

УДК 591.524.12:595.18

А. С. Семенова

**КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЗООПЛАНКТОНА
КУРШСКОГО ЗАЛИВА ПРИ РАЗНЫХ СПОСОБАХ
ОТБОРА ПРОБ**

В результате сравнения двух методов отбора проб — фильтрационного и осадочного — рассчитан коэффициент потери массовых видов мелких коловраток, уточнена численность зоопланктона, доля таксономических групп в общей численности и определено экологическое состояние Куршского залива. Данные, полученные с учетом коэффициента потери коловраток, характеризуют водоем как евтрофный с переходом в гипертрофную стадию, что согласуется с результатами оценки его трофического состояния по показателям фитопланктона.

Ключевые слова: Куршский залив, зоопланктон, коэффициент потери мелких коловраток, оценка экологического состояния водоема.

Куршский залив — крупная мелководная (площадь 1584 км², объем 6,2 км³, средняя глубина 3,8 м) пресноводная лагуна Балтийского моря, подверженная сильному антропогенному воздействию. Вследствие этого продолжается евтрофирование водоема, что приводит к массовому развитию синезеленых водорослей, в отдельные годы переходящему в «гиперцветение» [1].

Антропогенное евтрофирование влияет на качественный и количественный состав всех групп гидробионтов, следовательно, любая из этих групп в той или иной степени может выступать в качестве критерия для оценки экологического состояния водных объектов. В целом ряде работ показано успешное использование для этих целей структурно-функциональных характеристик зоопланктона [2, 3, 5]. При евтрофировании в зоопланктоне изменяется соотношение таксономических групп: снижается доля веслоногих ракообразных, увеличивается доля ветвистоусых и коловраток, в гипертрофных водоемах последние становятся доминирующей группой [2]. Коловратки являются одной из основных индикаторных групп зоопланктона в пресноводных экосистемах [17]. Однако при использовании несовершенных методов сбора коловратки, большинство из которых имеют очень небольшие размеры (100—150 мкм и менее [7]), могут недоучитываться, что ведет к недооценке их роли в функционировании экосистемы водоема, а также ошибочному определению его экологического состояния.

© Семенова А. С., 2011

Выделяют три основные группы методов сбора зоопланктона: сетной, осадочный и батометрический [6]. При сравнении сетного метода и метода отбора с помощью батометра было выяснено, что батометрические пробы, как правило, наиболее полно отражают качественный состав и количественное развитие зоопланктона [4, 6]. При сравнении батометрического и осадочного методов было установлено, что с помощью последнего наиболее полно учитывается фракция организмов размером < 200 мкм [8, 13, 14].

Полученные разными исследователями величины коэффициента потери мелких коловраток очень сильно варьируют в зависимости от водоема и сезона, вследствие чего было рекомендовано рассчитывать коэффициенты отдельно для каждого водоема на протяжении всего вегетационного периода [8, 11].

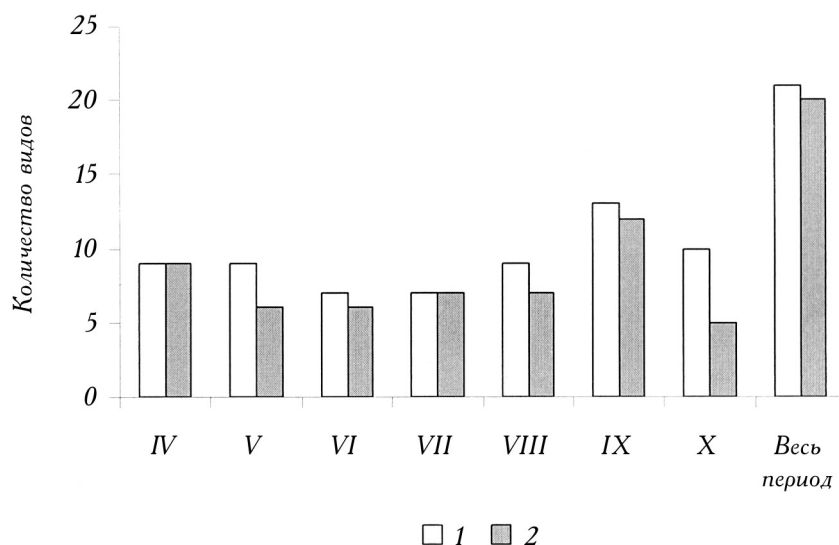
Цель работы — установление различий качественного и количественного состава зоопланктона в пробах, отобранных осадочным и фильтрационным методами и определение коэффициента потери коловраток.

Материал и методика исследований. Зоопланктон собирали один раз в месяц в течение вегетационного периода 2007 года на шести стандартных станциях АтлантНИРО в центральной зоне Куршского залива. Пробы отбирали в поверхностном горизонте батометром Ван-Дорна объемом 6 л, из них 1,5 л процеживали через сачок из газа № 70 (размер ячеек 76 мкм) и фиксировали 4%-ным формалином; еще 1,5 л также фиксировали 4%-ным формалином, отстаивали в течение 10—15 сут и затем сгущали для получения пробы осадочного зоопланктона. Обработку проб проводили по стандартной методике [9]. Всего было собрано 84 пробы.

Полученные величины коэффициента потери коловраток были использованы при вычислении численности и биомассы зоопланктона в стандартных мониторинговых пробах, собранных на протяжении вегетационного периода 2007 года на тех же станциях батометром Ван-Дорна с глубины 0,5, 1,5 и 3 м и сконцентрированных с помощью сачка из газа № 70. В результате пересчета получалась так называемая комбинированная проба [13], в которой численность мелких коловраток оценивалась с применением коэффициента потери. Численность крупных коловраток учитывалась стандартно, так как их обилие в пробах осадочного планктона, напротив, занижено, и для наиболее полного учета рекомендуется профильтровывать как можно больший объем воды [13]. При оценке достоверности различий использовали критерий Стьюдента [10].

Результаты исследований и их обсуждение

В большинстве случаев в пробах, собранных двумя использованными методами, количество видов зоопланктона существенно не различалось. Лишь при малом количественном развитии на фоне высокого разнообразия коловраток недоучет видового состава достигал 10—20%. Во все месяцы исследований, кроме апреля и июля, в осадочных пробах было обнаружено большее количество видов коловраток, чем в пробах, процеженных через сачок (рис. 1).



1. Количество видов коловраток, обнаруженных в осадочных (1) и «профильтрованных» (2) пробах зоопланктона.

За весь период исследований в осадочных пробах было найдено всего на один вид коловраток больше, то есть недоучет видового состава при фильтрации через сачок невелик. Количество видов ракообразных в пробах, собранных с использованием обоих методов, не различалось.

Различия численности коловраток в сетных и осадочных пробах были достоверны (табл. 1). Однако величины коэффициента потери отдельных видов коловраток существенно различались, на основании чего все обнаруженные виды были разделены на три группы.

1. Виды, потери которых при процеживании через сеть отсутствовали или были несущественными (длина тела — 140—1500 мкм): *Asplanchna priodonta* Gosse, *Asplanchna herricki* Guerne, *Brachionus calyciflorus* Pallas, *Brachionus diversicornis* (Daday), *Brachionus urceus* (Linnaeus), *Filinia longiseta* (Ehrenberg) и *Trichocerca capucina* (Wierzejski, Zacharias). Это связано либо с их крупными размерами, либо с формой тела, наличием выростов и шипов, препятствующих прохождению особей этих видов через ячейки сита. Аналогичные данные были получены и другими авторами [8, 13].

2. Виды, численность которых при процеживании через сеть снижалась в 1,4—3,0 раза, то есть терялось 30—70% их количества (длина тела — 110—370 мкм): *Keratella quadrata* (Müller), *Kellicottia longispina* (Kellicott), *Trichocerca pucilla* (Lauterborn), *Trichocerca rouseletti* (Voigt), *Anuraeopsis fissa* (Gosse) (табл. 2). Близкие величины были получены и другими авторами [13, 16].

1. Численность таксономических групп зоопланктона в осадочных и «профильтрованных» пробах

Группы	Численность, тыс. экз/м ³		K	t	p
	в осадочных пробах	в «профильтрованных» пробах			
Rotifera	263 ± 82	86 ± 29	3,0	3,5	< 0,01
Cladocera	49 ± 28	40 ± 22	1,2	0,4	NS
Copepoda	131 ± 22	103 ± 18	1,3	1,6	NS
Всего	443 ± 130	230 ± 65	1,9	2,5	< 0,05

Примечание. K — коэффициент недолова, рассчитанный как отношение численности зоопланктона в осадочных и профильтрованных пробах; t — критерий Стьюдента; p — уровень значимости; NS — различия не достоверны.

3. Виды, численность и биомасса которых при процеживании через сеть была в 7 и более раз ниже, то есть терялось до 90% их количества (длина тела — 80—280 мкм): *Keratella cochlearis* (Gosse), *Polyarthra vulgaris* Carlin, *Pompholyx sulcata* Hudson, *Synchaeta pectinata* Ehrenberg и *Synchaeta* spp. Определенные нами величины коэффициента потери были близки полученным на других водоемах или значительно меньше их (см. табл. 2).

По сравнению с результатами, полученными при анализе стандартных проб, численность зоопланктона в разные сезоны, определенная по «комбинированным» пробам с учетом коэффициента потери коловраток, была достоверно больше весной и осенью — в периоды, характеризующиеся массовым развитием этой группы (рис. 2, а), а также в среднем за вегетационный период.

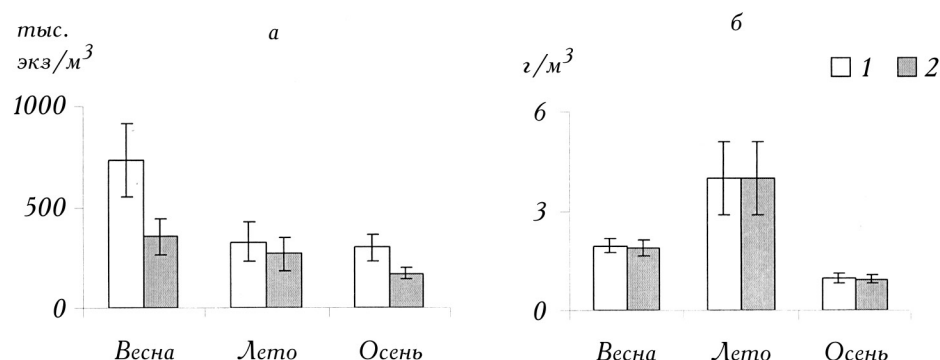
Если оценивать трофический статус по численности зоопланктона в стандартных пробах, то полученные величины более характерны для мезотрофных водоемов, а при оценке с учетом переходных коэффициентов — для евтрофных [2, 15]. Различия между биомассой зоопланктона, определенной в обычных и «комбинированных» пробах, были несущественными из-за невысокой биомассы коловраток (рис. 2, б).

При использовании коэффициента потери коловраток изменялась и доля таксономических групп в общей численности и биомассе зоопланктона (рис. 3). Различия доли коловраток в общей численности и биомассе зоопланктона в обычных и «комбинированных» пробах были достоверны в разные сезоны и в среднем за вегетационный период (рис. 3, а, б). Доля ракообразных в общей численности зоопланктона весной, осенью и в целом за весь период исследований в «комбинированных» пробах была значимо ниже, чем при анализе обычных сборов, в летний период различия были недостоверны (рис. 3, в, г). Доля ракообразных в суммарной биомассе зоопланктона по обычным и «комбинированным» пробам достоверно не различалась (рис. 3, г, е).

2. Отношение численности некоторых видов коловраток в осадочных и «профиль-граванных» пробах

Виды	J. Eijmont-Karabin, 1978 [16]	И.В.Телеш, 1986 [14]	Н.И.Силина, 1987 [13]	А.К.Матвеева, 1989 [8]	Собственные данные	Пределы варьирования среднего коэффициента недолова
Виды со средними потерями (2-я группа)						
<i>Anuraeopsis fissa</i> (Gosse)	2,6	—	—	—	1,9	1,4—3,0
<i>Kellicottia longispina</i> (Kellicott)	2,2	4,0	2,0	1,1	2,0	
<i>K. quadrata</i> (Müller)	1,1—2,6	—	—	—	1,4	
<i>Trichocerca pucilla</i> (Lauterborn)	—	—	—	—	3,0	
<i>T. rouseletti</i> (Voigt)	—	—	—	—	3,0	
Виды со значительными потерями (3-я группа)						
<i>Keratella cochlearis</i> (Gosse)	1,1—1,4	30,0	100,0	8,4	7,0	8,0—29,3
<i>Polyarthra</i> spp.	1,4—2,1	25,2	50,0	2,2	9,2	
<i>Pompholyx sulcata</i> Hudson	—	—	—	—	8,0	
<i>Synchaeta</i> spp.	—	14,0	50,0	—	7,4	
<i>Rotifera</i> (в целом)	—	10,0	—	1,4—3,4	3,0	2,4—10,0

Примечание. «—» —данных по этому виду нет.



2. Численность (а) и биомасса (б) зоопланктона в центральной части Куршского залива в 2007 г. по «комбинированным» (1) и обычным (2) пробам.

Следовательно, с применением поправочного коэффициента были установлены соотношения таксономических групп зоопланктона, характерные для водоемов с более высоким трофическим статусом [2]. Оценка Куршского залива как евтрофного водоема с переходом в гипертрофную стадию, полученная при использовании коэффициента потери коловраток, соответствует его оценке по ряду других гидробиологических показателей [1, 12].

Заключение

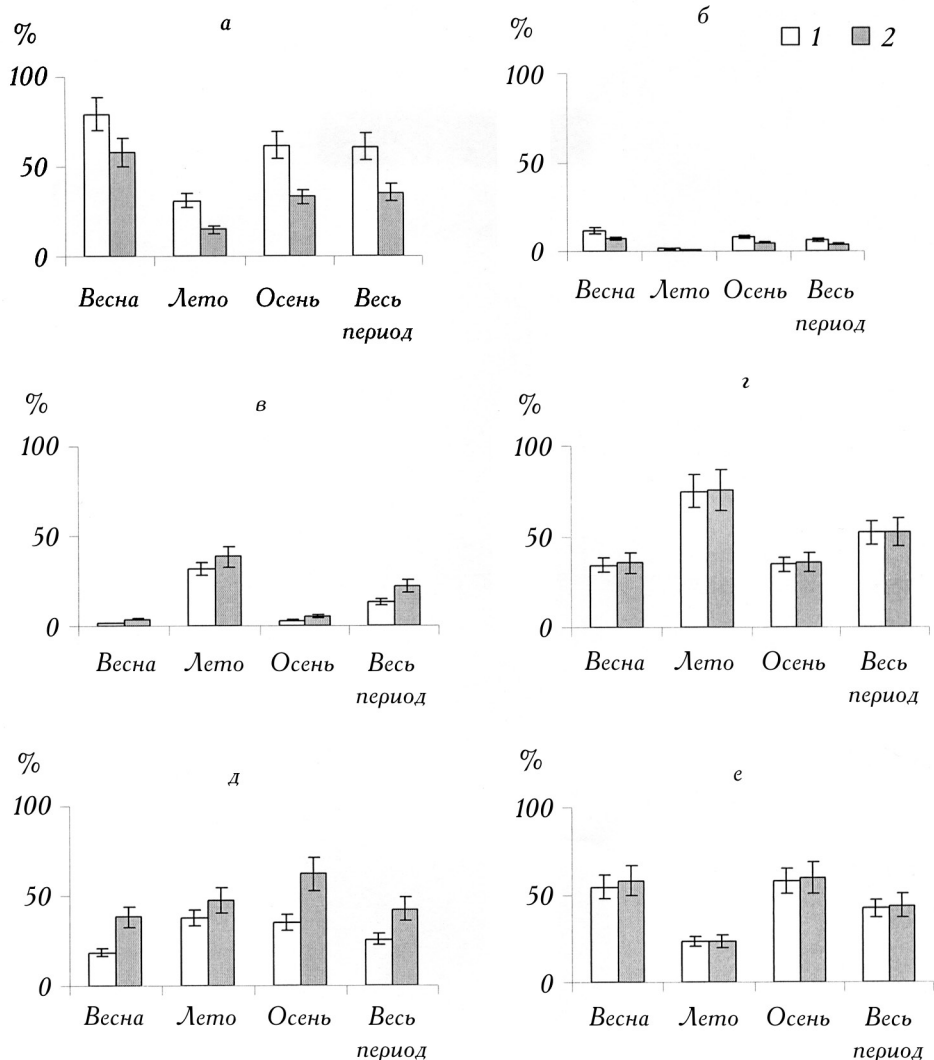
В результате сравнения двух методов отбора проб — фильтрационного и осадочного выяснено, что при фильтрации через сеть из газа № 70 существенно недоучитывается качественный состав и количество коловраток.

Коэффициент потери коловраток зависит от формы и размера животных, соответственно, все коловратки Куршского залива разделены на три группы: виды, которые практически не терялись; которые терялись незначительно (30—70%), и те, потери среди которых были велики (до 90%).

При использовании полученных коэффициентов были уточнены соотношения таксономических групп и численность зоопланктона. Выявлено, что достоверные различия этих параметров при разных методах сбора наблюдаются в периоды массового развития коловраток.

Показано, что численность и соотношение таксономических групп зоопланктона Куршского залива, определенные при обработке обычных проб, указывают на мезотрофный статус водоема, а данные, полученные с учетом коэффициента потери коловраток — на евтрофный с переходом в гипертрофную стадию, что согласуется с результатами оценки трофического состояния водоема по показателям фитопланктона.

Таким образом, применение коэффициента потери массовых видов мелких коловраток позволило более корректно определить численность зоопланктона и



3. Сезонные изменения доли Rotifera (а, б), Cladocera (в, г) и Copepoda (д, е) в суммарной численности (а, в, д) и биомассе (б, г, е) зоопланктона Куршского залива в 2007 г. по результатам обработки «комбинированных» (1) и обычных (2) проб.

соотношение таксономических групп, а также оценить экологическое состояние Куршского залива.

**

В результаті порівняння двох методів відбору проб — фільтраційного та осадового — розраховано коефіцієнти втрат масових видів коловерток, уточнено чисельність зоопланктону, частку таксономічних груп у загальній чисельності та екологічний стан Куршської затоки. Дані, отримані з урахуванням коефіцієнтів втрат

коловерток, характеризуют водойму як евтрофну з переходом у гіперевтрофну стадію, що узгоджується з результатами оцінки за показниками фітопланктону.

**

As result of our investigation two different methods of water sampling (filtration method and sedimentation method) were compared. Coefficients of loss small mass-develop species of Rotifera by filtration through mesh-size 64 μm , true ratio of taxonomical groups, true abundance of zooplankton and true trophic state of Curonian lagoon were determined. Characteristics of zooplankton in Curonian lagoon by consideration coefficients of loss Rotifera is typical for eutrophic and hypereutrophic water bodies. Estimation of trophic state of Curonian lagoon according to data about phytoplankton development is the same.

**

1. Александров С.В., Дмитриева О.А. Первичная продукция и показатели фитопланктона как критерии эвтрофирования Куршского залива Балтийского моря // Вод. ресурсы. — 2006. — Т. 33, № 1. — С. 104—110.
2. Андрошикова И.Н. Структурно-функциональная организация зоопланктона озерных экосистем разных трофических типов. — СПб.: Наука, 1996. — 189 с.
3. Вандыш О.И. Зоопланктон как индикатор состояния озерных экосистем (на примере субарктического озера Имандра) // Вод. ресурсы. — 2000. — Т. 27, № 3. — С. 364—370.
4. Грезе В.Н., Баландина Э.П., Билева О.К., Макарова Н.П. Эффективность работы орудий лова планктона и оценка реальной численности элементов пелагического биоценоза // Гидробиол. журн. — 1975. — Т. 11, № 4. — С. 108—111.
5. 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.: Науч. центр РАН, 1996. — С. 36—52.
6. Киселев И.А. Планктон морей и континентальных водоемов. Т. 1. — М.: Наука, 1969. — 657 с.
7. Кутикова Л.А. К методике исследования коловерток // Сб. науч. тр. ГосНИОРХ. — 1983. — Т. 196. — С. 61—66.
8. Матвеева Л.К. Структура сообщества и плотность планктонных коловерток при разных способах сгущения проб // Зоол. журн. — 1989. — Т. 68, № 2. — С. 284—289.
9. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Зоопланктон и его продукция. — Л.: ГосНИОРХ, 1984. — 33 с.
10. Плехинский Н.А. Математические методы в биологии. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1978. — 265 с.
11. Потина И.И. Сезонное увеличение доли мелких коловерток в удобряемых озерах // Сб. науч. тр. ГосНИОРХ. — 1985. — Т. 231. — С. 47—52.
12. Семенова А.С., Александров С.В. Потребление первичной продукции зоопланктоном и использование его структурно-функциональных ха-

- рактических для оценки трофности водоема // Биология внутр. вод. — 2009. — № 4. — С. 57—63.
13. *Силина Н.И.* О методике количественного учета коловраток // Гидробиол. журн. — 1987. — Т. 23, № 5. — С. 97—102.
14. *Телеш И.В.* Сравнительная эффективность методов количественного учета планктонных коловраток // Там же. — 1986. — Т. 22, № 4. — С. 99—102.
15. *Blancher E.* Zooplankton trophic state relationships in some north and central Florida lakes // Hydrobiologia. — 1984. — Vol. 109, N 3. — P. 251—263.
16. *Ejsmont-Karabin J.* Studies on the usefulness of different mesh-size plankton nets for thickening zooplankton // Ecologia polska. — 1978. — Vol. 26, N 3. — P. 479—490.
17. *Sladěček V.* Rotifer as indicators of water quality // Hydrobiologia. — 1983. — Vol. 100, N 2. — P. 169—201.

Атлантический научно-исследовательский
институт рыбного хозяйства и
океанографии, Калининград

Поступила 07.10.10