

УДК 639.331.7

ЯРОСЛАВ АЛЕКСАНДРОВИЧ КУЧКО

кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории экологии рыб и водных беспозвоночных Института биологии, Карельский научный центр РАН
kuchko@drevlanka.ru

ТАМАРА ЮРЬЕВНА КУЧКО

кандидат биологических наук, доцент кафедры зоологии и экологии эколого-биологического факультета, Петрозаводский государственный университет
kuchko@drevlanka.ru

СООБЩЕСТВО ЗООПЛАНКТОНА ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА В РАЙОНАХ РАЗМЕЩЕНИЯ ФОРЕЛЕВЫХ ХОЗЯЙСТВ КАК ИНДИКАТОР КАЧЕСТВА ВОДЫ

Проведено изучение сообществ зоопланктона в трех губах Онежского озера – Уницкой, Святухе и Кефтенъ, где в настоящее время размещены форелевые садковые хозяйства. Дана характеристика видового состава, количественных и структурных показателей зоопланктона в условиях биогенного загрязнения.

Ключевые слова: зоопланктон, Онежское озеро, форелевые хозяйства

ВВЕДЕНИЕ

Садковое форелеводство является одним из приоритетных направлений рыбохозяйственной деятельности на внутренних водоемах Республики Карелия. Это обусловлено главным образом уникальными природными условиями – наличием большого количества глубоководных водоемов с водой высокого качества и оптимальным температурным режимом. По данным Управления рыбного хозяйства Министерства сельского, рыбного хозяйства и экологии РК, на 01.01.2009 в республике зарегистрированы 84 форелевых хозяйства проектной мощностью 37,6 тыс. т. Из них действующих 45 предприятий, планируемых – 39.

Интенсивное развитие форелеводства в республике ставит проблему сохранения природных комплексов хозяйственных водоемов в ненарушенном состоянии. Особенно актуальной она становится в связи с изменениями экологического законодательства РФ. Так, до недавнего времени для организации рыбоводного хозяйства требовалась разработка оценки воздействия на

окружающую среду (ОВОС), которая входила в пакет документов для получения лицензии на водопользование. В настоящее время аквакультура не рассматривается как деятельность, которая оказывает существенное воздействие на окружающую среду. Она не входит в перечень объектов, подлежащих обязательной экологической экспертизе. В связи с этим для осуществления мероприятий по охране водных экосистем в местах расположения рыбоводных хозяйств требуется проведение регулярного мониторинга.

Основная цель исследований заключалась в оценке состояния сообщества зоопланктона в районах размещения форелевых хозяйств.

Гидробиологические исследования при мониторинге водных экосистем в условиях антропогенного влияния имеют ряд преимуществ, так как короткий жизненный цикл беспозвоночных зоопланктона позволяет даже при проведении ограниченных во времени наблюдений не только определить современное состояние водоемов, но и оценить возможные изменения. Динамика таксономической структуры и количественных показателей зоопланктона как выраженный отклик

на изменение условий обитания может служить важным показателем качества воды и протекающих в водоеме процессов эвтрофирования.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Работа выполнялась на Онежском озере в губах Уницкая (2005 год), Святуха (2006 год) и Кефть (2008 год), где функционируют садковые хозяйства для выращивания радужной форели. Проектная мощность хозяйств составляет 600, 400 и 300 т форели в год соответственно. В настоящее время в этих губах выращивается 1200 т радужной форели. Гидробиологическая съемка проводилась трижды за вегетационный период (июнь, август, октябрь).

Отбор проб зоопланктона осуществлялся батометром Руттнера (объем – 2 л). Облавливались все слои воды, начиная с поверхностного, с интервалом 1,0 м. Интегрированные пробы (поверхность-дно) процеживались через газ № 70, концентрировались до 100 мм³ и фиксировались 4 % формалином. Последующая обработка проб проводилась в лаборатории по стандартной методике [10].

Станции для отбора проб располагались по следующей схеме: непосредственно около садков (20–30 м), на удалении (200–300 и 500–700 м). Общее количество станций в каждой губе составляло не менее 9.

Для анализа возможных изменений в сообществе зоопланктона применялись следующие индикационные показатели: общее число видов, соотношение таксономических групп, отношения $V_{\text{crus}}/V_{\text{rot}}$, $N_{\text{clad}}/N_{\text{cop}}$, $V_{\text{cycl}}/V_{\text{cal}}$ [1]. Также рассчитывались индекс видового разнообразия [13] и индекс сапробности [9], [4]. Трофический статус водоемов оценивался по шкале трофности для зоопланктона по С. П. Китаеву [3].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Онежское озеро (60°53'–62°55' с. ш. и 34°13'–36°28' в. д.) является самым крупным пресноводным водоемом Карелии. В последние годы оно широко используется для промышленного выращивания радужной форели в садках. В настоящее время уже функционирует 14 форелевых хозяйств и проектируется еще 3. Общий объем товарной форели по озеру составил в 2008 году 5300 т, то есть 50 % от всей выращиваемой в Карелии форели.

Основные гидрологические показатели заливов, где проводились исследования, приведены в табл. 1. Уницкая губа является самой крупной по площади и наиболее глубокой, губа Святуха неглубокая, довольно узкая и прогреваемая, с хорошо развитой высшей водной растительностью. Кефть губа также неглубокая и хорошо прогреваемая, через пролив соединяется с Повенечким заливом Онежского озера.

По мнению ряда авторов, видовой состав зоопланктона является одним из консервативных

признаков и может сохранять относительную стабильность в условиях эвтрофирования в течение десятилетий [1]. Анализ полученных нами материалов свидетельствует в пользу этой точки зрения. Общий список организмов зоопланктона, отмеченных за период исследований, насчитывает 38 видов (табл. 2). Из них *Rotatoria* – 15 видов, *Cladocera* – 15, *Calanoida* – 4 и *Cyclopoida* – 4. Видовой состав зоопланктона на всех трех участках является типичным для крупных заливов Онежского озера и отражает общие тенденции изменения планктонной фауны водоема в последние десятилетия [5], [6].

Среди коловраток (одной из наиболее чувствительных к эвтрофированию групп зоопланктона) доминируют *A. priodonta*, *K. longispina* и *P. dolichoptera*, которые являются типичными представителями ротаторного комплекса Онежского озера [12]. Из индикаторов повышенной трофности в районах размещения форелевых хозяйств можно отметить *P. luminosa*, *B. angularis* и *E. dilatata*, однако численность их невелика (не более 0,5 % от общей). Основу планктонного комплекса ракообразных составляют широко распространенные в больших озерах Карелии представители северной фауны (*D. (Daphnia) cristata*, *B. (Eubosmina) coregoni*, *E. gracilis*), а также ряд эвритопных организмов, отличающихся широкой экологической валентностью (*M. leuckarti*, *Ch. sphaericus*, *B. (Bosmina) longirostris*). В составе копепоид Уницкой губы и губы Святуха был отмечен холодноводный стено-термный реликтовый рачок *L. grimaldii* var. *macrurus*, который является характерным компонентом пелагиали Онежского озера и индикатором олигосапробных условий [11]. Из типичных представителей тепловодно-стенотермного комплекса был отмечен только один вид *D. brachyurum*. В литоральной зоне видовой состав обогащается за счет представителей зарослевого комплекса – видов семейства *Chydoridae* и крупных кладоцер *P. pediculus* и *S. Crystallinae*.

Средние количественные показатели зоопланктона по группам за вегетационный период приведены в табл. 3.

Таблица 1
Гидрологические показатели
исследуемых водных объектов

Показатели	Кефть	Святуха	Уницкая
Площадь водной поверхности, км ²	8,5	36,4	166,0
Наибольшая длина, км	15,0	35,0	50,0
Наибольшая ширина, км	1,0	2,0	5,5
Средняя глубина, м	3,0	3,0	11,0
Максимальная глубина, м	25,0	15,0	33,0
Прозрачность, м	2,5	2,5	4,0
Удельный водосбор	31,2	7,7	1,67
Показатель условного водообмена	3,3	0,80	0,05
pH	6,3–7,7	6,6–7,4	6,6–7,4

Таблица 2
Видовой состав зоопланктона в районах исследований

Вид	Уницкая, 2005 год	Святуха, 2006 год	Кефть, 2008 год
Класс <i>Rotatoria</i> Коловратки			
1 <i>Synchaeta pectinata</i> (Ehrenberg 1832)	—	—	+
2 <i>Brachionus angularis</i> (Gosse 1851)	—	+	—
3 <i>B. calyciflorus spinosus</i> (Wierzeiski 1891)	—	—	+
4 <i>Polyarthra luminosa</i> (Kutikova 1962)	—	+	+
5 <i>P. dolychoptera</i> (Idelson 1925)	+	+	—
6 <i>Bipalpus hudsoni</i> (Imhof 1891)	+	+	+
7 <i>Asplanchna priodonta</i> (Gosse 1850)	+	+	+
8 <i>Keratella cochlearis</i> (Gosse 1851)	+	+	+
9 <i>K. quadrata</i> (Mullek 1786)	—	+	—
10 <i>Kellicottia longispina</i> (Kellicott 1879)	+	+	+
11 <i>Conochilus unicornis</i> (Rousselet 1892)	+	—	+
12 <i>Euchlanis dilatata</i> (Ehrenberg 1832)	—	+	—
13 <i>Trichocerca longiseta</i> (Shrank 1802)	—	+	+
14 <i>T. insignis</i> (Herrick 1885)	+	—	—
15 <i>Filinia longiseta</i> (Ehrenberg 1834)	—	+	—
Класс <i>Crustacea</i> Ракообразные			
Отряд <i>Copepoda</i> Веслоногие раки			
16 <i>Limnocalanus macrurus</i> (Sars 1863)	+	+	—
17 <i>Eurytemora lacustris</i> (Poppe 1887)	+	+	—
18 <i>Eudiaptomus gracilis</i> (Sars 1863)	+	+	+
19 <i>Heterocope appendiculata</i> (Sars 1863)	+	+	+
20 <i>Cyclops strenuus</i> (Fisher 1851)	+	+	+
21 <i>Megacyclops viridis</i> (Jurine 1820)	—	+	—
22 <i>Mesocyclops leuckarti</i> (Claus 1857)	+	+	+
23 <i>Thermocyclops oithonoides</i> (Sars 1863)	+	+	+
Надотряд <i>Cladocera</i> Ветвистоусые			
24 <i>Limnospira frontosa</i> (Sars 1862)	+	+	+
25 <i>Sida crystallina crystallina</i> (O. F. Muller 1776)	+	+	—
26 <i>Diaphanosoma brachyurum</i> (Lievins 1848)	+	+	+
27 <i>Holopedium gibberum</i> (Zaddach 1855)	+	+	+

28 <i>Daphnia (Daphnia) longispina</i> (O. F. Muller 1785)	+	+	+
29 <i>D. (Daphnia) cristata</i> (Sars 1862)	+	+	+
30 <i>Ceriodaphnia quadrangula</i> (O. F. Muller 1785)	—	+	+
31 <i>Chydorus sphaericus</i> (O. F. Muller 1785)	+	+	+
32 <i>Alona quadrangularis</i> (O. F. Muller 1785)	—	—	+
33 <i>Alonella nana</i> (Baird 1850)	—	—	+
34 <i>Bosmina (Bosmina) longirostris</i> (O. F. Muller 1785)	+	+	+
35 <i>B. (Eubosmina) coregoni</i> (Baird 1857)	+	+	+
36 <i>Polyphemus pediculus</i> (L. 1778)	+	+	+
37 <i>Bythotrephes brevimanus</i> (Lilljeborg 1901)	+	—	—
38 <i>Leptodora kindtii</i> (Focke 1844)	+	+	+

Таблица 3

Средние количественные показатели зоопланктона за вегетационный период

Группы	Уницкая, 2005 год		Святуха, 2006 год		Кефть, 2008 год	
	N	B	N	B	N	B
<i>Rotatoria</i>	5,6	0,117	6,6	0,185	27,1	0,677
<i>Cladocera</i>	5,7	0,417	8,4	0,925	29,3	1,431
<i>Cyclopoida</i>	2,4	0,101	15,2	0,200	18,1	0,383
<i>Calanoida</i>	2,4	0,235	4,9	0,200	0,6	0,045
<i>Nauplii</i>	1,0	0,014	4,4	0,030	1,9	0,012
Всего	17,1	0,884	38,5	1,540	77,0	2,548

Примечание. N – численность, тыс. экз./м³; B – биомасса, г/м³.

Основу биомассы зоопланктона на трех исследованных участках создают ветвистоусые ракообразные, главным образом виды *pp. Bosmina* и *Daphnia*. На их долю приходится от 47 % в Уницкой губе до 60 % в губе Святуха. Копеподы образуют от 16 % (Кефть губа) до 38 % (Уницкая губа), соотношение биомасс циклопид и каланид в группе веслоногих ракообразных также значительно варьирует. Массовая доля коловраток в Уницкой губе и губе Святуха составляет 12–13 %, возрастая до 27 % в Кефть губе.

Повышение трофности водоемов сопровождается структурными изменениями в планктоценозе, при этом наблюдается перераспределение относительного значения главных систематических групп. К числу характерных признаков можно отнести увеличение доли кладоцер и коловраток в образовании общей биомассы зоопланктона и снижение доли копепод. В группе веслоногих также наблюдается уменьшение доли крупных каланид и усиление роли циклопид, особенно за счет представителей *pp. Cyclops* и *Mesocyclops*. Явления такого рода сопровождают процесс эвтрофирования в разнотипных водоемах и достаточно хорошо изучены [1].

В табл. 4 приведены индексы сапробности и некоторые структурные показатели сообщества зоопланктона, использующиеся в качестве индикаторов при проведении водных экологических исследований.

Таблица 4

Структурные показатели зоопланктона за вегетационный период

Показатель	Уницкая, 2005 год	Святуха, 2006 год	Кефть, 2008 год
Число видов	27	33	28
$B_{\text{crus}}/B_{\text{tot}}$	6,5	7,3	2,8
$N_{\text{clad}}/N_{\text{cop}}$	1,0	0,3	1,4
$B_{\text{cyc}}/B_{\text{cal}}$	0,4	1,0	8,5
Индекс Шеннона, бит	2,12	1,95	1,80
Индекс сапробности	1,58	1,72	1,83
Пантле–Букка			

Интерпретируя показатели, основанные на соотношениях численности и биомассы различных групп зоопланктона, можно отметить, что Кефть губа характеризуется наиболее высоким трофическим статусом по сравнению с двумя другими. На это, в частности, указывает повышенная доля кладоцер-фильтраторов (*D. cristata*, *B. longirostris*) и коловраток (главным образом за счет массового развития *A. priodonta*) в образовании общей биомассы зоопланктона, а также преобладание мелких циклопид в группе веслоногих ракообразных. *A. priodonta* является факультативным хищником и

оказывает значительное влияние на трофическую структуру зоопланктоценоза. Увеличение численности коловраток и возрастание роли хищников в планктонном сообществе связывают с повышенным поступлением в водоем алохтонного органического вещества и усиленным развитием бактериопланктона [7], [2]. Массовое развитие кладоцер-фильтраторов также указывает на укрепление трофической базы зоопланктона. В целом количественные показатели и видовой состав зоопланктона на трех исследованных участках схожи с районами Онежского озера, которые испытывают влияние промышленных, бытовых и сельскохозяйственных стоков (Кондопожская и Петрозаводская губы) [7].

Таким образом, по уровню количественного развития зоопланктона исследуемые заливы можно отнести к трем типам. Уницкая губа характеризуется как β -олиготрофный участок Онежского озера, губа Святуха – как α -мезотрофный, Кефть губа – как β -мезотрофный. Средняя величина индекса сапробности колеблется в пределах 1,58 (Уницкая губа) – 1,83 (Кефть губа), что соответствует классу умеренно загрязненных β -мезосапробных водных объектов. Учитывая возросшие за последние 20 лет объемы выращивания товарной форели, целесообразна организация регулярного гидробиологического мониторинга, особенно в водоемах, используемых для промышленного рыбководства, для корректного представления о возможных сукцессиях в водных экосистемах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андроникова И. Н. Изменения в сообществе зоопланктона в связи с процессом эвтрофирования // Эвтрофирование мезотрофного озера. Л.: Наука, 1980. С. 78–99.
2. Думнич Н. В. Ракообразные (Crustacea) и коловратки (Rotatoria) крупных озер Вологодской области: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Петрозаводск, 2000. 25 с.
3. Китаев С. П. Основы лимнологии для гидробиологов и ихтиологов. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2007. 390 с.
4. Куликова Т. П. Рекомендации по определению сапробности с учетом биологических особенностей планктонных организмов Карелии. Петрозаводск: КФ АН СССР, 1983. 6 с.
5. Куликова Т. П. Зоопланктон // Экосистема Онежского озера и тенденции ее изменения. Л.: Наука, 1990. С. 207–216.
6. Куликова Т. П., Кустовлянкина Н. Б., Сярки М. Т. Зоопланктон как компонент экосистемы Онежского озера. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 1997. 112 с.
7. Куликова Т. П., Сярки М. Т. Особенности структуры и функционирования биологических сообществ под влиянием природных и антропогенных факторов. Структура и количественные показатели зоопланктона // Онежское озеро. Экологические проблемы. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 1999. С. 191–211.
8. Куликова Т. П., Сярки М. Т. Влияние антропогенного эвтрофирования на распределение зоопланктона в Кондопожской губе Онежского озера // Водные ресурсы. 2004. Т. 31. № 1. С. 91–97.
9. Макарушин А. Биологический анализ качества вод. Л.: ЗИН АН СССР, 1974. 60 с.
10. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов в гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Зоопланктон и его продукция. Л.: ГосНИОРХ, 1984. 33 с.
11. Смирнова Т. С. Планктонные коловратки и ракообразные // Зоопланктон Онежского озера. Л.: Наука, 1972. С. 145–159.
12. Сярки М. Т. Зоопланктон // Биоресурсы Онежского озера. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2008. С. 54–67.
13. Shannon C. E., Weaver W. The mathematical theory of communication. Urbana: Univ. Illinois Press, 1949. 117 p.