

УДК 574.583

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПРИБРЕЖНОЙ АКВАТОРИИ КУРШСКОГО ЗАЛИВА ВДОЛЬ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «КУРШСКАЯ КОСА» ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ ЗООПЛАНКТОНА

© 2009 А.С. Семенова*

Атлантический научно-исследовательский институт рыбного хозяйства
и океанографии г. Калининград (Россия)

a.s.semenowa@rambler.ru

Поступила 27 декабря 2008 г.

Произведена оценка экологического состояния акватории Куршского залива по показателям зоопланктона.

Ключевые слова: экологическое состояние, зоопланктон, Куршский залив.

Куршский залив Балтийского моря относится к важнейшим рыбопродуктивным водоемам Северо-Запада России. За последние десятилетия антропогенная нагрузка на этот водоем значительно возросла. В залив с речным стоком ежегодно попадает более 5 млн. тонн органических взвесей. В летние месяцы наблюдается «цветение» вод залива синезелеными водорослями. Во время «гиперцветения» в прибрежной зоне локально возникает дефицит кислорода, сопровождающийся заморными явлениями среди рыбного населения водоема (Александров, Дмитриева, 2006). За последние 15 лет явления «цветения» воды, при массовом развитии синезеленых водорослей участились, при этом биомасса водорослей в эти годы значительно превышала уровень, при котором наблюдается вторичное (биологическое) загрязнение водоема. При нагонных ветрах восточного направления локальные скопления потенциально-токсичных водорослей наблюдаются вдоль побережья национального парка «Куршская коса», такое массовое скопление токсичных водорослей может представлять опасность не только для гидробионтов, но также для животных и человека.

Одним из звеньев в цепи передачи энергии от фитопланктона к рыбам служит зоопланктон, поэтому изучение зоопланктона Куршского залива и его структурных и функциональных характеристик весьма актуально, наряду со структурно-функциональными характеристиками других сообществ гидробионтов при комплексном изучении функционирования экосистемы водоема в условиях загрязнения и антропогенного эвтрофирования.

В настоящее время комплексные гидробиологические исследования Куршского залива в основном выполняются в открытой части. А прибрежная акватория, которая играет важнейшую роль в функционировании экосистемы водоема, в том числе в воспроизводстве рыб, изучена значительно слабее.

Анна Сергеевна Семенова, младший научный сотрудник.

В ряде исследований показано, что зоопланктонное сообщество, наряду с фитопланктоном и бентосом, может успешно использоваться для диагностики экологического состояния водоемов (Андроникова, 1996; Иванова, Телеш, 1996; Вандыш, 2000).

Известно, что в толще воды всегда находится большое количество мертвых зоопланктеров без видимых признаков разложения (т.е. определяемых в качестве живых при стандартной обработке проб счетным методом) (Дубовская, 1987; Сергеева, 1988; Дубовская, Гладышев, Губанов, 1999; Щука, 2002). Особенно велика доля мертвой фракции зоопланктона в водах подверженных антропогенной нагрузке (Кожова, 1991; Сергеева, 1988; Смельская, 1994, 1995; Дмитриева, 2007). Таким образом, ошибка определения состояния сообщества, качества воды по индикаторным организмам зоопланктона и способности водоема к самоочищению при помощи зоопланктона увеличивается именно в наиболее важных с санитарно-гидробиологической точки зрения местах отбора проб. Некоторыми исследователями доля мертвой фракции предлагается в качестве экспресс-метода оценки состояния водоема при проведение экологического мониторинга для природоохранных целей (Иванова, Телеш, 1996; Дубовская, Гладышев, Губанов, 1999; Щука, 2002).

Целью настоящего исследования была оценка состояния прибрежной акватории Куршского залива вдоль Национального парка «Куршская коса» по структурным показателям зоопланктона и показателям его смертности.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Исследования в прибрежной части Куршского залива (500 м от берега) проводились в 2007-08 г. в районе НЭБ АтлантНИРО, расположенной в пределах национального парка «Куршская коса», раз в 7-14 дней с момента таяния льда (середина марта) до октября. Всего с марта по октябрь 2007-08 гг. было выполнено 38 съемок в прибрежной зоне Куршского залива, в ходе которых было собрано 150 проб зоопланктона. Годы исследований были различны: 2007 г. является типичным годом, когда не отмечалось «цветения», а 2008 г. – типичный год, когда наблюдалось «цветение» вод залива.

Сбор и обработка проб зоопланктона производились в соответствии с общепринятыми стандартными методиками (Методические рекомендации..., 1984). Пробы зоопланктона отбирались с 3х горизонтов (0,5; 1,5 и 3 м) планктонобатометром Ван-Дорна объемом 6 литров. Фиксация проб производилась 4% формалином с сахарозой (Haneу, Hall, 1973). По данным обработки проб рассчитывались следующие структурные показатели зоопланктона (Андроникова, 1996): 1) средние численность (N) и биомасса (B) зоопланктона; 2) численность видов-индикаторов эвтрофных условий; 3) показатель трофии (E/O) и коэффициент трофии (E); 4) число структурообразующих видов по численности и биомассе; 5) соотношение численности и биомассы Rotatoria, Cladocera и Copepoda; 6) отношение численности Cladocera к численности Copepoda ($N_{Cladocera}/N_{Copepoda}$); 7) отношение биомассы Cyclopoida к биомассе Calanoida (B_{Cycl}/B_{Cal}); 8) индекс Шеннона, как по численности (H_N), так и по биомассе (H_B).

Для определения доли мертвых особей производилось окрашивание проб зоопланктона анилиновым голубым красителем (Дубовская, Гладышев, Губанов, 1999; Seepersad, Crippen, 1978; Dubovskaya et al., 2003). Окрашивание проб осуществлялось сразу после их отбора, что исключало дополнительную гибель зоопланктеров в результате транспортировки проб. Обработка проб осуществлялась стандартным счетным методом при этом живые (неокрашенные и частично окрашенные) и мертвые (полностью окрашенные) зоопланктеры учитывались отдельно.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Всего за период исследования было обнаружено более 40 видов зоопланктона, относящихся к трем систематическим группам: Rotatoria, Cladocera и Copepoda, наибольшее число видов принадлежало к классу Rotatoria.

В составе зоопланктона в период исследования отмечалось 16 видов-индикаторов трофических условий, численность видов-индикаторов эвтрофных условий составляла 50%, а биомасса – 28% от общей численности и биомассы зоопланктона соответственно. Большая доля видов-индикаторов эвтрофных условий по численности связана с тем, что это в основном мелкие виды – коловратки и мелкоразмерные кладоцеры. Основными видами-индикаторами эвтрофных условий, которые массово развиваются в заливе, являются *Keratella quadrata* (Mull.), *Chydorus sphaericus* (O.F.Muller) и *Bosmina coregoni* Baird.

Показатель трофии (E/O) и коэффициент трофии (E) в оба года исследований находились в пределах характерных для гиперэвтрофных вод, но в 2008 г. их значения были выше, что говорит о более высокой степени эвтрофирования залива в этот год (таблица).

При рассмотрении соотношения численности и биомассы Rotatoria, Cladocera и Copepoda, видно, что в 2008 г., по сравнению с 2007 г. наблюдалось увеличение количественных показателей Rotatoria и Cladocera и уменьшение численности и биомассы Copepoda (таблица). Такие изменения в соотношении групп зоопланктона закономерно происходят с повышением уровня трофии и служит его индикатором (Андроникова, 1996). Отношение $N_{Cladocera}/N_{Copepoda}$ в период исследований колебалось в пределах, характерных для мезотрофных вод, при этом в 2008 г. наблюдалось увеличение данного индекса, что также указывает на более высокую степень эвтрофирования в этот год. Отношение B_{Cycl}/B_{Cal} в оба года исследований характеризовало прибрежную акваторию Куршского залива как эвтрофную.

Наибольшую численность среди коловраток имели *Keratella quadrata* (Mull.) и *K. cochlearis* (Gosse), среди ветвистоусых ракообразных: *Chydorus sphaericus* (O.F.Muller) и *Daphnia galeata* G.O. Sars; среди копепод – *Mesocyclops leuckarti* (Claus) и *Eudiaptomus graciloides* Lill. В сезонной динамике численности зоопланктона прибрежной части Куршского залива в 2007 г. отмечалось 3 пика (рис. 1 А), первый из них наблюдался в конце мая и был связан с массовым развитием коловраток, в частности *Keratella quadrata* (Mull.) и *K. cochlearis* (Gosse). Второй пик численности по величине был меньше первого и отмечался в конце июня, когда в зоопланктоне в массе

встречались *Chydorus sphaericus* (O.F. Muller) и *K. cochlearis* (Gosse). Третий пик численности наблюдался в середине августа и определялся массовым развитием *Ch. sphaericus* (O.F. Muller) и *Mesocyclops leuckarti* (Claus). В сезонной динамике численности зоопланктона Куршского залива в 2008 г. отмечалось 4 пика (рис. 1 Б), первый из них наблюдался в середине июня и был связан с массовым развитием ветвистоусых ракообразных (в частности *Daphnia galeata* G.O. Sars). Второй пик численности по величине был намного больше первого и отмечался в середине июля, когда в зоопланктоне в массе встречалась *Bosmina coregoni* Baird. Третий пик численности наблюдался в середине августа и определялся массовым развитием *Mesocyclops leuckarti* (Claus). Четвертый пик численности наблюдался в конце октября и был связан с массовым развитием коловраток, в частности *Keratella quadrata* (Mull.).

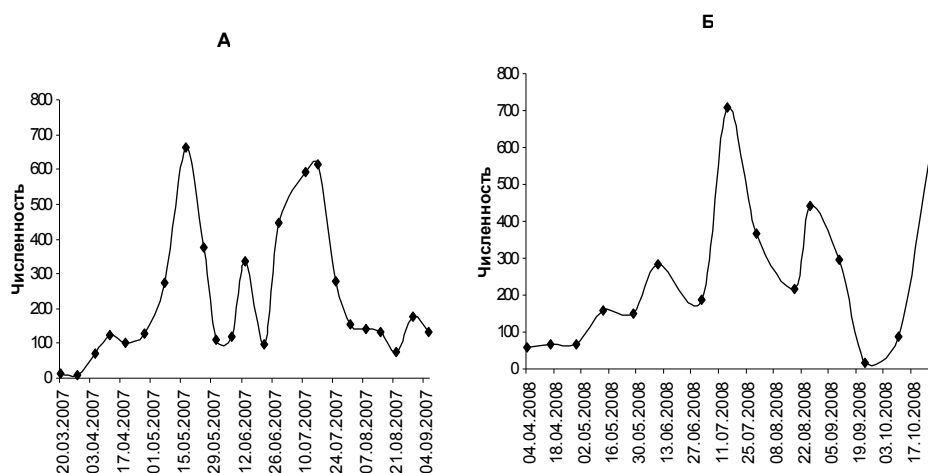


Рис. 1. Сезонная динамика численности зоопланктона (в тыс. экз/м³) в районе НЭБ АтлантНИРО: А – в 2007 г., Б – в 2008 г.

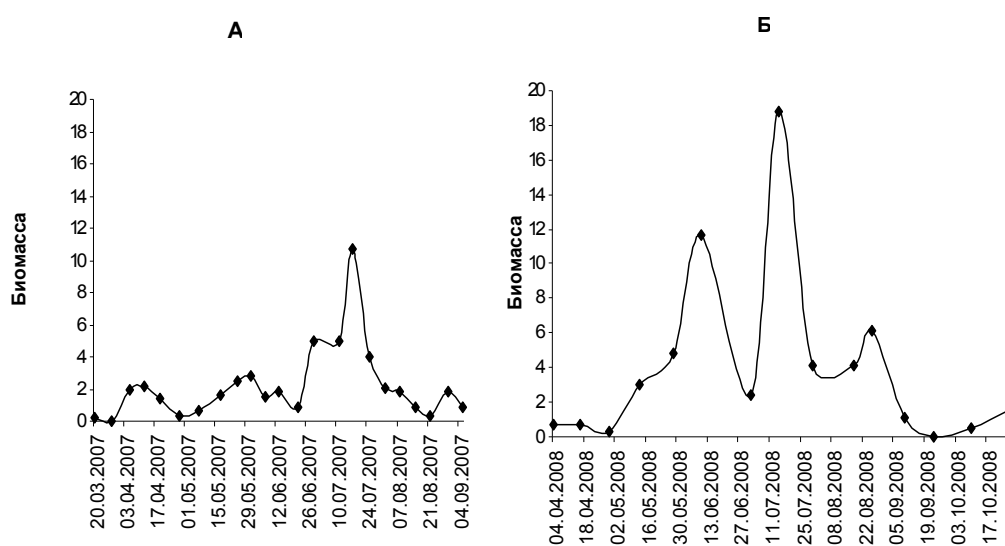


Рис. 2. Сезонная динамика биомассы зоопланктона (в г/м³) в районе НЭБ АтлантНИРО: А – в 2007 г., Б – в 2008 г.

Средние за вегетационный период численности зоопланктона в 2007 и 2008 гг. были близки - 224 ± 106 тыс. экз./м³ и 249 ± 210 тыс. экз./м³ соответственно. Средняя за вегетационный сезон численность зоопланктона прибрежной акватории Куршского залива была меньше значений численности присутствующих и для эвтрофных, и для мезотрофных вод (таблица), возможно, такой результат был получен вследствие недоучета мелких форм зоопланктона.

Таблица

Структурные показатели зоопланктонного сообщества прибрежной зоны Куршского залива в 2007-2008 гг.

Индекс	2007 г.	2008 г.	Среднее	Значение индекса для		
				мезотрофных вод	эвтрофных вод	Гиперэвтрофных вод
E/O	7,5	13	10,25	0,5-1,5	1,0-5,0	>5,0
E	5,3	5,6	5,45	0,2-1,0	1,0-4,0	>4,0
$N_{Rot:Clad:Cop}$	29:33:38	31:34:34	30:34:36	30:47:43	46:52:35	-
$B_{Rot:Clad:Cop}$	2:59:39	4:75:21	3:67:30	8:32:40	13:48:27	-
$N_{Cladocera}/N_{Copepoda}$	0,88	1,00	0,94	$0,90 \pm 0,05$	$2,00 \pm 0,18$	-
B_{Cycl}/B_{Cal}	6,3	2,9	4,6	0,5-1,0	1,0-2,0	-
Численность, экз/м ³	$2,2 \cdot 10^5$	$2,5 \cdot 10^5$	$2,35 \cdot 10^5$	$3 \cdot 10^5$	$8 \cdot 10^5$	-
Биомасса за летний период, г/м ³	3,0	7,9	5,45	1,0-4,0	4,0-16	-
Число структурообразующих видов по численности	4	5	4,5	8-11.	5-6.	1-2.
Число структурообразующих видов по биомассе	5	4	4,5			
H_N , бит	2,5	2,4	2,45	2,1-2,5	1,0-2,0	<1,0
H_B , бит	2,2	2,0	2,1			

По биомассе в период исследований доминировала *D. galeata*, значительную биомассу также имели *E. graciloides*, *M. leuckarti*, *Diaphanosoma mongolianum* Ueno, *Bosmina coregoni* Baird и *Ch. sphaericus*. Сезонная динамика биомассы зоопланктона прибрежной части Куршского залива в 2007 г. также как и сезонная динамика численности характеризовалась 3 пиками (рис. 2А), из которых только один – в середине июля совпадал с пиком численности. Первый пик биомассы отмечался в середине апреля и был связан с массовым развитием группы видов р. *Cyclops* (*Cyclops kolensis* Lill., *C. scutifer* (Sars), *C. vicinus* Ulian и *C. strenuus* Fischer). Второй пик биомассы по величине примерно был равен первому и отмечался в начале июня, связан он был с развитием *D. galeata*. Третий пик биомассы был самым большим по величине и определялся развитием *D. galeata*, *B. coregoni* Baird и *M. leuckarti* (Claus). Сезонная динамика биомассы зоопланктона прибрежной части Куршского залива в 2008 г. также характеризовалась 3 пиками (рис. 2 Б) – в середине июня, июля и августа совпадающими по времени с пиками численности. Пики биомассы были связаны с развитием тех же видов, что и пики численности. Пика биомассы в конце октября не отмечалось, так как коловратки, кото-

рые в массе развиваются в этот период, имеют малые размеры и, соответственно, низкую биомассу.

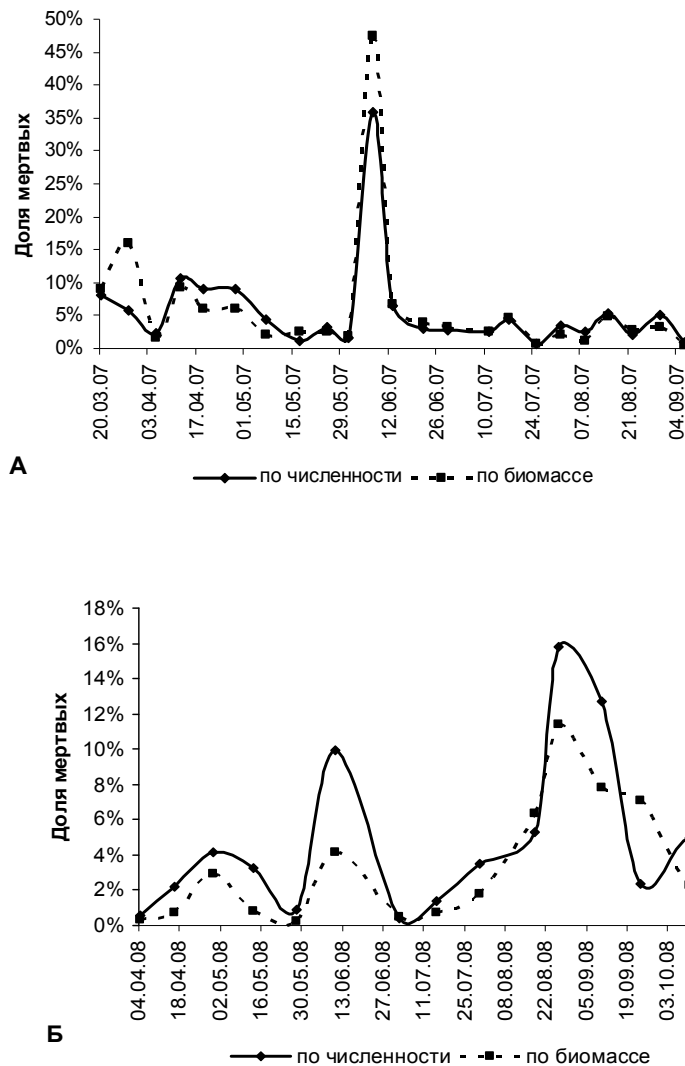


Рис. 3. Сезонная динамика доли численности и биомассы мертвых зоопланктеров от численности и биомассы живых в районе НЭБ АтлантНИРО: А – в 2007 г., Б – в 2008 г.

Биомасса в летний период в 2008 г. была в 2 раза выше, чем в 2007 г. и характеризовала прибрежную зону как эвтрофную (таблица). Средняя за вегетационный период биомасса зоопланктона в 2007 и 2008 гг. составляла $2,18 \pm 1,3 \text{ г/м}^3$ и $4,00 \pm 5,10 \text{ г/м}^3$ соответственно.

Число структурообразующих видов, выделенных на основании функции рангового распределения по численности и биомассе было минимально и характеризовало исследуемый район как эвтрофный (таблица).

В сезонной динамике индекса Шеннона в 2008 г. наблюдались более значительные колебания, чем в 2007 г. Индекс Шеннона, рассчитанный по численности в оба года исследований характеризовал прибрежную акваторию как мезотрофную. Средние значения индекса Шеннона по биомассе в 2008 г.

были ниже, чем в 2007 г. и характеризовала район исследования как эвтрофный (таблица).

В 2007 г. повышенное содержание мертвых зоопланктеров отмечалось в начале вегетационного периода и в июне, а в 2008 г. – в апреле, июне и с августа по сентябрь (рис. 3).

Высокая доля мертвых особей в начале вегетационного периода скорее всего связана с гидрологическими факторами, в этот месяц наблюдается активное ветровое перемешивание вод залива, а также может объясняться низкой температурой воды, недостатком пищи и сезонной сукцессией зоопланктона. Повышенное содержание мертвых особей в июне 2007 г., а также в июне 2008 г. и с августа по сентябрь 2008 г. может быть связано с массовым развитием фитопланктона, среди которого велика доля потенциально токсичных видов (Дмитриева, 2007; Дмитриева, Семенова, Чукалова 2008).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В целом по структурным показателям зоопланктона прибрежная акватория Куршского залива вдоль побережья национального парка «Куршская коса» в годы исследований может быть охарактеризована как эвтрофная с переходом в гиперэвтрофную стадию.

В 2008 г. по сравнению с 2007 г. в прибрежной акватории Куршского залива наблюдалось массовое развитие синезеленых водорослей, переходящее в «цветение», что отражалось на структурных показателях зоопланктона. В 2008 г. отмечались более высокие значения показателя и коэффициента трофии, увеличение количественных показателей Rotatoria и Cladocera и уменьшение численности и биомассы Copepoda, увеличение отношения $N_{Cladocera}/N_{Copepoda}$, увеличение биомассы зоопланктона в летний период и уменьшение индекса Шеннона как по численности, так и по биомассе, что говорит о большей степени эвтрофирования залива в этом году.

«Цветение» синезеленых водорослей неблагоприятно сказывается на экосистеме водоема, в частности в период массового развития фитопланктона, среди которого велика доля потенциально-токсичных видов, в прибрежной зоне наблюдается высокая доля мертвых особей зоопланктона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Александров С.В. Дмитриева О.А. Первичная продукция и показатели фитопланктона как критерии эвтрофирования Куршского залива Балтийского моря // Водные ресурсы. 2006. Т. 33, №1. С. 104-110. - **Андроникова И.Н.** Структурно-функциональная организация зоопланктона озерных экосистем разных трофических типов. СПб., 1996. 189 с.

Вандыш О.И. Зоопланктон как индикатор состояния озерных экосистем (на примере субарктического озера Имандра) // Водные ресурсы. 2000. Т.27. №3. С. 364-370.

Гладышев М.И. Устройство для окрашивания организмов зоопланктона с целью дифференциации живых и мертвых особей в фиксированных пробах.// Гидробиологический журнал. 1993. Т.29, № 2. С. 94-97.

Дмитриева О.А. Потенциально токсичные виды фитопланктона российской части Куршского и Вислинского заливов Балтийского моря.// Проблемы изучения и охраны природного и культурного наследия национального парка «Куршская коса». Вып.5.

Калининград, 2007. С. 102-117. - **Дмитриева О.А., Семенова А.С., Чукалова Н.Н.** Влияние «цветения» синезеленых водорослей на экологическую ситуацию в Куршском заливе. // Материалы III Всероссийской конференции по водной токсикологии, посвященной памяти Б.А. Флерова, «Антропогенное влияние на водные организмы и экосистемы» (Борок, 11-16 октября 2008 г.). ч.3. Борок, 2008. С. 229-233. - **Дубовская О.П.** Вертикальное распределение живого и мертвого зоопланктона формирующегося Саяно-Шушенского водохранилища.// Гидробиологический журнал. 1987. Т. 23, № 6.С. 84-88. - **Дубовская О.П., Гладышев М.И., Губанов В.Г.** Сезонная динамика численности живых и мертвых особей зоопланктона в небольшом пруду и некоторые варианты оценки смертности.// Журнал общей биологии.1999. Т. 60, № 5. С. 543-555.

Иванова М.Б., Телеш И.В. Оценка экологического состояния Невской губы и водотоков С.-Петербурга по зоопланктону.// Экологическое состояние водоемов и водотоков бассейна реки Невы. СПб: Научный Центр РАН, 1996. С. 36-52.

Кожова О.М. Проблема мониторинга зоопланктона.//Мониторинг состояния озера Байкал./под ред. Ю.А. Израэля, Ю.А. Анохина. Л.: Гидрометеиздат, 1991. С. 209-222.

Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Зоопланктон и его продукция. Л., 1984. 33 с.

Сергеева В.А. Состояние и распределение зоопланктона в очагах загрязнения Ладожского бассейна. // Влияние загрязнений на экосистему Ладожского озера. Л., 1988. С. 114-128. - **Смельская М.В.** Индикаторная роль зоопланктона в оценке экологического состояния озера Галичского: Автореф. дис. ... канд. биол. наук.СПб,1994. 23 с. - **Смельская М.В.** Использование метода прижизненного окрашивания для оценки соотношения живых и мертвых особей в зоопланктоне озера Галичского. // Информ. бюл. Биология внутренних вод. 1995. №98. С.69-71.

Щука Т.А. Характеристика современного состояния зоопланктона Балтийского моря: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 2002. 28 с.

Dubovskaya O.P., Gladyshev M.I., Gubanov V.G., Makhutova O.N. Study of non-consumptive mortality of Crustacean zooplankton in a Siberian reservoir using staining for live/dead sorting and sediment traps // Hydrobiologia. 2003. 504. P. 223-227.

Haney J.F., Hall D.J. Sugar-coated Daphnia: A preservation technique for Cladocera.// Limnol. and Oceanog.1973. Vol.18, No 2. P.331-333.

Seepersad B., Crippen R.W. Use of aniline blue for distinguishing between live and dead freshwater zooplankton. // J. Fish. Res. Board Canada. 1978. V.35., № 10. P. 1363-1366.

THE ESTIMATION OF ECOLOGICAL CONDITION NEAR WATER AREA OF THE KURSHSKY GULF LENGTHWAYS NATIONAL PARK «KURSHSKY PLAINT» ON ZOOPLANKTON INDICATORS

© 2009 A.S. Semenova

The estimation of an ecological condition of water area Kurshsky gulf on zooplankton indicators is made.

Key words: an ecological condition, a zooplankton, Kurshsky gulf.