova M.A. (2003) Quality control of Ladoga Lake bottom sediments on chemical and biological indices. *Protection and rational use of water resources of Ladoga Lake and other great lakes. Proceedings of IV International Symposium on Lake Ladoga, Velikiy Novgorod, Russia, 2–6 of September 2002*. Saint Petersburg, p. 91–97 (in Russian)]

Многолетние изменения биологических сообществ мезотрофного озера в условиях климатических флуктуаций и эвтрофирования (2008) Трифонова И.С., Афанасьева А.Л., Бульон В.В. (ред.) СПб, Лема, 246 с. [*Long-term changes of biological communities of mesotrophic lake in conditions of climate fluctuation and eutrophication* (2008) Trifonova I.S., Afanasyeva A.L., Boulion V.V. (eds.) Saint Petersburg, Lema, 246 p. (in Russian)]

Распопов И.М., Андроникова И.Н., Слепухина У.В., Расплетина Г.Ф., Рычкова М.А., Барбашова М.А., Доценко О.Н., Протопопова Е.В. (1998) *Прибрежно-водные экотоны больших озер*. Распопов И.М. (ред.) СПб., Институт озераедения РАН, 54 с. [Распопов И.М., Andronikova I.N., Slepukhina U.V., Raspletina G.F., Rychkova M.A., Barbashova M.A., Docenko O.N., Protopopova E.V. (1998) *Coastal-water ecotones of large lakes*. Распопов I.M. (ed.) Saint Petersburg, Institute of Limnology RAS, 54 p. (in Russian)]

Распопов И.М., Андроникова И.Н., Барбашова М.А., Протопопова Е.В., Рычкова М.А. (2003) Многолетний мониторинг формирования биоты на месте экосистемы, разрушенной стоками целлюлозно-бумажного производства (залив Щучий, Ладожское озеро). *Охрана и рациональное использование водных ресурсов Ладожского озера и других больших озер. Тр. IV Международного симпозиума по Ладожскому озеру. Великий Новгород, Россия, 2–6 сентября 2002*. СПб, с. 338–342 [Распопов И.М., Andronikova I.N., Barbashova M.A., Protopopova E.V., Rychkova M.A. (2003) Long-term monitoring of biota formation in the place of ecosystems destroyed by sewage pulp and paper production (Shchuchii Bay, Lake Ladoga). *Protection and rational use of water resources of Ladoga Lake and other great lakes. Proceedings of IV International Symposium on Lake Ladoga. Velikiy Novgorod, Russia, 2–6 of September 2002*. Saint Petersburg, p. 338–342 (in Russian)]