

УДК 574.583(285.2)(-47)

## ПЛАНКТОН ПЕЛАГИАЛИ ОЗ. СЕВАН (АРМЕНИЯ) ПРИ НИЗКОЙ ПЛОТНОСТИ РЫБ И УВЕЛИЧЕНИИ УРОВНЯ ВОДЫ

© 2013 А.В. Крылов<sup>1</sup>, А.В. Романенко<sup>1</sup>, А.А. Овсепян<sup>2</sup>,  
А.А. Никогосян<sup>2</sup>, А.О. Айрапетян<sup>2</sup>, Ю.В. Герасимов<sup>1</sup>, М.И. Малин<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН,

<sup>2</sup>Институт гидроэкологии и ихтиологии НАН РА,

Поступила в редакцию 11.11.2013

Появление и массовое развитие в планктоне высокогорного оз. Севан *Diaphanosoma brachyurum* Lievin и *Daphnia (Stenodaphnia) magna* Straus совпало с периодом повышения уровня воды и снижения ихтиомассы. К 2012 г. ветвистоусые рачки достигли максимальных величин численности и биомассы. В это же время увеличилась прозрачность воды, сократились численность и биомасса бактерио- и фитопланктона, среди водорослей возросла доля цианобактерий, увеличилась общая биомасса зоопланктона, уменьшились разнообразие и биомасса коловраток. Среди возможных причин наблюдаемых изменений обсуждается жизнедеятельность Cladocera.

**Ключевые слова:** глубоководное горное озеро Севан, уровень воды, зоопланктон, фитопланктон, бактериопланктон, ветвистоусые ракообразные, численность, биомасса, число видов.

### ВВЕДЕНИЕ

Озеро Севан – самый крупный (~ 1262 км<sup>2</sup>) водоем Кавказа. Оно расположено между 40°19' с.ш. и 45°21' в.д. на высоте 1900 м над уровнем моря. В связи с необходимостью улучшения экологического состояния водоема с 2002 г. уровень воды озера стали искусственно поднимать и к 2011 г. он был увеличен на 360.5 см [11]. В начальный период повышения уровня воды в озере значительно изменилась видовая структура и количество рыбного населения [6], а к 2011 г. запасы рыб в пелагиали озера снизились до минимальных за весь период наблюдений значений [19]. В течение прошедшего периода повышения уровня воды (2005–2011 гг.) наблюдалось увеличение видового богатства зоопланктона и появление в составе доминантов двух новых для водоема видов Cladocera: в 2005 г. — *Diaphanosoma brachyurum* Lievin [17], в 2011 г. — *Daphnia (Stenodaphnia) magna* Straus [19]. Появление *Diaphanosoma brachyurum* в озере может быть обусловлено повышением уровня воды, поскольку

ку диафаносома в бассейне оз. Севан была отмечена еще в первой половине прошлого века [4]. Аналогично, ранее в бассейне Севана обнаруживалась и дафния большая (*Daphnia magna*) [4, 23]. О регистрации единичных экземпляров *D. magna* в желудках сига, выловленных весной из озера, имеется устное сообщение Т. Г. Рубенян (Институт гидроэкологии и ихтиологии НАН РА). Можно предположить, что ранее немногочисленные *D. magna* выедались рыбами. Косвенно это подтверждает анализ остатков беспозвоночных в донных отложениях водоема, в которых обнаружена только *D. (Daphnia) hyalina* Leydig. [47].

Цель настоящей работы — изучение современного состояния пелагических сообществ оз. Севан в условиях повышения уровня воды.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Интегральные пробы бактерио- и зоопланктона собирали от поверхности до дна через каждые 1–5 м батометром объемом 4 л на глубинах ≤ 20 м (см. рис.).

---

Крылов Александр Витальевич, доктор биологических наук, профессор, krylov@ibiw.yaroslavl.ru; Романенко Анна Витальевна; старший научный сотрудник, roma@ibiw.yaroslavl.ru; Овсепян Анаит Альбертовна, младший научный сотрудник, asterionella@rambler.ru; Никогосян Арменуи Армениаковна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, armenuhyn@rambler.ru; Айрапетян Армине Овсеповна, кандидат биологических наук, научный сотрудник, armmينو@yandex.ru; Герасимов Юрий Викторович, доктор биологических наук, профессор, gu@ibiw.yaroslavl.ru; Малин Михаил Игоревич, младший научный сотрудник, mishuk@ibiw.yaroslavl.ru

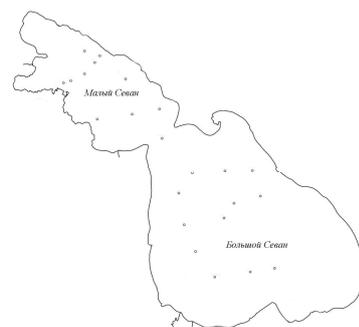


Рис. Схема оз. Севан и основные станции сборов первичных материалов.

Количественные характеристики бактериопланктона на 4–10 станциях Малого и Большого Севана в октябре 2009 и 2012 гг. получены методом эпифлюоресцентной микроскопии с использованием флуорохрома ДАФИ [43]. Пробы зоопланктона отбирали в июле и октябре 2007 и 2012 гг. на 6–12 станциях в районах Малого и 6–12 станциях Большого Севана. Воду процеживали через планктонную сеть с размером ячеек 64 мкм, фиксировали 4%-ным раствором формальдегида. Камеральную обработку проводили по стандартной методике [22], идентификацию беспозвоночных — по определителям [5, 20, 27], биомассу рассчитывали, учитывая размеры организмов [3, 44]. Фитопланктон собирали в июле и октябре 2007 и 2012 гг. с поверхности, 10, 20, 30 м и в придонном слое. Камеральную обработку проводили по стандартной методике [1]. Для идентификации беспозвоночных использовали определители [28, 33, 48]. Количественный анализ проб проводили в камере Нажотта ( $V=0$ , мл) при 5–7 кратном ее заполнении. Биомассу вычисляли на основании рассчитанных индивидуальных объемов клеток.

Для оценки численности рыб в октябре 2012 г. судно с установленным гидроакустическим комплексом "AsCor" [10] перемещалось вдоль продольной оси озера пилообразными галсами (от берега до берега). Полученная информация анализировалась в специализированном программном обеспечении, являющемся частью применяемого комплекса аппаратуры. Определение плот-

ности распределения рыб велось на равных отрезках каждого галса методом эхоинтегрирования. На основе полученного ряда географически координированных значений плотности построена модель пространственного распределения рыб в озере. Расчет ихтиомассы производился методом площадей отдельно для Малого и Большого Севана умножением средней плотности распределения рыб в соответствующей части озера на ее площадь.

В июле 2007 г. температура воды варьировала от 18,6 до 20,7°C, содержание растворенного кислорода — от 7,2 до 8,6 мг/л, в 2012 г. — 17,9–20,1°C и 7,3–8,4 мг/л соответственно. В октябре 2007 г. температура воды изменялась в пределах от 16,5 до 17,5°C, содержание растворенного кислорода — от 7,1 до 8,9 мг/л, в 2009 г. — от 16,1 до 17,2°C и от 6,6 до 8,7 мг/л, в 2012 г. — 17,1–17,6°C и 6,6–8,0 мг/л соответственно.

Данные по содержанию фосфатов в воде пелагиали озера любезно предоставлены Центром мониторинга воздействия на окружающую среду Министерства охраны природы РА.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

До появления *Daphnia magna* – в июле 2007 г. – в фитопланктоне преобладали зеленые водоросли (табл. 1) с преобладанием представителей родов *Oocystis*, *Ankistrodesmus* и вида *Coelastrum microporum* Nag.

**Таблица 1.** Средняя ( $M \pm m$ ,  $p < 0,05$ ) численность ( $N$ ), биомасса ( $B$ ) и доля (%) групп фитопланктона в Малом (МС) и Большом (БС) Севане.

Показатели	2007 г.				2012 г.				
	Июль		Октябрь		Июль		Октябрь		
	МС	БС	МС	БС	МС	БС	МС	БС	
$N_{\text{фит}}$ , тыс. экз./л	1046,2± 184,1	1083,7± 204,3	783,4± 310,1	830,0± 241,2	732,0± 220,2	674,4± 287,5	95,5± 16,1	114,2± 24,2	
% в общей $N$	Bacillariophyta	2,8	5,1	11,2	46,2	1,7	4,2	31,0	28,0
	Chlorophyta	78,5	74,8	55,9	27,6	94,5	91,0	11,0	13,0
	Cyanophyta	18,6	19,4	32,8	26,1	3,0	4,5	44,0	55,0
$B_{\text{фит}}$ , г/м <sup>3</sup>		2,97± 0,81	3,57± 0,94	1,35± 0,58	2,00± 0,44	1,61± 0,38	1,40± 0,52	0,26± 0,12	0,28± 0,15
	% в общей $B$	Bacillariophyta	1,6	3,7	16,3	45,5	1,0	5,5	35,0
	Chlorophyta	84,0	82,6	57,0	36,0	95,0	90,0	23,0	24,0
	Cyanophyta	14,4	13,4	26,7	18,5	3,0	4,3	35,0	43,0

В доминантный комплекс входила также цианобактерия *Aphanothece clathrata* W. et. G.S. West f. *clathrata*. В июле 2012 г. численность и биомасса фитопланктона были меньше в среднем в 1,5 и 2,2 раза соответственно. Основу численности и биомассы составляли зеленые водоросли за счет развития представителей родов *Ankyra* (*A. anchora* (G.M. Smith), *A. ocellata* (Korshikov)) и *Ankistrodesmus* (*A. falcatus* Ralfs и *A. lacustris* (Chodat)).

Изменения фитопланктона зафиксированы и осенью. Так, в октябре 2007 г. в Малом Севане доминировали зеленые водоросли (*Crucigenia quadrata* Morren и *Oocystis* spp.), в Большом Севане – диатомовые (*Cyclotella* spp., *Melosira* (*Aulacoseira*) *granulata* (Ehr.) Ralfs var. *granulata*, *Fragilaria* spp.). В октябре 2012 г. численность и биомасса водорослей были ниже, чем в 2007 г., в среднем в 7,7 и 6,2 раза (табл. 1). В общей численности и биомассе значительно возросла доля цианобактерий и диатомовых. По численности

доминировали *Aphanothece clathrata*, *Cyclotella* spp., *Melosira* spp., *Microcystis aeruginosa* (Kutz.) Elenk., *Anabaena* spp., по биомассе – *Aphanothece clathrata*, *Melosira* spp., *Cyclotella* spp., *Microcystis aeruginosa*.

В октябре 2009 г. – до появления *Daphnia magna* – в пелагиали оз. Севан были отмечены высокие величины численности и биомассы бактериопланктона (табл. 2).

**Таблица 2.** Средняя ( $M \pm m$ ,  $p < 0.05$ ) численность ( $N$ ), биомасса ( $B$ ) и доля (%) групп бактериопланктона в Малом (МС) и Большом (БС) Севане в октябре 2009 и 2012 гг.

Показатели		2009 г.		2012 г.	
		МС	БС	МС	БС
$N_{\text{бак}}$ , млн. кл./мл		5,5±2,1	6,3±1,4	1,6±0,77	2,2±0,97
% в общей $N$	Одиночные $\leq 2,5$ мкм	82,5	91,0	91,4	89,5
	На детрите	12,6	4,2	8,2	8,4
	Нитевидные	0,1	0,1	0,01	0,1
	Микроколонии	3,0	2,2	0,2	1,9
	Одиночные $\geq 2,5$ мкм	1,8	2,5	0,2	0,1
$B_{\text{бак}}$ , мг/м <sup>3</sup>		631±202,1	885±189,4	167±53,1	263±102,5
% в общей $B$	Одиночные $\leq 2,5$ мкм	68,3	71,0	94,2	95,0
	На детрите	11,6	4,6	4,1	1,7
	Нитевидные	1,4	2,0	0,4	1,7
	Микроколонии	3,4	2,6	0,4	0,8
	Одиночные $\geq 2,5$ мкм	15,3	19,8	0,8	0,8

Основу численности и биомассы составляли одиночные клетки размером  $\leq 2,5$  мкм, высокую долю имели также палочковидные бактерии  $\geq 2,5$  мкм и детритная микрофлора, ассоциированная с частицами взвеси (табл. 2). После появления и массового развития *Daphnia magna* – в октябре 2012 г. – численность бактерий в районах Малого и Большого Севана уменьшилась в среднем в 3,0 и 3,7 раза соответственно, биомасса – в 2,7 и 4,0 раза. Самой многочисленной группой остались мелкие свободноживущие бактерии, вклад которых в суммарную биомассу существенно увеличился по сравнению с показателями 2009 г. При этом практически исчезли крупные палочки и нити, значительно сократилась доля детритных и колониальных бактерий в общей биомассе.

Число видов планктонных беспозвоночных в июле и октябре 2012 г. уменьшилось, по сравнению с аналогичными месяцами 2007 г. (табл. 3).

Значительно снизилось видовое богатство Rotifera, и было отмечено возрастание числа видов Copepoda.

В июле 2012 г. в пелагиали районов Большого и Малого Севана, по сравнению с 2007 г., снизилась общая численность зоопланктона, за счет изменения количественного соотношения колеровок и ветвистоусых ракообразных. Отмечено возрастание численной доли Rotifera и сокращение Cladocera. В общей биомассе увеличилась доля Cladocera (табл. 3).

В октябре 2012 г. по сравнению с 2007 г. возросли численность и биомасса зоопланктона (табл. 3). В Малом Севане в общей численности зоопланктона увеличилась доля Cladocera, в Большом – Rotifera. В обеих частях озера в общей биомассе зоопланктона повысилась доля ветвистоусых рачков.

**Таблица 3.** Число видов, средние величины ( $M \pm m$ ,  $p < 0,05$ ) численности ( $N$ , тыс. экз./м<sup>3</sup>), биомассы ( $B$ , г/м<sup>3</sup>) зоопланктона и доля (%) таксономических групп беспозвоночных в Малом и Большом Севане

Показатели		Малый Севан				Большой Севан			
		Июль		Октябрь		Июль		Октябрь	
		2007	2012	2007	2012	2007	2012	2007	2012
Число видов	Rotifera	4	2	8	2	8	3	9	6
	Copepoda	4	5	3	4	4	5	3	4
	Cladocera	3	3	3	3	3	4	3	4
	Всего	11	10	14	9	15	12	15	14
$N$		160,9±44,2	36,6±19,4	11,4±4,8	27,2±8,1	71,6±4,3	65,1±5,6	33,5±15,6	162,8±34,1
	$B$	11,0±1,3	14,7±1,2	0,8±0,4	2,1±0,6	6,2±1,8	16,7±3,1	1,7±0,4	2,7±0,8
В общей $N$ (%)	Rotifera	9,45	32,42	12,64	5,23	16,83	23,46	15,48	42,36
	Copepoda	62,48	53,53	67,05	47,91	46,94	55,39	61,98	28,12
	Cladocera	28,07	14,05	20,31	46,86	36,23	21,15	22,54	29,53
В общей $B$ (%)	Rotifera	0,06	0,05	0,16	0,03	0,15	0,03	2,43	0,30
	Copepoda	31,48	4,95	83,27	13,19	29,39	4,70	62,77	15,98
	Cladocera	68,46	95,00	16,57	86,78	70,46	95,28	34,79	83,72

Средняя численность доминирующей в июле 2012 г. *Daphnia magna* составляла 7,8 тыс. экз./м<sup>3</sup>, биомасса – 14,8 г/м<sup>3</sup>. Отметим, что преобладающая ранее (2007 г.) в планктоне *D. hyalina*, имела среднюю численность 35,2 тыс. экз./м<sup>3</sup>, а биомасса – 5,9 г/м<sup>3</sup>, тогда как в 2012 г. нами отмечались лишь ее единичные экземпляры.

В октябре в общей численности и биомассе преобладала *Diaphanosoma brachyurum* (табл. 3). В 2007 г. средняя численность *D. brachyurum* составляла 4,1 тыс. экз./м<sup>3</sup>, биомасса – 0,2 г/м<sup>3</sup>, численность *Daphnia hyalina* была 0,8 тыс. экз./м<sup>3</sup> при биомассе 0,1 г/м<sup>3</sup>. В 2012 г. средние величины численности и биомассы *Diaphanosoma brachyurum* возросли в среднем до 30,1 тыс. экз./м<sup>3</sup> и 1,6 г/м<sup>3</sup> соответственно, тогда как численность *Daphnia magna* была 6 тыс. экз./м<sup>3</sup>, а биомасса – 0,9 г/м<sup>3</sup>, а *D. hyalina* практически не встречалась.

Общая ихтиомасса в пелагиали оз. Севан составила ~ 25 т.

### ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Осенью 2012 г. ихтиомасса пелагиали оз. Севан оставалась на минимальном за весь период изучения водоема уровне. Если в 1983 г. она составляла 10788 т, в 2005–2009 гг. ~ 300 т [6, 11], в 2011 г. ~ 22 [19], в 2012 г. – на уровне ~ 25 т.

Известно, что изменения количества и видового состава рыбного населения способны вызывать значительную перестройку многих элементов биоты. Установленные причинно-следственные связи легли в основу предложенных методов биоманипуляции [45] и экотехнологии [36]. Рядом исследований было показано, что снижение численности рыб приводит к уменьшению первичной продукции, активной реакции воды, увеличению прозрачности, изменению структуры фито- и зоопланктона, доминирующего комплекса видов планктонных ракообразных и возрастанию их средней массы [7, 8, 29, 35, 37, 39, 49]. Большинство изменений разных компонентов биоты при биоманипуляциях наблюдалось в ходе экспериментов в изолятах, а также при изучении малых водоемов, из которых рыбы были удалены с помощью токсикантов или отсутствовали изначально, либо в которых искусственно было нарушено соотношение «мирных» и хищных видов [8, 34, 40, 41, 45, 46]. В этой связи весьма важен вопрос возможной взаимосвязи трансформации сообществ гидробионтов в крупном высокогорном водоеме, характеризующемся снижением плотности рыб.

Не претендуя на истину в последней инстанции, на основании полученных данных, можно предположить, что значительное уменьшение ихтиомассы в пелагиали оз. Севан, произошедшее в период начала повышения уровня воды, могло

способствовать успешной натурализации двух новых для водоема видов ветвистоусых ракообразных – *Diaphanosoma brachyurum* и *Daphnia magna*, которые к 2012 г. достигли максимального обилия. Благодаря этому средние величины общей биомассы зоопланктона пелагиали в исследованные месяцы 2012 г. достигли наибольших за период наблюдений (с 1930-х гг.) значений. Биомасса зоопланктона в настоящее время в среднем в 2 раза превышает величины, зарегистрированные как в период снижения и стабилизации уровня воды [24, 30], так и в период начала его повышения [18].

В тоже время установленное изменение количественных характеристик зоопланктона в оз. Севан и выявление доминирующих видов позволяет предположить их средообразующую роль в условиях незначительного контроля со стороны ихтиофауны.

Среди наиболее очевидных и заметных последствий жизнедеятельности доминирующих видов – увеличение прозрачности воды в озере. Сравнительные данные говорят о том, что в октябре 2005–2009 гг. прозрачность воды редко превышала 2,2–4,5 м [12], а в октябре 2012 г. величина прозрачности составила 8–12 м.

В период массового развития Cladocera в 2012 г. по сравнению с периодом 2005–2009 гг. [18], в составе зоопланктона уменьшилось разнообразие коловраток, среди которых преимущество получили мелкие виды, в частности, *Conochilus unicornis* Rousselet. Благодаря этому даже при увеличении их плотности и доли в общей численности, уменьшилась их биомасса и доля в общей биомассе сообщества. Кроме того, значительно сократилась представленность более мелкой, чем *Daphnia magna*, *D. hyalina* (табл. 3). Аналогичные последствия, т.е., например, снижение количества «мелкого» зоопланктона, наблюдались при биоманипуляциях, в ходе которых происходило увеличение количества хищных рыб и сокращение количества планктоядных рыб [37, 40].

Фильтрационная активность Cladocera в 2012 г. способствовала также значительному сокращению численности и биомассы фитопланктона по сравнению с данными, полученными в аналогичные месяцы до начала массового развития *Diaphanosoma brachyurum* и *Daphnia magna* [26]. Кроме того, в 2012 г. из состава фитопланктона практически полностью исчезли представители рода *Oocystis*, которые в течение предыдущих лет не только были постоянными компонентами сообщества и в отдельные периоды вносили весомый вклад в общие количественные показатели, но и отличались высоким разнообразием [26]. Косвенным подтверждением аналогичной связи развития фитопланктона и Cladocera является указание на резкое снижение представителей

рода *Oocystis* при добавлении рачков-фильтраторов в экспериментальные сосуды [50]. Также в 2012 г. значительно (более чем в 3 раза в Малом Севане и в 50 раз в Большом Севане) сократилось обилие *Binuclearia lauterbornii* (Schmidle) Proschkina-Lavrenko. Другой представитель группы зеленых *Coelastrum microporum* Nag. летом 2007 г. в районе Большого Севана достигал численности 340 тыс. кл./л, в Малом Севане – 168 тыс. кл./л, а в 2012 г. *Coelastrum microporum* не был обнаружен. Ранее было установлено значительное развитие зеленой водоросли *Crucigenia quadrata*, численность которой в июле 2007 г. в Малом и Большом Севане составила соответственно 79,3 и 54,7 тыс. кл./л, а в 2012 г. она была зарегистрирована в незначительных количествах и только в пробах из Малого Севана.

Фильтрационная активность *Cladocera* по всей вероятности могла стать и причиной снижения количества бактерий в пелагиали. Так, в октябре 2012 г. по сравнению с данными за 2009 г. численность и биомасса бактерий сократились в среднем в 3,1 и 3,6 раз соответственно. В результате, если ранее количественные характеристики развития бактериопланктона находились в пределах значений, регистрируемых в мезотрофно-эвтрофных озерах, то в настоящий момент они близки к величинам мезотрофно-олиготрофных вод [14]. Очевидно, что связано это не со снижением трофического статуса водоема, а с фильтрационной активностью *Cladocera*, которые способны значительно выедать бактерий, обитающих в толще воды [15, 25].

Сохранение трофического статуса водоема, даже его повышение, подтверждается данными по содержанию общего фосфора и фосфатов, а также рядом показателей развития сообществ фито- и зоопланктона. Так, в июне 2010 г. количество фосфатов в пелагиали М. Севана было 0,054 мг/л, Большого – 0,057 мг/л, а в июне 2012 г. увеличилось до 0,078 и 0,156 мг/л соответственно. Кроме того, в 2012 г. увеличилась доля цианобактерий в общей численности и биомассе фитопланктона, а в октябре 2012 г. они преобладали над всеми таксономическими группами водорослей, в то время как в предыдущие годы чаще всего доминировали *Chlorophyta*. Следует отметить, что наблюдаемое изменение соотношения веслоногих и ветвистоусых ракообразных в 2012 г. в сторону возрастания доли крупных *Cladocera* в общей численности и биомассе зоопланктона, также косвенно может свидетельствовать об эвтрофировании озера [2]. Это согласуется с результатами экспериментальных исследований, в ходе которых было показано, что биомасса *Cladocera* за счет крупных видов наиболее существенно возрастает в условиях более высокого уровня воспроизводства пищи [32].

Увеличение эвтрофирования оз. Севан на современном этапе может быть вызвано рядом причин. Первая из них, это вынос биогенных веществ с водосборной площади в результате повышения уровня воды и затопления почв [9].

Второй возможной причиной эвтрофирования оз. Севан может быть регенерация фосфора крупными дафниями, достигшими к 2012 г. наибольшего уровня развития. Подтверждением этому могут служить литературные данные, где указывается на то, что роль регенерации фосфора зоопланктерами проявляется в глубоководных водоемах [29], при которой скорость его экскреции может составлять примерно 50% от скорости потребления [42]. Кроме того, результаты экспериментальных исследований указывают на то, что продукты жизнедеятельности зоопланктона стимулируют фотосинтез [31, 38], обеспечивая в разных водоемах потребности первичных продуцентов в фосфоре на 1–17% весной, достигая 36–200% осенью [29].

Следует отметить, что в условиях оз. Севан увеличение количества крупных видов *Cladocera* в оз. Севан и, следовательно, возможное увеличение экскретируемого ими фосфора, не привело к повышению обилия первичных продуцентов в период исследования. Возможно, причиной тому является выедание водорослей зоопланктерами. Аналогичные изменения наблюдались при биоманипуляциях, в ходе которых уменьшали количество планктонных рыб [37, 40] или полностью их изымали [34].

Таким образом, можно предположить, что снижение обилия планктонных рыб обусловило рост численности крупных ветвистоусых рачков-фильтраторов, активно потребляющих водоросли, способствуя тем самым увеличению прозрачности воды и уменьшению количественных показателей развития первичных продуцентов и гетеротрофного бактериопланктона.

Полученные нами данные характеризуют некоторые тенденции структурного анализа планктонных сообществ, позволяющие в дальнейшем обосновать ключевую роль доминирующих видов зоопланктеров в оценке современного состояния оз. Севан.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Массовое развитие видов *Diaphanosoma brachyurum* и *Daphnia magna*, которые к 2012 г. достигли наибольшей плотности в оз. Севан, произошло в период значительного увеличения уровня воды в озере и снижения пресса планктонных рыб. В результате жизнедеятельности доминирующих зоопланктеров в пелагиали озера увеличилась прозрачность воды, снизилась численность и биомасса фито- и бактериопланктона,

уменьшились разнообразие и биомасса коловраток.

К сожалению, недостаточный объем гидробиологических съемок в течение вегетационного периода не позволяет нам с достаточной степенью уверенности говорить о современном состоянии оз. Севан. Однако сделанный предварительный анализ данных основан на опыте исследователей, принимающих во внимание природу и ограничения исходных данных. Полученные нами результаты говорят о том, что ряд признаков свидетельствует о процессе деэвтрофирования водоема. Этот тезис основан на данных увеличения прозрачности воды, сокращения численности и биомассы бактерио- и фитопланктона и даже увеличение доли цианобактерий, можно объяснить выеданием остальных групп фитопланктона зоопланктерами. Вместе с тем, имеющиеся в нашем распоряжении гидрохимические данные воды озера и изменившиеся структурные показатели сообществ гидробионтов оз. Севан указывают на продолжающийся процесс эвтрофирования: увеличение количества фосфатов, сокращение доли веслоногих ракообразных, возрастание роли ветвистоусых ракообразных в сообществе зоопланктеров.

Современный этап экологического состояния оз. Севан характеризуется признаками и свойствами, типичными для крупных водоемов мезозоя — псевдоолиготрофных, отличительной чертой организации которых были быстрая оборачиваемость органического вещества и низкая сапробность при высокой продуктивности за счет развития планктонных хаоборид [13].

Можно предположить, что в дальнейшем, при сохранении низкой плотности ихтиомассы, трофический статус озера изменится и приобретет иные черты процесса эвтрофирования, связанные с развитием обрастаний, пелофильной донной фауны, зарастанием макрофитами при возможном включении в круговорот азота и фосфора биотического происхождения [21].

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 13-04-90605 Арм<sub>a</sub>.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абакумов В.А. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений. Л.: Гидрометеиздат, 1983. С. 79–91.
2. Андроникова И.Н. Структурно-функциональная организация зоопланктона озерных экосистем разных трофических типов. С.-Пб.: Наука, 1996. 189 с.
3. Балушкина Е.Б., Винберг Г.Г. Зависимость между массой и длиной тела у планктонных животных // Общие основы изучения водных экосистем. Л.: Наука, 1979. С. 169–172.
4. Бенинг А.Л. Кладоцера Кавказа. Тбилиси: Грузмедгиз, 1941. 384 с.
5. Боруцкий Е.В., Степанова Л.А., Кос М.С. Определитель Calanoida пресных вод СССР. С.-Пб.: Наука, 1991. 503 с.
6. Герасимов Ю.В., Габриелян Б.К., Малин М.И., Рубеян А.Р. Многолетняя динамика запасов рыб озера Севан и их современное состояние // Экология озера Севан в период повышения его уровня. Результаты исследований Российско-Армянской биологической экспедиции по гидроэкологическому обследованию озера Севан (Армения) (2005–2009 гг.). Махачкала: Наука ДНЦ, 2010. С. 249–278.
7. Гиляров А.М. Динамика численности пресноводных планктонных ракообразных. М.: Наука, 1987. 191 с.
8. Гладышев М.И., Чупров С.М., Колмаков В.И. и др. Биоманипуляция “top-down” в небольшом сибирском водохранилище без дафний // Сибирский экол. журнал. 2006. Т. 13, № 1. С. 31–41.
9. Дагтян А.А. Оценка воздействий затопленных лесонасаждений на процессы эвтрофирования озера Севан // Известия аграрной науки. 2010. Т. 8, № 1. С. 31–34.
10. Дегтев А.И., Ивантер Д.Э. Автоматизированная система оценки рыбных запасов «АСКОР-2» // Рыбное хозяйство. 2002. № 4. С. 58–60.
11. Интегральная оценка экологического состояния озера Севан (GEO – Lake Sevan). Ереван, 2011. 100 с.
12. Жариков В.В. Состав, экология и распределение инфузорий // Экология озера Севан в период повышения его уровня. Результаты исследований Российско-Армянской биологической экспедиции по гидроэкологическому обследованию озера Севан (Армения) (2005–2009 гг.). Махачкала: Наука ДНЦ, 2010. С. 134–167.
13. Жерихин В.В. Избранные труды по палеоэкологии и филогенетике. Москва: Тов-во научн. изданий КМК, 2003. 542 с.
14. Копылов А.И., Косолапов Д.Б. Микробиологические индикаторы эвтрофирования пресных водоемов // Биоиндикация в мониторинге пресноводных экосистем. СПб.: ЛЕМА, 2007. С. 176–181.
15. Копылов А.И., Косолапов Д.Б. Микробная «петля» в планктонных сообществах морских и пресноводных экосистем. Ижевск: КнигоГрад, 2011. 332 с.
16. Косолапов Д.Б., Романенко А.В., Копылов А.И., Минасян А.М., Варданян Г.С. Количественное распределение бактериопланктона в озере Севан. В кн. Экология озера Севан в период повышения его уровня. Результаты исследований Российско-Армянской биологической экспедиции по гидроэкологическому обследованию озера Севан (Армения) (2005–2009 гг.). Махачкала: Наука ДНЦ, 2010. С. 105–114.
17. Крылов А.В., Акопян С.А., Никогосян А.А. Современный видовой состав зоопланктона озера Севан в осенний период. Биология внутр. вод. 2007. № 4. С. 48–54.
18. Крылов А.В., Акопян С.А., Никогосян А.А., Айрапетян А.О. Зоопланктон озера Севан и его притоков. В кн. Экология озера Севан в период повышения его уровня. Результаты исследований Российско-Армянской биологической экспедиции по гидроэкологическому обследованию озера Севан (Армения) (2005–2009 гг.). Махачкала: Наука ДНЦ, 2010. С. 168–200.
19. Крылов А.В., Герасимов Ю.В., Габриелян Б.К. и др. Зоопланктон озера Севан в период продолжающегося повышения уровня воды и снижения плотности рыб // Биология внутр. вод. 2013. № 3. С. 37–45.
20. Кутикова Л.А. Коловратки фауны СССР. Л.: Наука, 1970. 744 с.
21. Мануйлова Е.Ф. Ветвистоусые рачки фауны СССР. М., Л.: Наука, 1964. 327 с.

22. Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов / Под ред. Ф.Д. Мордухай-Болтовского. М.: Наука, 1975. 240 с.
23. *Мешкова Т.М.* Зоопланктон озер, прудов и водохранилищ Армении. Ереван: Изд-во АН Армянской ССР, 1968. 108 с.
24. *Мешкова Т.М.* Закономерности развития зоопланктона в озере Севан. Ереван: Изд-во АН Армянской ССР, 1975. 275 с.
25. *Монаков А.В.* Питание пресноводных беспозвоночных. М.: ИПЭЭ РАН, 1998. 319 с.
26. *Овсепян А.А., Гамбарян Л.Р., Оганесян Р.О., Гусев Е.С.* Планктонные водоросли озера Севан. В кн. Экология озера Севан в период повышения его уровня. Результаты исследований Российско-Армянской биологической экспедиции по гидроэкологическому обследованию озера Севан (Армения) (2005–2009 гг.). Махачкала: Наука ДНЦ, 2010. С. 90–104.
27. Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России. Т. 1. Зоопланктон. М.: Тов-во научн. изд. КМК, 2010. 495 с.
28. *Прошкина-Лавренко А.И., Макарова И.В.* Водоросли Каспийского моря. Л.: Наука, 1968. 205 с.
29. *Садчиков А.П.* Планктология. Курс лекций. Ч. 1. Трофические и метаболические взаимоотношения. М.: МАКС-Пресс, 2007. 240 с.
30. *Симонян А.А.* Зоопланктон озера Севан. Ереван: Изд-во АН Армении, 1991. 299 с.
31. *Суценья Л.М.* Количественные закономерности питания ракообразных. Минск: Наука и Техника, 1975. 208 с.
32. *Фенева И.Ю., Разлуцкий В.И., Палаши А.Л.* Экспериментальное изучение влияния хищничества и конкуренции на видовую структуру сообществ ветвистосых ракообразных // Биол. внутр. вод. 2007. № 3. С. 41–47.
33. *Царенко П.М.* Краткий определитель хлорококковых водорослей Украинской ССР. Киев: Наукова Думка, 1990. 206 с.
34. *Andersson G., Berggren H., Skonbergi G., Gelin C.* Effects of planktivorous and benthivorous fish on organisms and water chemistry in eutrophic lakes // *Hydrobiologia*. 1978. V. 59. P. 9–15.
35. *Bartell S.M., Kitchell J.F.* Seasonal impact of planktivory on phosphorus release by Lake Wingra zooplankton // *Verh. Int. Ver. Theoret. Angew. Limnol.* 1978. V. 20. P. 466–474.
36. *Benndorf J.* Food web manipulation without nutrient control - a useful strategy in lake restoration // *Schweiz. Z. Hydrol.* 1987. V. 49. P. 237–248.
37. *Brooks J.L., Dodson S.I.* Predation, body size, and composition of plankton // *Science*. 1965. V. 150. P. 28–35.
38. *Gliwicz Z.M.* Effect of zooplankton grazing on photosynthetic activity and composition of phytoplankton // *Verh. Int. Ver. Theoret. Angew. Limnol.* Bd. 19, Part 2. Stuttgart, 1975. P. 1490–1497.
39. *Hrbáček J.* Species composition and the amount of zooplankton in relation to the fish stock // *Rozpr. Česk. Akad.* 1962. Ved 72 (10). 116 p.
40. *Hrbáček J., Dvorakova M., Korinek V., Prochazkova L.* Demonstration of the effect of the fish stock on the species composition of zooplankton and the intensity of metabolism of the whole plankton assemblage // *Verh. Int. Ver. Theoret. Angew. Limnol.* 1961. V. 14. P. 192–195.
41. *Lynch M., Shapiro J.* Predation, Enrichment, and Phytoplankton Community Structure // *Limnology and Oceanography*. 1981. V. 26, No. 1. P. 86–102.
42. *Peters R.H.* Orthophosphate turnover in central European lakes // *Memorie dell' Instituto Italiano di Idrobiologia*. 1975. V. 32. P. 297–311.
43. *Porter K.G., Feig Y.S.* The use of DAPI for identifying and counting aquatic microflora // *Limnol. Oceanogr.* 1980. V. 25, № 5. P. 943–948.
44. *Ruttner-Kolisko A.* Suggestions for biomass calculation of plankton rotifers // *Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol.* Struttgart, 1977. Bd. 8. S. 71–76.
45. *Shapiro J., Lammara V., Lynch M.* Biomanipulation: an ecosystem approach to lake restoration // *Biomanipulation: an ecosystem approach to lake restoration*. Limnology Research Centre, University of Minnesota, 1975. V. 143. P. 1–32.
46. *Shapiro J., Wright D.I.* Lake restoration by biomanipulation // *Freshwater Biol.* 1984. V. 14. P. 371–383.
47. *Smirnov N.N.* The complex of crustacean remains in sediments of Lake Sevan, Armenia // *Arthropoda Selecta*. 1999. V. 8(1). P. 73–77.
48. *Streble H., Krauter D.* Das Leben im Wassertropfen. Stuttgart: Kosmos, 2001. 415 p.
49. *Stenson J., Bohlin T., Henrikson L., Nilsson B-I., Nyman H.G., Oscarson H.G., Larsson P.* Effects of fish removal from a small lake // *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 1978. V. 20. P. 794–801.
50. *Weers E.T., Zaret T.M.* Grazing effects on nanoplankton in Gatun Lake, Panama // *Verh. Int. Ver. Theoret. Angew. Limnol.* 1975. Bd. 19. P. 1480–1483.

---

**PLANKTON IN PELAGIC ZONE OF LAKE SEVAN (ARMENIA) IN CASE OF LOW DENSITY OF FISH AND AN INCREASE IN WATER LEVEL**

© 2013 A.V. Krylov<sup>1</sup>, A.V. Romanenko<sup>1</sup>, A.A. Ovsepyan<sup>2</sup>,  
A.A. Nikogosyan<sup>2</sup>, A. Hayrapetyan<sup>2</sup>, Yu.V. Gerasimov<sup>1</sup>, M.I. Malin<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institute for Biology of Inland Waters RAS, Borok

<sup>2</sup>Institute of Hydroecology and Ichthyology, NAS Armenia

Raising water level and decreasing regulation through the fish promoted occurrence and massive development in two species of cladocerans in plankton — *Diaphanosoma brachyurum* Lievin и *Daphnia (Ctenodaphnia) magna* Straus of high mountain Lake Sevan, and their maximum quantity and biomass were registered in 2012. Increase in the water transparency, reduction in the quantity and the biomass of phyto- and bacterioplankton, increase in the proportion of blue-green algae in the planktonic algae composition, increase in the total biomass of zooplankton, decrease in the diversity and biomass of rotifers was also observed. All of these changes may have been conditioned by the influence of the bioactivity of Cladoceras.

**Key words:** high mountain lake, water level, zooplankton, phytoplankton, bacterioplankton, cladocerans, crustaceans, abundance, biomass, species diversity.

---

*Krylov Aleksandr*, Doctor of Biology, Professor, krylov@ibiw.yaroslavl.ru; *Romanenko Anna*, Candidate of Biology, senior scientist, roma@ibiw.yaroslavl.ru; *Ovsepyan Anahit*, scientific officer, asterionella@rambler.ru; *Nikogosyan Armenuhy*, Candidate of Biology, senior scientist, armenuhyn@rambler.ru; *Hayrapetyan Armine*, Candidate of Biology, scientific officer, armmino@yandex.ru; *Gerasimov Yurii*, Doctor of Biology, Professor, gu@ibiw.yaroslavl.ru; *Malin Michail*, junior scientific officer, mishuk@ibiw.yaroslavl.ru