

УДК 574. 583.53

## **Состояние и развитие фито- и зоопланктона нижнего участка Ангары, прогноз формирования планктона в Богучанском водохранилище**

**Н.Г. Шевелева\*, С.С. Воробьева**

*Лимнологический институт СО РАН  
Россия 364033, Иркутск, ул. Улан-Баторская, 3<sup>1</sup>*

Received 9.09.2009, received in revised form 16.09.2009, accepted 23.09.2009

---

*Представлены материалы многолетних (1977-2007 гг.) экспедиционных исследований, дана характеристика фито- и зоопланктона приплотинной части верхнего бьефа Усть-Илимского водохранилища и нижнего участка Ангары. Приводятся сведения о видовом составе, развитии, пространственном распределении планктона и качестве воды на участке реки в ложе будущего Богучанского водохранилища. На основании аналога (Усть-Илимского водохранилища) делается прогноз качественных и количественных показателей фито- и зоопланктона, этапов формирования планктона при зарегулировании Ангары плотиной Богучанской ГЭС.*

*Ключевые слова:* р. Ангара, Богучанское водохранилище, прогноз, фитопланктон, зоопланктон.

---

### **Введение**

В настоящее время Ангара представляет собой каскад водохранилищ, в состав которого входят Иркутское, Братское, Усть-Илимское, строится плотина Богучанской ГЭС. Гидробиологические исследования на водохранилищах проводятся с момента их наполнения, т.е. более 50 лет, и к настоящему времени накоплено много данных о составе и обилии их гидробионтов на разных этапах формирования (Башарова, Шевелева, 1993; Васильева, Кожова, 1960, 1963; Воробьева, 1987, 1995; Кожова, 1975, 1978; Кожова и др., 1980). Для планирования мероприятий по рациональной эксплуатации и охране бу-

дующих водохранилищ необходим прогноз их биологического режима, в том числе прогноз формирования фито- и зоопланктона как компонентов экосистемы, играющих существенную роль в самоочищении водоема и создании кормовой базы рыб.

### **Материал и методы исследования**

Материалом для работы послужили проведенные авторами сборы фитопланктона в 1977, 1983-1985, 1992, 2002, 2007 гг. и зоопланктона в 1984, 2002, 2006-2007 гг. Пробы планктона собрали в разные сезоны года на 11-14 створах реки протяженностью 375 км ниже плотины Усть-Илимской ГЭС. В 2006 г.

---

\* Corresponding author E-mail address: shevn@lin.irk.ru

<sup>1</sup> © Siberian Federal University. All rights reserved

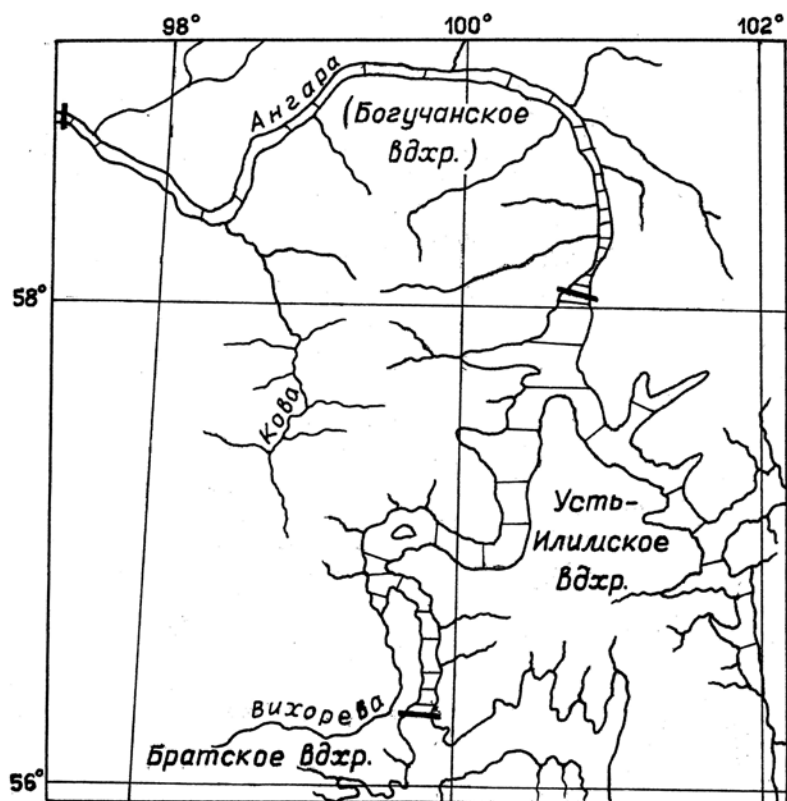


Рис. 1. Карта-схема расположения створов на Усть-Илимском, Богучанском водохранилищах и реке Ангаре

зоопланктон исследовался на отрезке Ангары от плотины Усть-Илимской ГЭС до устья реки (рис. 1). Зоопланктон собирали сетью Джели с диаметром входного отверстия 20 см, размер ячеей 125 мкм. Пробы планктона обрабатывали по общепринятым в гидробиологии методикам (Гусева, 1959; Киселев, 1969). Индексы сапробности вод различных участков р. Ангары рассчитывали по методу Пантле и Букка в модификации Сладечека (Sladecsek, 1973, 1983; Унифицированные ..., 1975, 1977).

### Результаты

Исследования, проведенные на участке р. Ангары в районе Богучанского водохранилища, показали, что видовой состав фитопланктона разнообразен. Зарегистрированы 236 таксонов планктонных водорослей, их состав

аналогичен с таковым средней Ангары до зарегулирования Усть-Илимской ГЭС – 252 (Воробьева, 1995). На первом месте по разнообразию видов стоят зеленые (46,6 %), затем диатомовые (25,4 %) и синезеленые (11 %). Однако же основная роль в формировании биомассы фитопланктона принадлежит диатомовым, составляющим за период открытой воды 74 (72-75 %) от общей биомассы, при участии синезеленых 9 (2-16 %) и динофитовых с криптофитовыми 13 (7-20 %). В доминирующий комплекс вошли виды, характерные для Усть-Илимского водохранилища, из диатомовых это: *Stephanodiscus minutulus* (Kutz.) Cleve et Moller, *Aulacoseira islandica* (O. Mull.) Sim., *A. granulata* (Ehr.) Sim., *Asterionella formosa* Hass., *Fragilaria crotonensis* Kitt., *Tabellaria fenestrata* (Lungb.) Kutz.; из синезеленых: *Aphanizomenon flos-aquae* (L.) Ralfs; криптофи-

Таблица 1. Численность (N, тыс. кл/л), биомасса (B, мг/м<sup>3</sup>), число видов (n) фитопланктона и индексы сапробности (S) на станциях речного участка в районе Богучанского водохранилища

Год, месяц	N	B	n	S
2007, май	519-1610	341-541	20-31	2,35-2,62
1984, июнь	96-2006	26-665	8-21	1,70-2,45
1985, июнь	38-9578	15-199	7-16	1,89-3,11
1984, июль	118-4522	86-1597	18-28	1,86-2,70
1985, июль	63-267	95-291	14-26	1,51-2,02
1983, август	23-517	31-437	8-26	1,51-1,99
1992, август	123-7380	10-685	6-23	1,47-1,90
1977, сентябрь	87-548	67-353	17-42	1,73-2,09
1984, сентябрь	269-2016	83-554	16-43	1,54-1,92
1985, сентябрь	78-280	89-310	18-31	1,46-1,91
2002, сентябрь	103-907	73-868	17-40	2,16-2,75

товых: *Chroomonas acuta* Uterm., *Rhodomonas pusilla* (Bachm.) Javorn., *Cryptomonas marssonii* Skuja; динофитовых: *Gymnodinium coeruleum* Ant., *Peridinium aciculiferum* f. *Inerme* (Lemm.) Wolosz.

Весной и осенью, при интенсивном развитии водорослей в приплотинном участке Усть-Илимского водохранилища, в нижний бьеф поступают воды, богатые водорослями. Исследования в верхнем бьефе водохранилища установили, что качественные и количественные показатели фитопланктона изменяются в течение сезонов и в многолетнем аспекте (Воробьева, 1995). Весной во время гомотермии, при заметном развитии *S. minutulus*, в нижнем бьефе отмечаются высокие его концентрации. В осенний период регистрируются повышенные концентрации синезеленых водорослей, что также связано с поступлением их со стоком из вышерасположенного водохранилища. Сходная картина наблюдалась на участке реки до зарегулирования средней Ангары Усть-Илимской ГЭС (Воробьева, 1995). В летний период количественные показатели фитопланктона и его состав в реке варьировали в большем диапазоне, чем весной и осенью (табл. 1)

Средняя биомасса водорослей в эти годы за сезон не превышала 1 г/м<sup>3</sup>, весной обилие достигало 0,41-0,80 млн кл/л и 0,14-0,29 г/м<sup>3</sup>, летом – 0,19-0,82 млн кл/л и 0,18-0,44 г/м<sup>3</sup>, осенью – 0,17-0,94 млн кл/л и 0,17-0,26 г/м<sup>3</sup>. За вегетационный период (0,41-0,80 млн, кл/л и 0,14-0,30 г/м<sup>3</sup>) эти показатели близки к таковым Средней Ангары до зарегулирования реки (Воробьева, 1987). Присутствовали байкальские эндемики (*Aulacoseira baicalensis* (K. Meyer) Sim., *Cyclotella minuta* (Skv.) Ant., *C. baicalensis* (K. Meyer) Skv., их частота встречаемости не превышала 8 %. Зеленые водоросли (виды родов *Chlamydomonas*, *Scenedesmus*, *Monoraphidium*) чаще наблюдались ниже впадения притоков и в районах, подверженных антропогенному влиянию. Отмечалась высокая численность донных организмов (0,2-0,9 млн кл/л), обусловленная высокими скоростями течения. Это представители родов: *Diatoma*, *Fragilaria*, *Gomphonema*, *Cymbella*, *Cocconeis*, *Synedra*, *Nitzschia*, *Navicula*, *Amphora*. Фитопланктон характеризовался крайне неравномерным распределением по длине реки. Отмечалось как увеличение обилия вниз по течению, так и уменьшение (табл. 2). На речном участке Нижней Ангары

Таблица 2. Распределение численности (N, тыс. кл/л) и биомассы (B, мг/м<sup>3</sup>) фитопланктона на участке р. Ангары ниже плотины Усть-Илимской ГЭС в 1984 г.

Створы	Июнь		Июль		Сентябрь	
	N	B	N	B	N	B
0,5 км ниже плотины Усть-Илимской ГЭС	537	177	350	189	2016	554
Устье р. Катывов	444	149	1841	542	1871	525
Сбросы, середина	96	49	197	113	1925	504
5 км ниже сбросов, середина	119	42	416	234	1523	383
10 км ниже сбросов, середина	97	25	244	147	1183	291
15 км ниже сбросов	160	124	207	113	1311	269
Тушама	169	220	206	167	1449	353
Едарма	652	248	118	86	874	202
Аксеново	111	69	294	226	667	193
Кежма	480	176	143	118	269	83
Парга	605	211	333	222	377	136
Курейская	791	225	822	356	411	168
Кова	1190	513	1255	512	490	133
Ерма	1584	539	1034	356	279	98
Проспихино	1500	473	1255	388	347	164
Кода	495	180	1100	335	700	198
Кодинск, выше плотины	2006	665	4522	1597	318	174

состояние планктона меняется довольно часто, колеблется число видов и обилие, изменяется соотношение доминирующих групп, что нарушает стабильность альгоценозов и уменьшает их способность к самоочищению. Известно, что планктон в реках с высокими скоростями течения носит транзитный характер, а устойчивые сообщества организмов формируются при малых скоростях.

Верхняя часть речного участка находится под влиянием стока Усть-Илимского водохранилища, а также промышленных и бытовых сбросов, о чем свидетельствует присутствие видов, характерных для вод, богатых органическим веществом, и очистных сооружений (бесцветные жгутиковые, виды рода *Chlamydomonas* из зеленых, виды родов *Oscillatoria*, *Phormidium* из синезеленых). Ранее (Воробьева, 1987) было отмечено, что на видовой состав фитопланктона и его распределение от плотины Усть-Илимской ГЭС

и до р. Едарма влиял сток из Усть-Илимского водохранилища, а ниже ее устья и до створа Богучанской ГЭС под влиянием других притоков происходило увеличение видового разнообразия и обилия планктона. В целом на речном участке (до плотины Богучанской ГЭС) сезонный ритм фитопланктона, видовой состав, обилие и распределение зависят от стока из вышерасположенного водохранилища и притоков Ангары.

Водоросли, благодаря высокой чувствительности к условиям окружающей среды, играют важную роль в биологическом анализе, который наряду с другими методами используется для оценки экологического состояния водоема и контроля качества воды. В составе фитопланктона за этот период наблюдений было обнаружено 100 таксонов водорослей, показателей той или иной степени сапробности воды. Согласно биологической шкале (ГОСТ., 1982) большинство видов  $\chi$ -

0- и  $\beta$ -мезосапробные организмы, но встречаются на некоторых участках и полисапробы. Структура фитоценозов и индексы сапробности варьировали в сезонном аспекте, отражая ход процессов самоочищения, протекающих в водоеме (см. табл.1). Более высокие индексы отмечались весной, чем летом и осенью. Судя по составу водорослей, индексам сапробности (1.46-3.11), чистота воды на речном участке в разные сезоны и годы исследования изменялась и соответствовала (Жукинский и др., 1981; ГОСТ..., 1982) II-IV классам качества (воды чистые, умеренно загрязненные, загрязненные).

Видовой состав зоопланктона реки Ангары ниже плотины Усть-Илимской ГЭС представлен 60 видами, в том числе 35 коловраток, 13 ветвистоусых и 12 веслоногих (табл. 3). Наибольшее разнообразие отмечено на отрезке реки протяженностью 350-400 км, т.е. до створа плотины Богучанской ГЭС. Так на этом участке в реке зарегистрировано 56 видов, из них 32 коловраток, 11 веслоногих и 13 ветвистоусых (табл. 3). Основной комплекс по численности и биомассе зоопланктона нижнего бьефа представлен тем же ядром, что и в приплотинной части вышерасположенного водохранилища. Доминирующее ядро в течение года составляют планктонные ракообразные и панцирные коловратки (*Mesocyclops leuckarti*, *Cyclops kolensis*, *Keratella cochlearis*, *K. quadrata*). В зависимости от сезона года (летне-осенний период) в доминирующее ядро входят из ветвистоусых *Bosmina crassicornis*, *Daphnia galeata*.

Из байкальских эндемиков в потамопланктоне круглый год отмечается *Harpacticella inopinata*. Эндемичные коловратки (*Notholca grandis*, *N. olchonensis*, *Euchlanis ligulata*) и бентосная хидорида *Alona setosocaudata* присутствовали только в весенний период. Байкальский эндемик *Epischura baicalensis*, вхо-

дящий в доминирующее ядро зоопланктона в Иркутском (Васильева, 1964; Васильева, Кожова, 1960; Башарова, Шевелева, 1995) и составляющий от 40 до 90 % численности и биомассы в Братском водохранилищах, в 2002-2006 гг. в приплотинной части Усть-Илимского водохранилища отсутствовал. *E. baicalensis* в небольших количествах отмечался в 1983 г. лишь в приплотинной части. От плотины вниз по течению реки видовой состав зоопланктона уменьшается и изменяется состав доминирующего комплекса. Большие скорости течения губительно действуют на беспанцирных коловраток и ракообразных, в основном планктонных ветвистоусых. К устью реки в планктоне остаются только 12 видов коловраток, по 8 ветвистоусых и веслоногих ракообразных (табл. 3). Нами были обследованы устьевые участки притоков Ангары – Кода и Мура. Зоопланктон этих притоков в основном представлен коловратками *Trichotria truncatum*, *Trichocerca cylindrica*, *Euchlanis deflexa*, *Eu. lyra*, *Eu. dilatata*, *Lecane luna*, *K. cochlearis*, *Synchaeta* sp., численность коловраток в устье рек колебалась от 1,15 до 2,26 тыс. экз/м<sup>3</sup>, при общей 3-5 тыс. экз м<sup>3</sup>. Количество зоопланктона, как правило, уменьшается к устью Ангары (табл. 4), но на некоторых створах, таких как Едарма и Запорожная (июль 2006 г.), отмечаются повышенные значения численности по сравнению с расположенными выше створами. Такая вспышка обилия зоопланктона носит временный характер и объясняется обогащением ангарского планктона притоками.

Зоопланктон приплотинной части водохранилища представлен в основном планктонными видами, среди которых большее разнообразие приходится на коловраток. Доминирующее ядро по численности и биомассе во все сезоны года составляли ракообразные, среди которых большая численность прихо-

Таблица 3. Видовой состав зоопланктона нижнего участка р. Ангары

Вид	1984 г.			2002-2007 гг.		
	июнь	июль	сент.	май	июль	сент.
1	2	3	4	5	6	7
<i>Bdelloidae sp.</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Conochilus hippocrepis</i> (Schrank)	-	+	-	-	-	-
<i>C. unicornis</i> Rousselet	+	+	-	-	+	+
<i>F. terminalis</i> (Plate)	-	-	+	-	-	+
<i>Lecane bulla</i> (Gosse)	-	-	+	+	+	+
<i>L. luna</i> (Muller)	-	-	-	+	+	+
<i>L. lunaris</i> (Ehrenberg)	-	-	+	+	+	+
<i>L. unguata</i> (Ehrenberg)	-	-	-	-	+	-
<i>Euchlanis deflexa</i> Gosse	-	+	+	-	-	-
<i>E. dilatata</i> Ehrenberg	-	+	+	-	+	+
<i>E. ligulata</i> Kutikova	-	-	-	-	+	+
<i>E. lyra</i> Hudson	-	-	-	-	+	+
<i>Keratella cochlearis</i> (Gosse)	-	+	+	+	+	+
<i>K. quadrata</i> (Muller)	+	+	+	+	+	+
<i>Kellicottia longispina</i> (Kellicott)	+	+	+	+	+	+
<i>Notholca acuminata</i> (Ehrenberg)	-	+	+	-	-	-
<i>N. grandis</i> Voronkov	+	+	-	+	-	-
<i>N. intermedia</i> Voronkov	-	-	-	+	-	-
<i>N. labis</i> Gosse	-	-	-	-	+	+
<i>N. lamellifera</i> Vassiljeva et Kutikova	+	+	+	-	-	-
<i>N. olchonensis</i> Tichomirov	+	-	-	+	-	-
<i>N. squamula</i> (Muller)	-	-	+	-	+	+
<i>Trichotria curta</i> (Skorikov)	-	-	-	-	+	+
<i>T. truncata</i> (Whitelegge, 1889)	-	-	-	-	-	+
<i>T. pocillum</i> (Muller)	-	-	+	-	+	-
<i>Lepadella ovalis</i> (Muller)	-	-	-	-	-	+
<i>Cephalodella gibba</i> (Ehrenberg)	-	-	-	-	+	+
<i>Trichocerca cylindrica</i> (Imhof)	-	+	+	-	+	+
<i>Synchaeta pectinata</i> (Ehrenberg)	+	+	+	+	+	+
<i>S. oblonga</i> (Ehrenberg)	-	+	+	-	-	+
<i>S. stylata</i> Wierzejski	+	+	-	-	-	+
<i>Polyarthra dolichoptera</i> Idelson	-	-	+	+	+	+
<i>P. major</i> Burckhardt	+	+	+	-	+	+
<i>Asplanchna herricki</i> Guerne	-	-	-	-	-	+
<i>A. priodonta</i> Gosse	+	+	+	-	+	+
<i>Daphnia cristata</i> Sars	-	+	-	-	-	+
<i>D. galeata</i> Sars	+	+	+	+	+	+
<i>Eurycercus lamellatus</i> (Muller)	-	-	-	-	-	+
<i>Graptoleberis testudinaria</i> (Fisher)	-	-	+	-	-	-
<i>Chydorus sphaericus</i> (Muller)	+	+	+	+	+	+

Продолжение табл. 3

1	2	3	4	5	6	7
<i>A. quadrangularis</i> (Muller)	-	+	-	-	-	+
<i>A. setosocaudata</i> Vasiljeva et Smirnov	-	-	-	-	-	+
<i>Alonella excisa</i> (Fischer)	-	-	-	-	-	+
<i>Disparalona rostrata</i> (Koch)	-	-	-	-	+	-
<i>Monospilus dispar</i> Sars	-	-	-	-	+	-
<i>Bosmina crassicornis</i> (Lilljeborg)	-	-	-	-	+	+
<i>B. longirostris</i> (Muller)	+	+	+	+	+	+
<i>Leptodora kindti</i> (Focke)	-	-	+	-	-	-
<i>Epischura baicalensis</i> Sars	-	-	+	-	-	+
<i>Eudiaptomus graciloides</i> (Lilljeborg)	+	+	+	+	+	+
<i>Heterocope appendiculata</i> Sars	-	+	-	-	-	-
<i>Macrocyclus albidus</i> (Jurine)	-	-	-	-	-	+
<i>Eucyclops serrulatus</i> (Fischer)	+	-	-	-	+	+
<i>Paracyclops fimbriatus</i> (Fischer)	-	-	-	-	-	+
<i>Cyclops abyssorum</i> Sars	+	+	+	+	+	+
<i>C. kolensis</i> Lilljeborg	+	+	+	+	+	+
<i>Megacyclops viridis</i> (Jurine)	-	-	-	-	-	+
<i>Diacyclops bicuspidatus</i> (Claus)	-	+	-	-	-	+
<i>Mesocyclops leuckarti</i> (Claus)	-	-	+	+	+	+
<i>Harpacticella inopinata</i> Sars	+	+	+	+	+	+

дится на циклопов (*C. kolensis*, *C. abyssorum*, *Eudiaptomus graciloides*). Плотность теплолюбивого циклопа *M. leuckarti* в приплотинной части водохранилища равнялась 23 % от общей численности. Из группы ветвистоусых лидирующее место занимали *D. galeata* и *B. crassicornis*, а из группы коловраток *Kellicottia longispina*, виды рода *Asplanchna*. Этот же комплекс видов присутствует в нижнем бьефе, и в зависимости от сезона года тот или иной вид доминировал в реке (табл. 4). Первые десятки километров речной планктон представляет собой сток лимнофилов из Усть-Илимского водохранилища, при доминировании тех же видов, что и в водохранилище (табл. 5). Некоторые ракообразные транзитом достигают устья Ангары.

В составе зоопланктона реки обнаружены 63 вида беспозвоночных животных, показателей разной степени сапробности, из них

большая часть (63 %) составляют  $\chi$ -, 0- и 0- $\beta$ -мезосапробы. Индексы сапробности в разные сезоны года по длине реки колебались от 0,92 до 1,58 (табл. 4). Динамика значений индекса видового разнообразия имела противоположную картину, большие ее значения отмечены против устьев притоков Ангары. Оценка степени загрязнения методом Пантле-Букка свидетельствует о том, что воды р. Ангары ниже плотины Усть-Илимской ГЭС характеризуются в основном как умеренно загрязненные (III класс), за исключением некоторых участков, где качество воды соответствует II классу (ГОСТ..., 1982).

### Обсуждение результатов

В настоящее время основным способом разработки биологического прогноза, по существу, служит метод аналогии. Выявляют аналог, исследуют биофонд и разрабатывают

Таблица 4. Распределение численности (N, тыс. экз/м<sup>3</sup>), индекса разнообразия (H) и индекса сапробности (S) зоопланктона на отрезке р. Ангары ниже плотины Усть-Илимской ГЭС

Створ	1984 г.		2006 г.		
	Июль (N)	Сентябрь (N)	Июль (N)	H	S
0,5 км ниже плотины Усть-Илимской ГЭС	7,9	4,1	0,63	2,4-2,5	1,5-1,57
Кеуль	4,47	4,20	0,67	2,4-2,57	1,5-1,7
о, Березовый	3,42	2,62	0,43	2,6-2,68	1,29-1,37
Едарма	0,42	1,05	4,43	2,4-2,42	1,54-1,56
Паново	0,27	0,32	0,43	1,94-2,0	1,28-1,30
Кежма	0,52	0,23	0,58	3,0-3,14	1,32-1,30
Парга	0,23	0,23	0,45	2,9-3,25	1,55-1,64
Запорожная	0,26	0,13	1,57	1,34-2,3	1,0-0,92
Кова	0,12	0,1	0,2	3,14-3,5	1,49-1,39
Рожкова	0,14	0,26	0,37	2,7-3,2	1,3-1,28
Перед плотиной Богучанской ГЭС	0,44	0,08	0,07	1,84-1,5	0,96-1,0
Артюгино	-*	-	0,56	2,73-3,0	1,07-1,0
Каменка	-	-	0,19	1,2-2,6	1,58-1,6
Устье Ангары	-	-	0,03	1,9	0,5

Примечание: \* – отсутствие данных.

Таблица 5. Доминирующий комплекс зоопланктона в приплотинной части верхнего и нижнего бьефов плотины Усть-Илимской ГЭС

Место отбора проб	Доминирующий комплекс (% от общей численности зоопланктона)		
	май	июль	сентябрь
Водохранилище, приплотинная часть верхнего бьефа	<i>C. kolensis</i> (94), <i>S. pectinata</i> (4)	<i>C. abyssorum</i> (19) <i>E. graciloides</i> (13) <i>D. galeata</i> (7) <i>B. crassicornis</i> (6) <i>K. longispina</i> (14) <i>A. priodonta</i> (10)	<i>M. leuckarti</i> (23) <i>E. graciloides</i> (17) <i>B. crassicornis</i> (4) <i>A. herricki</i> (30) <i>K. quadrata</i> (10)
0,5 км ниже плотины	<i>C. kolensis</i> (92) <i>K. longispina</i> (4)	<i>C. abyssorum</i> (25) <i>M. leuckarti</i> (15) <i>K. quadrata</i> (15) <i>B. crassicornis</i> (17)	<i>M. leuckarti</i> (56) <i>B. crassicornis</i> (6) <i>K. cochlearis</i> (10) <i>K. quadrata</i> (10)
10 км ниже плотины	<i>C. kolensis</i> (77) <i>S. pectinata</i> (3) <i>K. longispina</i> (3)	<i>C. abyssorum</i> (54) <i>B. crassicornis</i> (6) <i>D. galeata</i> (3) <i>K. quadrata</i> (14) <i>K. longispina</i> (8) <i>P. dolichoptera</i> (4)	<i>M. leuckarti</i> (55) <i>K. cochlearis</i> (11) <i>K. quadrata</i> (7) <i>P. major</i> (3)



прогноз его элементов с учетом прогнозных абиотических факторов, опираясь на установленные закономерности формирования биологического режима более или менее подобных водохранилищ (Жукинский и др., 1981; Шевелева, 1993; Лаврентьева, 1973; Кожова и др., 1980; Воробьева, 1995). За аналог Богучанского нами выбрано расположенное выше Усть-Илимское водохранилище в силу территориальной близости, сходства природно-климатических условий и близких морфометрических показателей водоемов. Имеющиеся данные по составу, распределению и обилию фито- и зоопланктона позволяют в определенной степени прогнозировать развитие отдельных элементов его экосистемы в Богучанском водохранилище. Зарегулирование стока приведет к изменению морфометрических, гидрологических, гидрохимических характеристик р. Ангары в районе будущего искусственного водоема. По аналогии с Ангарскими водохранилищами в новом водоеме с уменьшением проточности изменятся термический, газовый режимы. Затопленные лесные массивы, торфяники, сельскохозяйственные угодья обусловят высокие концентрации биогенных элементов, органического вещества. Все это скажется на качестве воды создаваемого водоема.

В процессе становления водохранилищ планктон проходит несколько этапов формирования: разрушение существующих ценозов, формирование новых, относительная стабилизация (Жадин, 1938; Шаларь, 1971; Кузьмин, 1974; Кожова, 1978; Воробьева, 1995). Фито- и зоопланктон р. Ангары, в будущем водохранилища, в своем развитии пройдет этапы, характерные при зарегулировании стока. В период наполнения водоема интенсивность развития планктонных организмов в большей степени будет зависеть от неоднородности химического состава воды,

который определяется характером затопленных почв. Наличие или отсутствие биофонда на затопляемой территории, мелководные или глубоководные участки, где разный температурный режим и содержание биогенных элементов, обусловят крайне неравномерное развитие и распределение планктона, его состав и обилие. Выделится нижний район, который отличается морфолого-морфометрическими особенностями, присутствием торфяников. Здесь ожидается большая мозаичность состава фито- и зоопланктона и разная интенсивность развития. Повышенные концентрации биогенных элементов могут вызвать «цветение» воды водорослями в теплый период на разных участках (до  $1000 \text{ г/м}^3$  и более – это локально, в пятнах «цветения»), что приведет к вторичному загрязнению. В придонном слое возможен дефицит кислорода или его полное отсутствие. Выделится также верхний участок, который находится под влиянием стока Усть-Илимского водохранилища, сбросов промышленных и бытовых. Видовой состав планктона, их развитие, в большей степени, станут определяться этими особенностями, поскольку качественные и количественные показатели в верхнем бьефе фитопланктона ( $0,5\text{-}5,4$  млн кл/л и  $0,3\text{-}1,2 \text{ г/м}^3$  – средние величины за период вегетации) и зоопланктона ( $30\text{-}40$  тыс. экз/м<sup>3</sup> и  $0,3\text{-}0,4 \text{ мг/м}^3$  за период открытой воды) изменяются по сезонам и годам. При нормальном подпорном уровне (НПУ) 185 м сохранятся значительные скорости течения, температурный режим будет отличаться от остальной акватории водоема, что определит меньшую интенсивность развития водорослей на этом участке. При НПУ 208 м с уменьшением скорости течения, увеличением температуры воды интенсивность развития повысится, и количественные показатели фитопланктона возрастут ( $200 \text{ г/м}^3$  и более – локально), что вызовет вторичное загрязне-

ние и дефицит кислорода. Таким образом, в период наполнения водоема ожидается резкое возрастание количественных показателей фито- и зоопланктона в теплый период времени (на один-два порядка) и медленный рост их весной и осенью. Видовой состав водорослей, беспозвоночных животных увеличится более чем в два раза за счет видов (зеленых, сине-зеленых, эвгленовых, коловраток, ветвистоусых) из районов затопления. Доминирующий комплекс может состоять из большого числа организмов, поскольку условия обитания на различных участках будут разные.

Во время созревания водохранилища животный и растительный планктон пройдет второй этап – формирование планктонного сообщества. Создадутся более устойчивые планктоценозы. Рост весенней, летней и осенней биомасс продолжится, но уже в медленном темпе. Резких колебаний количественных показателей планктона в межгодовом аспекте, как это будет наблюдаться в период наполнения водоема, не ожидается. В сезонном развитии водорослей, как и в период наполнения водохранилища, предполагается один пик – летний. Ожидается «цветение» воды (виды родов *Aphanizomenon*, *Anabaena*, *Microcystis*). В динамике обилия зоопланктона возможно наличие двух пиков численности, один пик создадут коловратки, другой, более поздний во времени, – ветвистоусые. Влияние затопленного ложа совместно с антропогенной нагрузкой будет продолжаться более длительное время, чем на Усть-Илимском водохранилище. Здесь скажутся более выраженная континентальность климата с длительным холодным периодом (270 дней), сроки заполнения водоема, скорости разложения органического вещества.

В период стабилизации водохранилища планктон вступит в третий этап – относительной стабилизации его сообщества. Ви-

довое разнообразие уменьшится, поскольку некоторые виды выпадут из планктона (изменяются условия их обитания). Сформируется постоянный доминирующий комплекс (12-16 видов фитопланктона и 7-9 видов зоопланктона), и определится он, в большей мере, стоком из Усть-Илимского водохранилища. Основная роль в формировании биомассы фитопланктона станет принадлежать диатомовым водорослям (виды родов *Fragilaria*, *Stephanodiscus*, *Aulacoseira*, *Asterionella*, *Tabellaria*) при значительном развитии сине-зеленых (виды родов *Aphanizomenon*, *Anabaena*, *Microcystis*), криптофитовых (виды родов *Cryptomonas*, *Chroomonas*, *Rhodomonas*) и динофитовых (виды родов *Ceratium*, *Peridinium*, *Gymnodinium*). Интенсивность развития сине-зеленых водорослей в теплый период будет меняться по годам в зависимости от климатических условий, антропогенной нагрузки и по уровню их развития образовавшийся водоем может приблизиться к Усть-Илимскому. Ожидается повторяемость сезонной динамики количественных показателей фитопланктона с годовым максимумом весной или летом. В первые годы стабилизации возможно некоторое снижение биомассы водорослей, но в дальнейшем за счет мощного развития весеннего фитопланктона (виды родов *Stephanodiscus*, *Aulacoseira*) биомасса превысит летнюю. Подобная картина наблюдалась в Братском и Усть-Илимском водохранилищах (Воробьева, 1995).

Доминирующее ядро биомассы зоопланктона в открытой части водохранилища составят веслоногие (*C. kolensis*, *M. leuckarti*, *E. graciloides*, *Heterocope appendiculata*), из ветвистоусых большая численность ожидается у *B. crassicornis*, *D. galeata*, *D. cristata*, *D. longiremisi*. Из коловраток лидирующую позицию займут планктонные виды *K. quadrata*, *K. cochlearis*, *K.*

*longispina*, *Asplanchna herricki*, *A. priodonta*. В зимне-весенний период в планктоне ожидается присутствие эндемичных коловраток *Notholca intermedia*, *N. grandis*, *Synchaeta pachypoda*. Не ясен вопрос о возможности натурализации в водохранилище выходца из Байкала *E. baicalensis*, хотя возможность попадания его сюда со стоком весьма вероятна. В заливах, образованных при затоплении русел рек, фауна беспозвоночных будет весьма разнообразна, главным образом за счет ветвистоусых, здесь возможно развитие таких ракообразных, как *Daphnia longiremis*, *Holopedium gibberum*, *Sida crystallina*, виды рода *Simocephalus*; *Eurycercus lamellatus*, *Diaphanosoma brachyurum*, *Chydorus sphaericus*.

Распределение планктона по акватории водоема предполагается неравномерным; богатым и своеобразным составом водорослей, коловраток, ракообразных и значительными биомассами выделяются заливы, мелководья, районы с повышенной антропогенной нагрузкой. Встречаемость байкальских эндемиков ожидается низкая. После зарегулирования Ангары плотиной Богучанской ГЭС нижний участок реки будет испытывать влияние стока из образовавшегося водохранилища и притоков реки. В настоящее время часть речного участка ниже плотины Богучанской ГЭС и до устья Ангары по количественным и качественным показателям планктона сравнима с таковыми характеристиками отрезка реки до зарегулирования плотинами Усть-Илимской и Богучанской ГЭС (Щур и др., 2005; Воробьева, 1987, 1995; Шевелева, 1993). Наблюдения за фито- и зоопланктоном, проведенные на Ангаре, показывают, что верхние участки водохранилищ испытывают сильное влияние стока, на остальной акватории формирование и развитие

планктона определяется внутриводоемными процессами.

Сроки формирования планктонного сообщества в водохранилищах различны и зависят от комплекса факторов. Главными из них являются: почвенно-климатические условия, морфометрические, гидрологические и гидрохимические особенности водоемов, время наполнения их и скорость разложения органического вещества, поступившего при затоплении, и др.

В Иркутском водохранилище фитопланктон сформировался за короткое время (< 10 лет), в Братском и Усть-Илимском – длительнее (> 10 лет), что обусловливается разным временем наполнения, продолжительным влиянием затопленного ложа со значительным запасом древесины, их глубоководностью и низкими температурами толщи вод (Кожова и др, 1980; Воробьева, 1995). В некоторых водохранилищах Волги фитопланктон полностью сформировался на 5-7-м или 15-20 году после зарегулирования (Кузьмин, 1974; Лаврентьева, 1973). Процесс стабилизации зоопланктона при НПУ 185 и 208 м продолжится в течение 20-25 лет, что связано с биотическими (жизненными циклами гидробионтов, вспышкой разнообразия и численности тонких фильтраторов в первые годы заполнения водохранилища) и абиотическими (сроками заполнения водохранилища; всплыванием торфяников; разложением травянистой растительности и органического вещества почвы; длительностью процесса разрушения затопленных лесов; распадом древесных остатков; становлением биотопов; сбросом сточных вод) факторами. Анализ материалов 60-летних работ на Рыбинском водохранилище показал, что стабилизация зоопланктонного комплекса в озеровидной части, а особенно на территории с затопленным лесом, было растянуто более чем на 20 лет (Авакян

и др., 2002). Многолетние исследования зоопланктона самого северного в России Хантайского водохранилища также показали, что на 30-м году его существования (Шевелева, 2005) зоопланктонное сообщество не было стабильным. Доминирующее ядро, видовой состав и показатели продуктивности резко изменялись во времени.

По уровню развития фито- и зоопланктона Богучанское водохранилище будет близко к Ангарской ветви Усть-Илимского. Возможно, средняя биомасса фитопланктона за период вегетации во время стабилизации водоема при НПУ 185 м составит 1,0-2,2 г/м<sup>3</sup>, зоопланктона 0,5-0,6 г/м<sup>3</sup>, при НПУ 208 м – 1,5-3,0 г/м<sup>3</sup> и 0,7- 0,9 г/м<sup>3</sup> соответственно. Следует ожидать, что это будет водоем мезотрофного типа с наличием эвтрофных участков.

### Заключение

Зарегулирование рек приводит к изменению условий существования планктона. На речном участке Нижней Ангары фитопланктон представлен 236 таксонами, с преобладанием зеленых, диатомовых и синезеленых. Доминирующий комплекс состоит из небольшого числа видов (10-12) и определяется стоком из Усть-Илимского водохранилища. Биомассу фитопланктона формируют, в основном, диатомовые водоросли. Количественные показатели водорослей изменяются в больших пределах (1-2 порядка). Сказывается влияние сточных вод (присутствуют виды-индикаторы органического загрязнения). Отмечается влияние притоков Ангары на планктон, ниже

впадения их происходит увеличение видового разнообразия и обилия. В заметном количестве присутствуют представители дна и обрастания, что обусловлено большими скоростями течения. Средняя численность и биомасса за период вегетации достигали 0,41-0,80 млн кл/л и 0,14-0,30 г/м<sup>3</sup>.

В зоопланктоне Нижней Ангары отмечено присутствие 60 видов, из которых коловратки составляют 56 %. Доминирующее ядро по численности и биомассе принадлежит лимнофилам, вынесенным из Усть-Илимского водохранилища. Численность и биомасса зоопланктона уменьшается от плотины Усть-Илимской ГЭС к устью реки (в 5-8 раз), также сокращается и его разнообразие.

Проведенные исследования на речном участке Ангары и в приплотинной части верхнего бьефа Усть-Илимского водохранилища позволили сделать заключение, что при формировании планктона Богучанского водохранилища его биофондом будет сток лимнофилов из водохранилища, водоросли, коловратки, ракообразные Ангары и придаточной системы. С зарегулированием реки и образованием водохранилища в планктоне произойдет увеличение видового состава более чем в 2 раза, количественные показатели увеличатся на 1-2 порядка. Ожидается «цветение» воды. Формирование планктона Богучанского водохранилища, самого северного в ангарском каскаде, станет проходить, по нашему мнению, аналогично Ангарской ветви Усть-Илимского водохранилища. Предположительно это будет водоем мезотрофного типа с эвтрофными участками.

### Список литературы

Авакян А.Б., Литвинов А.С., Ривьер И.К. (2002) Опыт 60-летней эксплуатации Рыбинского водохранилища. Водные ресурсы. 29: 5-16

Башарова Н.И., Шевелева Н.Г. (1993) Основные особенности формирования зоопланктона Ангаро-Енисейских водохранилищ. Гидробиол. журн. 29: 9-15

Башарова Н.И., Шевелева Н.Г. (1995) Зоопланктон и качество воды Иркутского водохранилища. Водные ресурсы. 22: 602-609

Васильева Г.Л. (1964) Некоторые итоги изучения зоопланктона Иркутского водохранилища в 1957-1962 гг. Биология Иркутского водохранилища. Тр. Лимнол. Ин-та. 11 (31): 135-176

Васильева Г.Л., Кожова О.М. (1960) Некоторые данные о бактерио-, фито- и зоопланктоне Иркутского водохранилища в годы его образования (1957-1958). Бюл. ин-та Биологии водохранилищ. 8-9: 6-8

Васильева Г.Л., Кожова О.М. (1963) Планктон Иркутского водохранилища. Труды ВГБО. 13: 25-55

Воробьева С.С. (1987) Фитопланктон. Биология Усть-Илимского водохранилища. Новосибирск: Наука, с. 8-82

Воробьева С.С. (1995) Фитопланктон водоемов Ангары. Новосибирск: Наука, 126 с.

ГОСТ 17.1.3.07 – 82. (1982) Охрана природы. Гидросфера. Правила контроля качества воды водоемов и водотоков. М.: Изд-во Гос. комитета СССР по стандартам.

Гусева К.А. (1959) К методике учета фитопланктона. Тр. ин-та биол. водохр. 5: 44-51

Жадин В.И. (1938) Формирование биологического режима водохранилищ. Успехи сов. биологии. 9: 98-114

Жукинский В.И., Оксий О.П., Олейник Г.М., Кошелева С.И. (1981) Принципы и опыт построения экологической классификации качества поверхностных вод суши. Гидробиол. журн. 12: 38-49.

Киселев И.А. (1969) Планктон морей и континентальных водоемов. Л.: Наука, 657 с.

Кожова О.М. (1978) Некоторые особенности формирования фитопланктона водохранилищ. Водные ресурсы. 3: 94-106

Кожова О.М. (1975) Гидробиологическая оценка среднего участка р. Ангары в районе Усть-Илимского водохранилища, прогноз его режима и некоторые практические рекомендации по его использованию. Вопросы прогнозирования биологического режима Усть-Илимского водохранилища. Иркутск, с. 42-75

Кожова О.М., Путятин Т.Н., Томилов А.А., Ербаева Э.А. (1980) Гидробиологический режим Ангаро-Енисейских водохранилищ. Методические аспекты прогнозирования природных явлений Сибири. Новосибирск: Наука, с. 13-23

Кузьмин Г.В. (1974) Современное состояние фитопланктона Волги. Вторая конференция по изучению водоемов бассейна Волги. «Волга-2». Борок, с. 85-94

Лаврентьева Г.М. (1973) Оценка степени стабилизации фитопланктона в водохранилищах волжского каскада (на примере Ивановского и Горьковского). Изв. Гос.НИОРХ. 84:184-187

Унифицированные методы исследования качества воды (1975). Методы биологического анализа вод. М.: Наука, 217 с.

Унифицированные методы исследования качества вод (1977). М.: Наука, Методы биологического анализа. Приложение 2: Атлас сапробных организмов. 277 с.

Шаларь В.М. (1971) Фитопланктон водохранилищ Молдавии. Кишинев: Штиинца, 203 с.

Шевелева Н.Г. (1993) Зоопланктон. Продукционно-гидробиологические исследования Енисея. Новосибирск, с. 85-136

Шевелева Н.Г. (2005) Современное состояние зоопланктона Хантайского водохранилища. Научные основы экологического мониторинга водохранилищ. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. Хабаровск, 28 февраля-3 марта 2005 г.. Хабаровск, с. 124-126

Щур Л.А., Лопатин В.Н. (2005) Оценка современного санитарно-экологического состояния воды нижней части р. Ангары (Красноярский край, Россия) по фитопланктону и микрофитоперифитону. Альгология 15: 286-301

Sladecsek V. (1973) System of water quality from biological point of view. Arch. Hydrobiol. Ergebnisse der Limnologie. Bd.7. 218 p.

Sladecsek V. (1983) Rotifers as indicators of water quality. Hydrobiologia 100: 169-201

## **State and Development of Phyto- and Zooplankton in Lower Reach of the Angara River: Prognosis for Forming Plankton in Boguchanskoe Reservoir**

**Natalya G. Sheveleva and Svetlana S. Vorobyeva**

*Limnological Institute SB RAS*

*3 Ulan-Batorskaya st., Irkutsk, 664033 Russia*

---

*Long-term data (1997-2007) on phyto- and zooplankton from the near-dam area of the head water of the Ust-Ilimskoye Reservoir and the Lower Angara River have been presented in this paper. Species composition, development and spatial distribution of plankton, as well as water quality have been analyzed in the area of the river bed of the future Boguchanskoye Reservoir. The prognosis of qualitative and quantitative characteristics of phyto- and zooplankton and stages of plankton formation after the damming of the Angara River by the Boguchanskaya Power Station has been made on the basis of the data obtained for the Ust-Ilimskoye Reservoir.*

*Keywords: the Angara River, Boguchanskoye Reservoir, prognosis, phytoplankton, zooplankton*

---