

3.1. Номер Проекта 13-05-00937

3.2. Название Проекта Особенности функционирования литоральных биоценозов крупного равнинного водохранилища Сибири в условиях сезонного регулирования уровня воды и высокой антропогенной нагрузки.

3.3. Коды классификатора, соответствующие содержанию фактически проделанной работы (в порядке значимости) 05-730, 05-731, 05-732, 04-170

3.4. Объявленные ранее цели Проекта на 2013 год

Цели проекта в 2013 г.:

– ретроспективный анализ и характеристика особенностей многолетней, годовой и сезонной динамики гидрологического, гидрохимического и гидробиологического режимов Новосибирского водохранилища за период его существования;

– гидрологические, гидрохимические и гидробиологические исследования Новосибирского водохранилища в три основные фазы, характеризующие его уровенный режим: весеннее половодье (максимальный уровень), летняя стабилизация (НПУ) и осенне-зимняя сработка (минимальный уровень)

3.5. Степень достижения поставленных в Проекте целей

Поставленные в 2013 г. на первом этапе проекта цели, включающие характеристику особенностей функционирования экосистемы Новосибирского водохранилища на основе ретроспективных данных, а также гидрологические, гидрохимические и гидробиологические исследования водохранилища в три основные фазы, характеризующие его уровенный режим, выполнены полностью.

3.6. Полученные в 2013 году важнейшие результаты

Новосибирское водохранилище – крупнейшее в Западной Сибири, создано в 1957-1959 гг. на р. Обь. Площадь акватории - 1089 км², полный объем – 8,8 км³; протяженность – около 180 км, максимальная ширина – 17 км, средняя глубина – 8,2 м. Водоохранилище осуществляет сезонное регулирование уровня воды (Подлипский, 1985).

Гидрологический режим. Основной приходной составляющей водного баланса Новосибирского водохранилища является сток рек, при этом преобладающая часть поступающей воды приходит через входной створ по р. Оби.

По характеру уровенного режима и величине уклонов водной поверхности водохранилище можно разделить на 2 зоны: нижнюю - зону малых уклонов и верхнюю - зону переменного подпора. Граница между ними не остается постоянной в течение года. Так, при сработке водохранилища до минимальных отметок граница находится ниже с. Завьялово. По мере наполнения водохранилища уклоны водной поверхности уменьшаются, граница между зонами смещается вверх и при подъеме уровня до отметки НПУ она располагается в районе села Спирино. Режим уровней в верховье водохранилища существенно отличается от таковых в его нижней части, В период половодья здесь наблюдается значительный подъем уровня воды. По мере движения от выклинивания подпора к плотине происходит распластывание паводочной волны.

Уровенный режим Новосибирского водохранилища в различные годы отличается как по продолжительности, так и по срокам начала и окончания его основных фаз (весеннее наполнение, летняя стабилизация уровня на отметках, близких к НПУ, осенне-зимняя сработка) и зависит от гидрологических особенностей года. По срокам наполнения водохранилища до НПУ, продолжительности стояния уровней на отметке НПУ и выше, сроках начала сработки выделяют три типа изменений колебания уровня (Медведева, 1981). Уровни первого типа достигают отметок НПУ в мае – начале июня. Обеспеченность стояния уровней на этих отметках от 55 до 99 дней. Начало сработки приходится на конец августа – сентябрь. Уровни второго типа достигают отметок НПУ в середине июня. Обеспеченность уровней на отметках НПУ и выше составляет от 115 до 214 дней. Сроки начала сработки приходятся на ноябрь – январь. К этому типу относятся все многоводные годы.

Для третьего типа сроки наполнения приходятся на конец июня – начало июля. Обеспеченность стояния уровней этого типа на отметках НПУ и выше – 13-47 дней. Начало сработки приходится на июнь – сентябрь. Сюда относятся все маловодные годы и ряд лет со средне водными условиями.

В течение последних 20 лет наблюдается значительное сокращение продолжительности стабилизации уровня воды на отметке НПУ. Длительность НПУ в отдельные годы была в 2-3 раза меньше среднемноголетней величины за 1959-2010 гг., составляющей 96 суток (табл. 1). Так в 2008 г. продолжительность составила 43, в 2009-2010 – 32, в 2012 – 30 суток.

Таблица 1

Продолжительность и даты начала и окончания фаз уровня режима Новосибирского водохранилища в 2008-2013 годах и среднемноголетние показатели за 1959-2010 гг.

Год	Дата начала наполнения водохранилища	Дата достижения НПУ	Продолжительность наполнения, сут	Интенсивность наполнения, см/сут	Общая продолжительность стояния и превышения уровня НПУ, сут	Дата начала сработки НПУ
1	2	3	4	5	6	7
2008	13 апреля	1 июля	67	6,93	43	7 ноября
2009	14 апреля	22 июня	69	7,10	32	14 декабря
2010	15 апреля	11 июля	88	5,86	32	9 сентября
2011	13 апреля	10 мая	28	17,86	67	16 июля
2012	12 апреля	12 июля	50	8,20	30	9 ноября
2013	13 апреля	7 июля	86	6,22		
Среднее за 1959-2010 гг.	17 апреля	14 июня	59	10,13	96	2 октября

Поскольку водохранилище осуществляет сезонное регулирование, то в годовом гидрологическом цикле приходная и расходная составляющие водного баланса взаимно себя компенсируют. Накопленные в весенне-летний период запасы воды расходуются затем в течение последующей осенне-зимней сработки.

Анализ многолетней, годовой и сезонной динамики гидрологического режима Новосибирского водохранилища показал, что за период его эксплуатации (1959-2013 гг.) маловодными были 24 года, многоводными – 16 лет, остальные – относились к средне водным годам (табл. 2). Отмечена тенденция к увеличению повторяемости маловодных лет и проявлению маловодных циклов, состоящих из 2-3 и 4 лет, а также уменьшению водности весеннего сезона. В многолетнем разрезе происходит постоянное снижение среднегодовой величины водности.

Таблица 2

Годовые и сезонные коэффициенты водности притока и сбросов Новосибирского водохранилища за период 2000-2013 гг. и в экстремальные по водности годы

Годы	Коэффициенты водности				
	Год	Весна	Лето	Осень	Зима

		IV-VI	VII-VIII	IX-XI	XII, I-III
Приток					
2013 – многоводный		1,16	1,58		1,49
2012– самый маловодный	0,63	0,51	0,67	0,89	0,77
2011 – маловодный	0,79	0,85	0,73	0,62	1,04
2010 – многоводный	1,24	1,16	1,61	0,95	1,50
2009 – средневодный	1,04	0,87	1,03	1,48	0,90
2008 – очень маловодный	0,73	0,71	0,55	0,99	0,88
2007 – средневодный	0,97	1,05	0,92	0,72	1,07
2006 – средневодный	1,14	1,14	1,10	1,27	0,92
2005 – средневодный	0,96	0,94	1,01	1,01	0,91
2004– средневодный	1,03	1,14	0,96	0,84	0,98
2003 – маловодный	0,82	0,80	0,84	0,80	1,01
2002 – средневодный	1,02	0,94	1,20	1,06	1,03
2001 – многоводный	1,13	1,24	1,06	0,99	0,99
2000 – средневодный	0,98	0,98	1,06	0,89	1,00
Экстремальные годы					
1974 – очень маловодный	0,73	0,78	0,52	0,81	0,94
1981 – очень маловодный	0,73	0,77	0,59	0,79	0,92
1966– очень многоводный	1,32	1,71	1,06	0,64	1,03
1969 – самый многоводный	1,46	1,63	1,31	1,40	0,81
Сброс					
2013 – многоводный		1,21	1,60		1,01
2012– самый маловодный	0,62	0,40	0,66	0,88	0,84
2011 – маловодный	0,84	0,87	0,75	0,77	1,06
2010 – многоводный	1,28	1,24	1,66	0,93	1,40
2009 – средневодный	1,06	0,91	1,07	1,33	1,00
2008 – очень маловодный	0,75	0,67	0,60	1,12	0,91
2007 – средневодный	1,03	1,08	0,98	0,83	1,17
2006 – средневодный	1,10	1,06	1,06	1,09	1,00
2005 – средневодный	0,93	0,87	0,94	0,98	1,01
2004– средневодный	1,03	1,16	0,91	0,86	1,02
2003 – маловодный	0,82	0,75	0,78	0,83	1,09
2002 – средневодный	1,02	0,92	1,13	1,03	1,21
2001 – многоводный	1,11	1,28	1,00	0,88	0,99
2000 – средневодный	0,95	0,94	0,98	0,81	1,17
Экстремальные годы					
1974 – очень маловодный	0,74	0,76	0,60	0,77	0,83
1981 – очень маловодный	0,75	0,69	0,61	0,95	0,90
1966 – очень многоводный	1,41	1,69	1,52	0,84	1,13
1969 – самый многоводный	1,48	1,78	1,31	1,39	0,84

Сработка уровня воды ниже УМО перед весенним наполнением водохранилища наблюдалась в 36 годах из 53 нормальной эксплуатации водохранилища. В начальный период существования водохранилища понижение уровня воды ниже УМО (кроме экстремально маловодного периода 1981-1982 гг.) носило эпизодический характер, в последнее время происходит практически ежегодно. В Новосибирском водохранилище площадь ежегодно осушаемой зоны при проектной сработке уровня в 5 м составляет 350 км² (33,6 % акватории) (Визер, 2011). Сработка уровня приводит к осушению больших площадей,

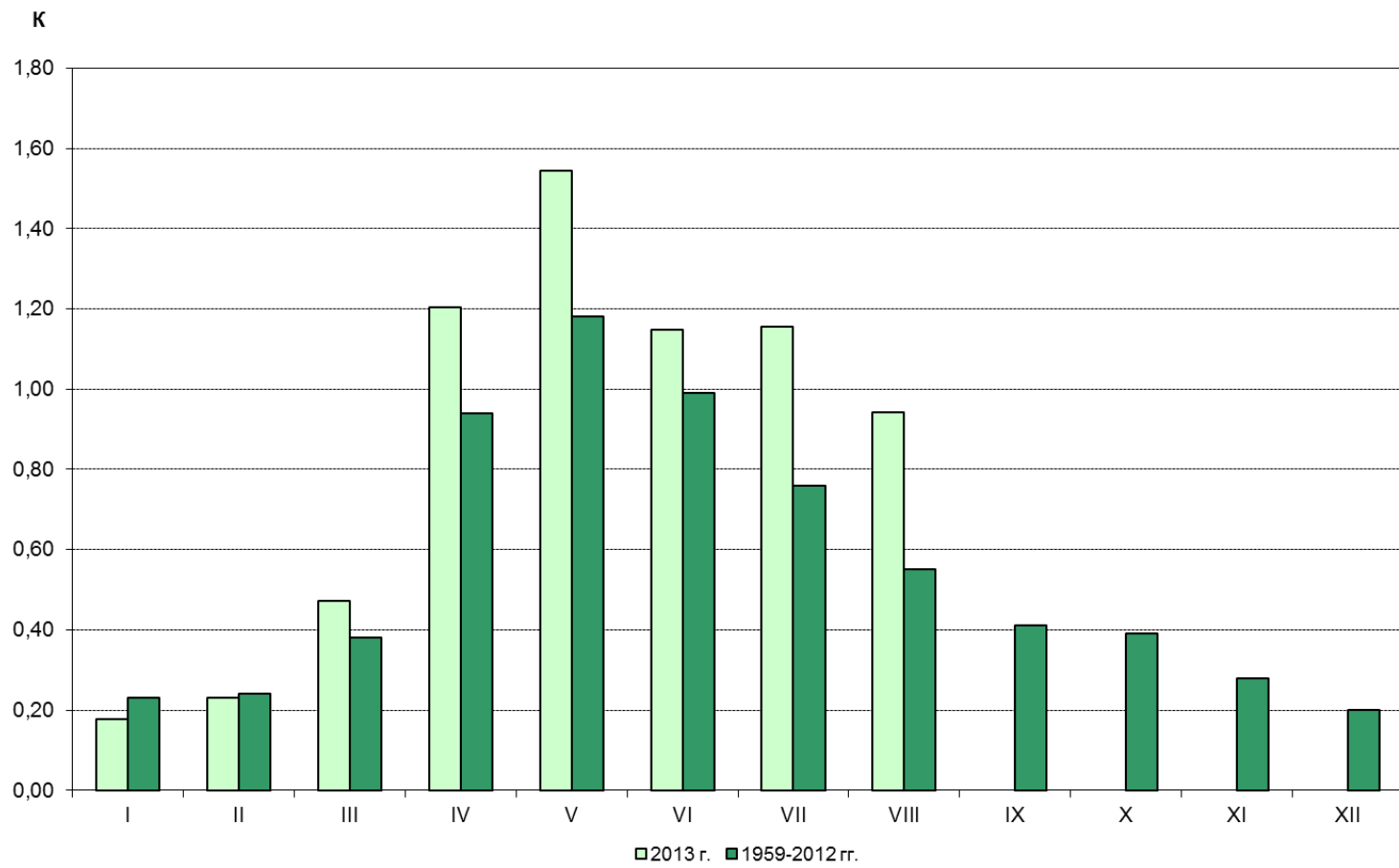
которые в затопленном состоянии служат местом обитания литоральных гидробионтов, произрастания растительности и нагула рыб.

В последние годы происходит уменьшение коэффициентов водообмена в водохранилище за весенние сезоны и в целом за год. Самым маловодным оказался 2012 год, при этом по отдельным параметрам – самым экстремальным за весь период эксплуатации водохранилища (табл. 3).

Гидрологический режим водохранилища за период зимне-весенней сработки уровня воды в 2013 г. характеризовался близким к среднемноголетним величинам, с его понижением ниже УМО на 37 см (низшая отметка – 108,13 м БС). Режим наполнения водохранилища несколько растянулся по времени в связи с повышенной водностью и в целях предотвращения негативных последствий в нижнем бьефе гидроузла. Среднемноголетняя дата достижения НПУ водохранилища – 13 июня, в 2013 г. НПУ было достигнуто к 7 июля (рис. 1). Характерной особенностью периода наполнения Новосибирского водохранилища в 2013 г., было регулирование уровня водохранилища сбросами воды через водосливную плотину ГЭС, продолжавшимися все 9 месяцев.

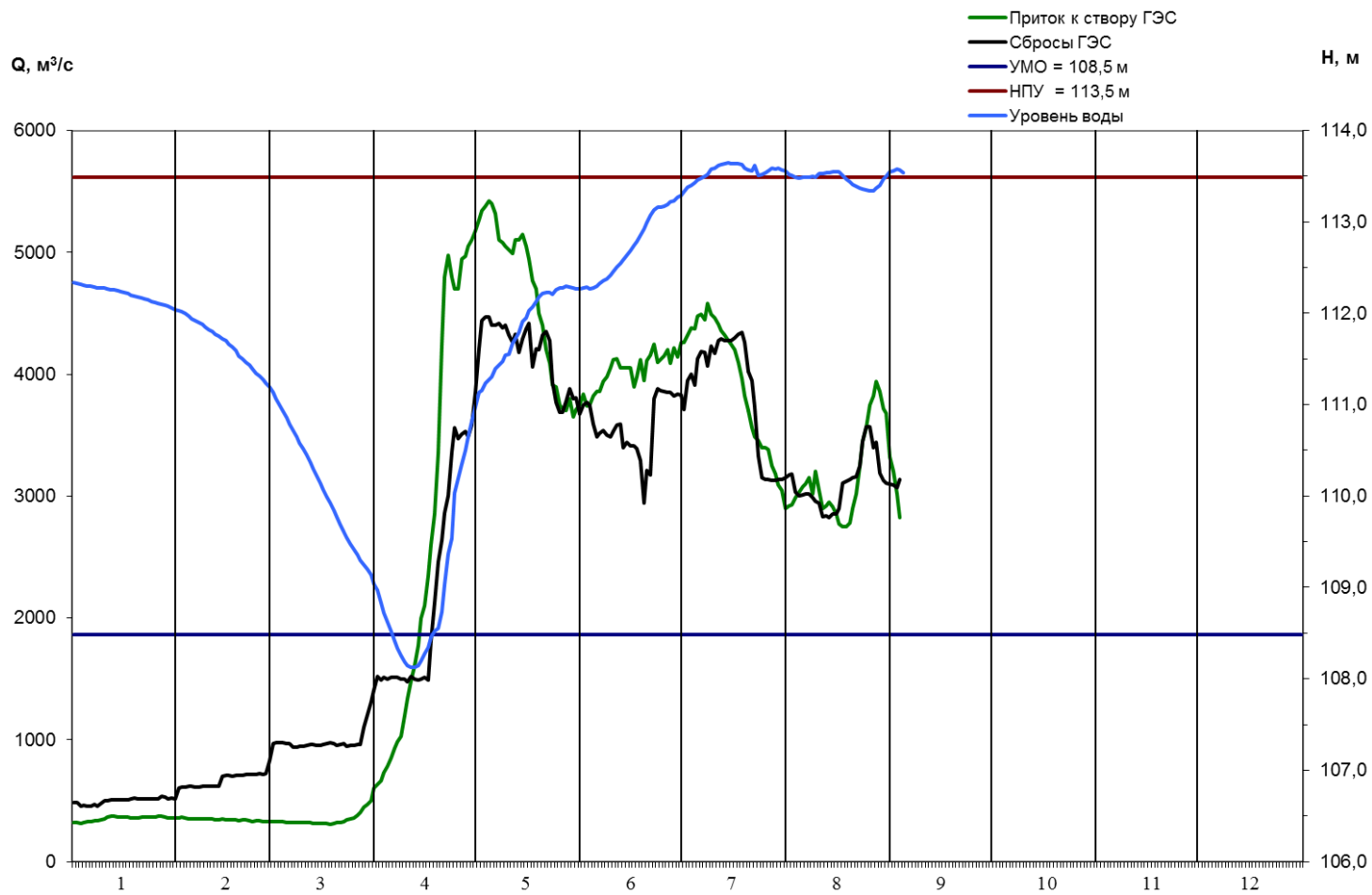
В период с 7 июля по 2 августа на водохранилище проводилась форсировка НПУ на величину до 15 см. Позднее уровень поддерживался на отметках близких к НПУ до 6 сентября, а далее началась сработка и к началу 3 декады сентября уровень понизился до отметки 113,27 м БС или на 23 см ниже НПУ (рис. 2). Но в связи с многоводностью 2013 г. и большим притоком в водохранилище сработка началась только в конце ноября (рис. 3).

Экспедиционные работы, проводимые в 2013 г., охватили все основные фазы существования водохранилища. Первый этап экспедиционных работ (4-7 июня) – фаза весеннего наполнения, уровень воды на постах Ордынское и Сосновка составлял около 112,3 м и был несколько ниже НПУ (113,5 м), температура воды в среднем для всех участков составляла $15,7 \pm 0,5$ °С. Второй этап (13-20 августа) – фаза летней стабилизации уровня, уровень воды соответствовал НПУ (113,5 м), температура воды в среднем для всех участков составила $21,0 \pm 0,2$ °С. Третий этап (7-9 октября) – начало осенне-зимней сработки уровня. В связи с многоводностью 2013 г. водохранилище все еще было наполнено до НПУ – 113,5 м (пост Сосновка) и 113,4 м (пост Ордынское). Температура воды в литоральной зоне в этот период в среднем для всех участков составила $6,9 \pm 0,4$ °С.



Среднемесячные коэффициенты водообмена Новосибирского водохранилища в 2013 году и среднемноголетние значения за 1959-2012 гг.

Рис. 1.



Гидрологические характеристики Новосибирского водохранилища в 2013 году

Рис. 2.

Таблица 3

**Коэффициенты водообмена Новосибирского водохранилища
за период 2000-2013 гг. и в экстремальные по водности годы в сравнении со среднемноголетними показателями**

Годы	Среднемесячные коэффициенты водообмена												Год	Сезонные коэффициенты водообмена			
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		Весна	Лето	Осень	Зима
														IV-VI	VII-VIII	IX-XI	XII, I-III
2013 – многоводный	0,18	0,23	0,47	1,20	1,55	1,15	1,16	0,94						3,96	2,07		1,03
2012 – самый мало-водный	0,23	0,23	0,46	0,52	0,50	0,40	0,48	0,39	0,37	0,30	0,27	0,20	4,35	1,40	0,87	0,95	1,03
2011 – маловодный	0,20	0,24	0,48	0,89	0,89	0,73	0,63	0,36	0,30	0,30	0,27	0,17	5,48	2,52	0,98	0,87	1,04
2010 – многоводный	0,27	0,31	0,46	0,80	1,51	1,49	1,40	0,75	0,44	0,32	0,28	0,17	8,32	4,07	2,12	1,05	1,30
2009 – средневодный	0,21	0,22	0,38	0,95	1,00	0,86	0,86	0,53	0,44	0,58	0,40	0,30	6,73	2,82	1,36	1,41	0,99
2008 – очень маловодный	0,19	0,22	0,41	1,03	0,85	0,55	0,42	0,34	0,40	0,36	0,30	0,20	5,10	2,31	0,78	0,80	1,00
2007 – средневодный	0,24	0,28	0,45	1,04	0,98	1,22	0,78	0,51	0,37	0,29	0,28	0,22	6,60	3,32	1,28	0,93	1,12
2006 – средневодный	0,21	0,22	0,42	0,58	1,42	1,30	0,82	0,56	0,48	0,40	0,36	0,19	7,44	3,63	1,38	1,25	1,08
2005 – средневодный	0,21	0,26	0,43	0,98	1,17	0,78	0,75	0,48	0,43	0,38	0,31	0,26	6,51	2,93	1,23	1,12	1,10
2004 – средневодный	0,20	0,26	0,46	0,99	1,37	1,09	0,72	0,46	0,36	0,29	0,30	0,20	6,83	3,45	1,18	0,95	1,10
2003 – маловодный	0,20	0,21	0,49	0,79	1,05	0,69	0,54	0,49	0,39	0,31	0,25	0,18	5,47	2,53	1,03	0,95	1,03
2002 – средневодный	0,21	0,30	0,53	1,12	1,03	0,95	0,90	0,58	0,42	0,35	0,32	0,17	6,72	3,10	1,48	1,09	1,24
2001 – многоводный	0,21	0,23	0,42	1,28	1,40	1,33	0,72	0,60	0,35	0,31	0,28	0,20	7,23	4,01	1,32	0,94	1,02
2000 – средневодный	0,26	0,27	0,44	1,03	1,08	0,94	0,82	0,47	0,35	0,32	0,24	0,16	6,34	3,05	1,29	0,91	1,18
1974 – очень маловодный	0,19	0,22	0,28	0,87	0,82	0,58	0,43	0,37	0,31	0,33	0,25	0,18	4,76	2,27	0,80	0,89	0,88
1981 – очень маловодный	0,27	0,28	0,41	0,82	0,79	0,63	0,40	0,40	0,37	0,38	0,35	0,23	5,48	2,24	0,80	1,10	1,19
1969 – очень многоводный	0,17	0,21	0,31	0,68	2,49	2,09	1,10	0,52	0,51	0,56	0,36	0,22	9,58	5,26	1,62	1,43	0,86
1966 – очень многоводный	0,29	0,27	0,31	0,92	2,33	1,70	1,39	0,60	0,38	0,36	0,21	0,19	9,47	4,95	1,99	0,95	1,08

Средний за 1959-2012 гг.	0,23	0,24	0,38	0,94	1,18	0,99	0,76	0,55	0,41	0,39	0,28	0,20	6,55	3,06	1,28	1,07	1,04
<u>Макс. коэф-т водообмена</u>	0,36	0,34	0,55	1,50	2,49	2,09	1,40	1,17	0,62	0,59	0,40	0,32	9,58	5,26	2,26	1,43	1,35
Год	1962	1962	1997	1997	1969	1969	2010	1984	1961	1987	2009	1979	1969	1969	1984	1969	1962
<u>Мин. коэф-т водообмена</u>	0,17	0,17	0,25	0,43	0,50	0,40	0,40	0,34	0,29	0,25	0,17	0,15	4,35	1,40	0,80	0,76	0,81
Год	1969, 1987	1987	1976	1984	2012	2012	1981, 1982	2008	1962	1962	1959	1972	2012	2012	1974, 1981	1962	1982

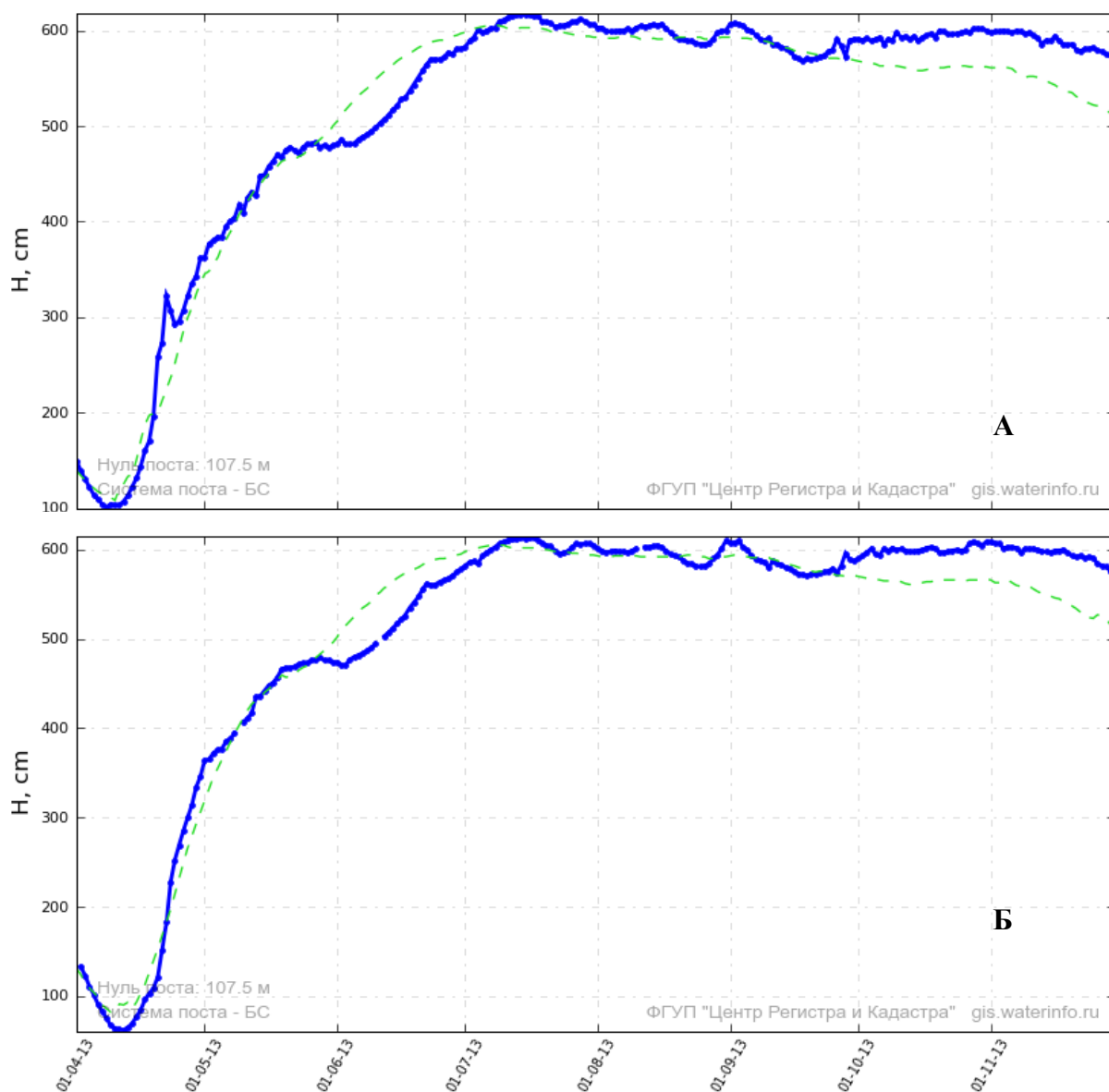


Рис. 3. Динамика уровней воды в Новосибирском водохранилище с 1 апреля по 30 ноября 2013 г. по оперативным данным Росгидромета (А – гидропост Ордынское, Б – гидропост Сосновка). Сплошная линия – текущие наблюдения, пунктирная – средне-многолетние.

Гидрохимический режим. Химический состав воды в водохранилище определяется, главным образом, стоком р. Обь и имеет сезонный характер, более высокое содержание растворенных солей отмечается, как правило, в зимнее время, а более низкое – в весенне-летний период. Во все сезоны преобладают анионы HCO_3^- , содержание которых колеблется в пределах 75-180 мг/дм³. Основную часть катионов в воде водохранилища составляют ионы Ca^{2+} (30-80 мг/дм³). В многолетнем ряду наблюдений не выявлено существенных различий в содержании главных ионов по акватории водохранилища.

На формирование гидрохимического режима в верхней части водохранилища основное влияние оказывает гидрохимический сток р. Оби, на остальной акватории большую роль играют внутриводоемные процессы. Для различных участков водохранилища характерны значительные сезонные и межгодовые амплитуды содержания в воде биогенов и органических веществ, соединений тяжелых металлов и микроэлементов. Приоритетными токсикантами, загрязняющими водоем в течение всего периода

его существования, являются фенолы и нефтепродукты. На отдельных участках отмечено загрязнение вод никелем и цинком (Васильев и др., 2000).

Кислородный режим в первые годы существования водохранилища характеризовался как неблагоприятный, особенно в зимний период, что было связано с процессами разложения растительного и почвенного покрова затопленной территории. В последующие годы по мере ослабления влияния затопленного ложа дефицит кислорода уменьшился и его содержание было в пределах нормы (не менее $4 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$). Однако в ряде случаев в зимние периоды маловодных лет (1981-1982 гг.) на мелководных участках наблюдался дефицит кислорода (до $3,5 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$).

Интегральная оценка воды водохранилища по гидрохимическим показателям в среднем за год соответствует категории «загрязненная».

В 2013 г. на Крутихинском мелководье в июне значения рН менялись от 7,8 в зарослях плавающих макрофитов до 8,1 на участках открытой воды, в августе от 7,9 до 8,2 соответственно. В октябре значения рН возросли до 8,4-8,5 в зарастающей и 8,3-8,6 – в открытой литорали. Концентрация кислорода в августе изменялась от 5,6 в зарослях рогоза до $7,9 \text{ мг}/\text{дм}^3$ в открытой воде. В июне и октябре концентрация кислорода как в зарастающей, так и в открытой литорали была высокая от 9,4 до $11,8 \text{ мг}/\text{дм}^3$.

В нижней части водохранилища на Ирменском мелководье сезонные колебания значения рН были несколько другими. В июне, как в зарастающей, так и в открытой литорали значения рН существенно не отличались (8,7-8,9), в августе в зарослях рогоза рН не превышал 7,6, в то время как в зарослях нимфейника и открытой литорали колебался в пределах 8,6-8,7. Концентрация кислорода в зарастающей и открытой литорали в июне составляла 9,8–10,0 и $10,6-10,8 \text{ мг}/\text{дм}^3$ соответственно, в августе не превышала 8,2-8,6 в зарастающей и $8,3-8,4 \text{ мг}/\text{дм}^3$ в открытой литорали.

В Бердском заливе во все периоды наблюдения значения рН как в зарастающей, так и в открытой литорали существенно не различались (8,2-8,5). Наибольшая концентрация кислорода была отмечена в зарослях нимфейника в июне и августе ($11,4$ и $11,6 \text{ мг}/\text{дм}^3$ соответственно), в остальные сезоны концентрация кислорода в зарастающей и открытой литорали достоверно не отличалась и находилась в диапазоне 9,8-11,2 $\text{мг}/\text{дм}^3$.

Значения БПК₅ на всех исследованных участках литорали были выше, чем в пелагиали водохранилища (3,87-4,93 и 2-3 $\text{мгО}_2/\text{дм}^3$ соответственно).

Гидробиологический режим.

Содержание хлорофилла *a* и первичная продукция фитопланктона. В период весеннего наполнения водохранилища концентрация основного фотосинтетического пигмента водорослей – хлорофилла *a* (Хл *a*) варьировала в пределах $7,2-23,3 \text{ мг}/\text{м}^3$, при среднем значении $13,6 \pm 1,6 \text{ мг}/\text{м}^3$ ($n=13$). Минимальные значения отмечены в Бердском заливе, максимальные – на Ирменском мелководье (рис. 4-6).

В фазу летней стабилизации уровня диапазон значений содержания хлорофилла *a* в воде литоральной зоны был значительно шире, чем в июне и составил $4,4-74,2 \text{ мг}/\text{м}^3$, при среднем – $26,0 \pm 4,4 \text{ мг}/\text{м}^3$ ($n=14$). Минимум отмечен в зарослях полупогруженной растительности на Ирменском мелководье, максимум – в Бердском заливе (рис. 4-6).

Осенью концентрация Хл *a* в воде литоральной зоны варьировала в пределах от $12,6$ до $37,8 \text{ мг}/\text{м}^3$, при среднем – $22,6 \pm 3,7 \text{ мг}/\text{м}^3$. Наименьшие значения наблюдали в Бердском заливе, наибольшие – на Крутихинском мелководье (рис. 4-6).

Таким образом, максимум развития фитопланктона в литоральной зоне верхней части водохранилища (Крутихинское мелководье) отмечен в осенний период в открытой литорали, где содержание Хл *a* соответствовало гиперэвтрофным водоемам (более $25 \text{ мг}/\text{м}^3$). В остальные периоды показатель соответствовал эвтрофным водоемам (более $10 \text{ мг}/\text{м}^3$). Минимум зафиксирован в начале лета в открытой литорали.

В литоральной зоне нижней части (Ирменское мелководье) достоверных отличий между сезонами и открытой и зарастающей литоралью не обнаружено. Исключение составили только значения концентрации хлорофилла *a* фитопланктона зарослей полупогруженной растительности, которые были значительно ниже (особенно в августе). Уровень Хл *a* соответствовал эвтрофным водоемам.

В мелководной части Бердского залива максимальные значения концентрации Хл *a* фитопланктона отмечены в августе, как в открытой, так и в зарастающей литорали, при этом наблюдали «цветение» воды. Минимальные значения зафиксированы – в период весеннего наполнения водохранилища, когда уровень воды в Бердском заливе был значительно ниже, чем на других участках водохранилища.

Исследования, проведенные ранее в литоральной зоне водохранилища представлены в табл. 4. Большинство значений содержания Хл *a* соответствовало эвтрофным водоемам, за исключением зарослей литорали Бердского залива, где в июле 2012 г. значения показателя не превышали мезотрофного уровня.

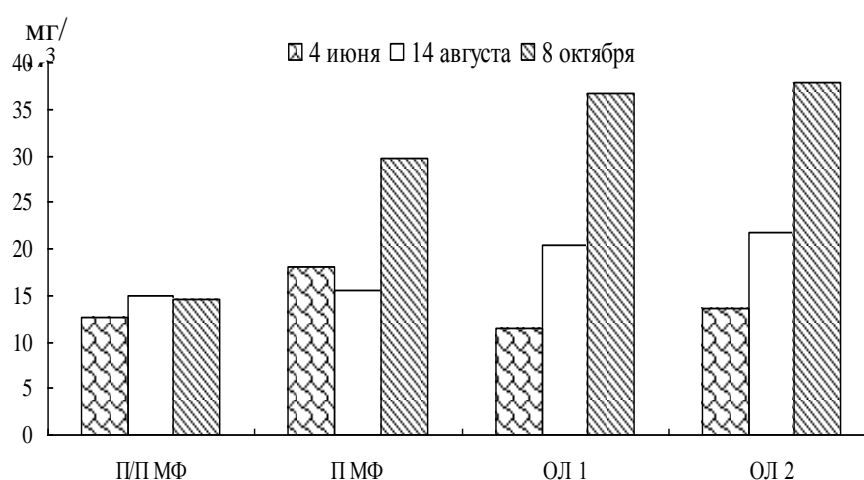


Рис. 4. Содержание хлорофилла *a* фитопланктона в литоральной зоне верхней части Новосибирского водохранилища (Крутихинский разрез) в 2013 г. П/П МФ – заросли полупогруженных макрофитов, П МФ – заросли погруженных макрофитов, ОЛ – открытая литораль (1–ближе к берегу, 2–дальше от берега)

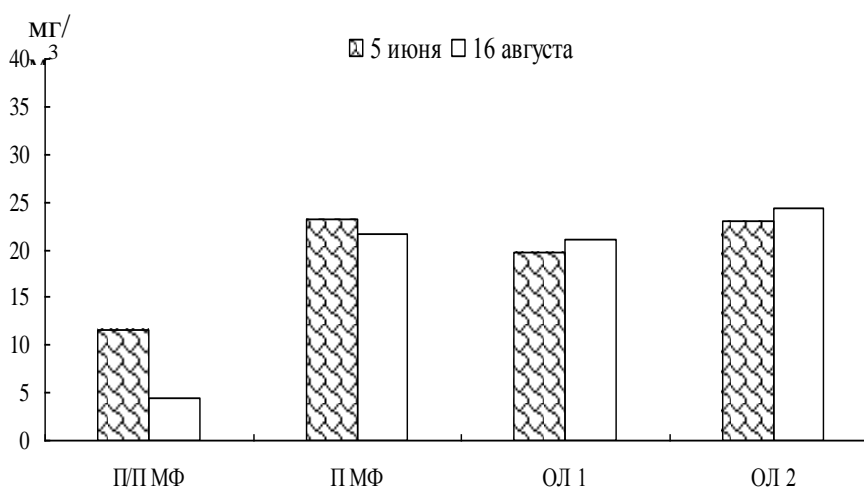


Рис. 5. Содержание хлорофилла *a* фитопланктона в литоральной зоне нижней озеровидной части Новосибирского водохранилища (Ирменское мелководье) в 2013 г. Обозначения как на рис. 1.

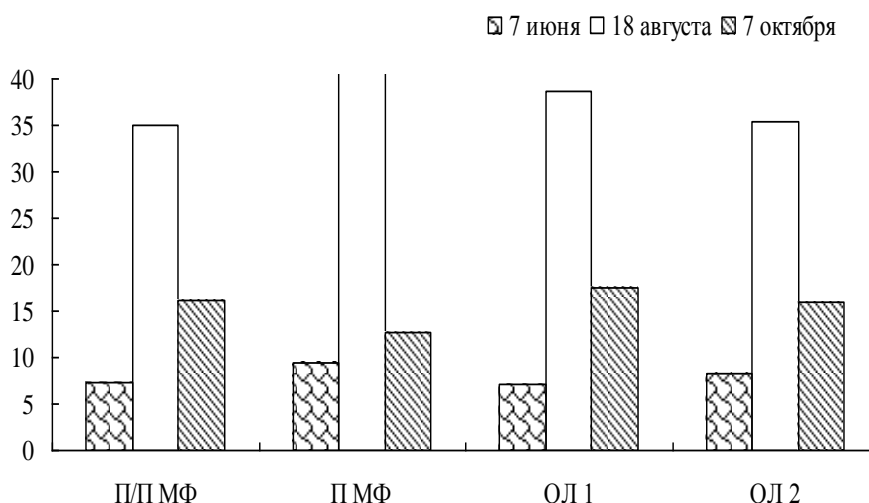


Рис. 6. Содержание хлорофилла *a* фитопланктона в литоральной зоне Бердского залива Новосибирского водохранилища в 2013 г. Обозначения как на рис. 1.

Исследования, проведенные ранее в литоральной зоне водохранилища представлены в табл. 4. Большинство значений содержания Хл *a* соответствовало эвтрофным водоемам, за исключением зарослей литорали Бердского залива, где в июле 2012 г. значения показателя не превышали мезотрофного уровня.

Таблица 4

Содержание хлорофилла *a* фитопланктона (мг/м^3) в литоральной зоне Новосибирского водохранилища в 2007, 2008, 2012 гг.

Часть вдхр.	Разрез	Дата	ППМФ	П-Пл МФ	ОЛ
Верхняя	Дресвянка (в протоках)	25.07.2007	–	21,9	–
		26.07.2007	–	25,3	–
	Антоново (между островами)	26.07.2007	–	6,8–10,3	–
		16.08.2012	22,2	12,1–28,1	20,7
Средняя	залив р. Каракан	28.07.2007	–	27,4–37,7	26,7
	залив р. Ельцовка	25.07.2008	–	–	13,6
Нижняя	Ирменское мелководье Бердский залив	14.08.2012	18,4–24,8	9,2	25,8
		19.07.2012	5,6	6,4–6,5	10,2
		18.08.2012	18,8	16,1–28,7	27,6

ППМФ – заросли полупогруженных макрофитов, П-Пл МФ – заросли погруженных и (или) с плавающими листьями макрофитов, ОЛ – открытая литораль.

Первичная продукция фитопланктона литорали. В июне в период наполнения водохранилища значения валовой первичной продукции фитопланктона над зарослями погруженных макрофитов были значительно выше, чем в не зарастающей литорали ($3,7$ и $1,24 \text{ гО}_2/\text{м}^3 \cdot \text{сут.}$ соответственно). Максимальные значения ($4,1$ – $5,3 \text{ гО}_2/\text{м}^3 \cdot \text{сут.}$) отмечены в период летней стабилизации уровня на не зарастающих мелководьях, в то время как в зарастающей литорали этот показатель был на порядок ниже ($0,19 \text{ гО}_2/\text{м}^3 \cdot \text{сут.}$) (табл. 5).

Различия суточных ассимиляционных чисел, отражающих удельный фотосинтез на единицу массы хлорофилла *a*, были такими же, как и различия по фотосинтезу. Минимальное и максимальное значения интегральной первичной продукции под 1 м^2 зафиксированы в августе и различались более чем в 20 раз: в зарослях рдеста на Крути-

хинском мелководье ($0,2 \text{ гО}_2/\text{м}^2\cdot\text{сут.}$), а в открытой литорали на Ирменском мелководье ($3,9 \text{ гО}_2/\text{м}^2\cdot\text{сут.}$).

Полученные показатели первичной продукции фитопланктона соответствуют показателям метаболизма мелководий Рыбинского водохранилища ($1,9$ и $2,0 \text{ гО}_2/\text{м}^3\cdot\text{сут}$ в защищенном и открытом мелководье, соответственно), а средние значения A_{max} варьировали от $2,6$ до $5,2 \text{ гО}_2/\text{м}^3\cdot\text{сут.}$ (Минеева, 2009).

Таблица 5

Первично-продукционные показатели фитопланктона и деструкция органического вещества в водах литоральной зоны Новосибирского водохранилища в 2013 г.

Дата	станция	S, м	T, °C	Хл <i>a</i> мг/м ³	A	R	P	A гО ₂ /м ³ · сут.	САЧ мгО ₂ / мгХл· сут.	ΣA гО ₂ /м ² · сут.
					мгО ₂ /дм ³ ·час					
Крутихинское мелководье										
4 июня	Откр. л.	0,37	15,7	10,7	0,08	0,24	-0,16	1,24	116	0,46
	Заросли	0,48	15,4	18,0	0,25	0,22	0,03	3,73	207	1,79
14 авг.	Откр. л.	0,50	21,1	21,8	0,33	0,12	0,20	4,83	221	2,41
	Заросли	0,80	20,9	15,5	0,01	-0,04	0,05	0,19	13	0,16
Залив р. Орда										
15 авг.	Откр. л.	0,70	21,6	17,5	0,28	0,25	0,03	4,08	233	2,85
Ирменское мелководье										
16 авг.	Откр. л.	0,73	19,8	19,4	0,36	0,32	0,04	5,33	275	3,89

(S – прозрачность, T – температура воды, A – валовая первичная продукция, R – деструкция органического вещества, P – «чистая» первичная продукция, САЧ – суточное ассимиляционное число (удельный фотосинтез), ΣA – интегральная первичная продукция в столбе воды)

В 2012–2013 гг. в пелагиали Бердского залива были поставлены эксперименты по продукционно-деструкционным показателям на различных горизонтах фотического слоя (табл. 6). Максимальный фотосинтез ($10,8 \text{ гО}_2/\text{м}^3\cdot\text{сут.}$) был зафиксирован в поверхностном слое в августе 2013 г. во время «цветения» воды. Максимальные САЧ отмечены в июле 2012 г., минимальные – в октябре 2013 г. Наибольшая интегральная первичная продукция в столбе воды, как в 2012, так и в 2013 гг. наблюдается в августе.

Таблица 6

Первично-продукционные показатели фитопланктона и деструкция органического вещества в водах Бердского залива Новосибирского водохранилища в пелагиали Бердского залива в 2012 и 2013 гг.

Дата	S, м	h	T, °C	Хл <i>a</i> мг/м ³	A	R	P	A гО ₂ /м ³ · сут.	САЧ мгО ₂ / мгХл· сут.	ΣA гО ₂ /м ² · сут.
					мгО ₂ /дм ³ ·час					
18.07.2012*	1,1	пов.	24,8	11,3	0,16	0,20	-0,04	2,39	212	5,83
		1,5S	23,2	13,7	0,26	0,07	0,19	3,85	280	
		3S	22,2	17,5	0,36	0,10	0,26	5,30	304	
19.08.2012*	1,2	пов.	21,2	31,8	0,53	0,46	0,06	7,73	243	9,27
		1,5S	21,5	29,5	0,16	-0,02	0,18	2,37	80	
		3S	20,0	31,4	0,06	-0,02	0,09	0,94	30	
12.10.2012*	2,5	пов.	8,1	6,3	0,08	0,03	0,05	1,15	183	2,88
		1,5S	8,0	6,0	0,06	0,04	0,01	0,83	139	
		3S	7,8	7,2	-0,01	-0,02	0,01	-0,13	-18	
06.06.2013**	1,05	пов.	14,6	10,1	–	–	–	1,63	162	1,71

19.08.2013**	0,7	1,5S	14,6	10,2	–	–	–	1,39	137	9,72
		3S	14,0	12,1	–	–	–	0,25	21	
		пов.	22,6	92,6	–	–	–	10,8	117	
07.10.2013*	2,5	3S	20,5	88,2	–	–	–	1,42	16	2,01
		пов.	8,0	16,1	-0,03	-0,03	0,00	-0,37	-23	
		1,5S	8,0	18,1	0,00	-0,01	0,01	0,00	0	
		3S	8,0	14,9	0,05	0,01	0,04	0,80	54	

* – краткосрочная экспозиция 3–4 часа,

** – суточная экспозиция.

(обозначения как в табл. 5)

Зоопланктон. Исследования зоопланктона литорали Новосибирского водохранилища в 1990-1993 и 2012 гг. показали неоднородность его распределения на различных участках водоема.

В верхней части водохранилища в 1990-93 гг. по количеству видов доминировали коловратки, по биомассе – веслоногие рачки, главным образом науплиальные и копеподитные стадии *M. leuckarti*, *A. viridis* и *E. graciloides*. На зарастающих мелководьях по численности и биомассе преобладали ветвистоусые рачки. В районе Крутихинского мелководья ветвистоусые достигли биомассы 4,01 г/м³ и численности 14583 экз./м³, веслоногие – 129,76 мг/м³; 4166 экз./м³, а *Rotatoria* 7500 экз./м³ и 11,56 мг/м³ соответственно. В Усть-Алеусском заливе и на прилегающей пойме биомасса зоопланктона составляла 0,575 г/м³ при общей численности 39250 экз./м³. Отмечена видовая приуроченность отдельных видов к определенным типам зарослей. Так, например *S. vetulus*, *P. striatus*, *C. rectoris* встречались, преимущественно, в зарослях роголистника. Напротив, *S. crystallina* обитал практически во всех зарослях, за исключением роголистника, а фитофильный рачок *Ch. sphaericus* встречался во всех зарослях макрофитов.

В литоральной зоне средней части водохранилища преобладали ракообразные. На левобережной литорали средние показатели биомассы зоопланктона в 1991 г. составляли 1946,7 мг/м³ при численности 31892 экз./м³, на правобережье – 912,1 мг/м³ и 15938 экз./м³ соответственно. В русловой части в придонных группировках единично встречались *A. gigas*, *P. fimbriatus*, *E. graciloides*, *A. affinis*. На левобережной пойме - *E. serrulatus*, *P. trigonellus*, *P. striatus* и *M. dispar*.

В литорали нижней части Новосибирского водохранилища наибольшие значения биомассы зоопланктона приурочены к мелководной левобережной зоне. Максимальной биомассы и видового разнообразия зоопланктон достигал в заводях между островов на Ирменском мелководье (в августе 1991 года до 4232,0 мг/м³). Основу биомассы (3883,4 мг/м³) составляли ветвистоусые (*B. longirostris*, *C. quadrangula*, *D. cucullata*, *D. brachyurum*, *A. priodonta*), достигающие в зарослях макрофитов биомассы 12 - 14 г/м³. К зарослям рдестов были приурочены *S. vetulus* и *S. crystallina*, тростника и рогоза – *B. obtusirostris* и *Ch. sphaericus*.

В Бердском заливе в летний период (июль-август) основу биомассы составляли ветвистоусые ракообразные (до 62 %), по численности преобладали веслоногие, представленные, главным образом, науплиями и копеподитами. Основное ядро составляли: *B. longirostris* (до 64 % общей численности), *Ch. sphaericus* (до 30 %), *D. longispina* и др. В зарослях макрофитов в значительном количестве отмечены *S. crystallina* и *S. vetulus*. В августе-сентябре на открытых участках залива *B. longirostris* замещался *B. obtusirostris*. Отмечено увеличение общей биомассы зоопланктона вдоль медиальной оси залива по направлению от верховьев к устью в 20 - 30 раз (до 13395,0 мг/м³ в июле - августе 1991 г.).

2012 год был уникальным по гидрологическим и температурным характеристикам. Поздний паводок сопровождался значительным прогревом воды. В зарослях мягкой погруженной растительности (рдесты и болотноцветник) биомасса зоопланктона на Крутихинском мелководье достигала 50,8 г/м³ за счет массового развития фитофиль-

ных видов (*Sida crystallina*, *Scapholeberis mucronata* и др.), тогда как на не зарастающих участках она составила 0,5 - 2,1 г/м³.

В нижней части водохранилища на Ирменском мелководье в зарослях мягкой погруженной и плавающей растительности биомасса составила 27,6 г/м³ (на открытом плесе - 3,3 г/м³). В то же время на открытых защищенных от волнения участках литорали, биомасса достигала 237 г/м³ за счет массового развития (до 5 тыс. экз./м³) крупного хищного рачка *Leptodora kindtii* (Focke), достигавшего в длину 9 мм.

В Бердском заливе среди макрофитов активно развивались фитофильные формы зоопланктона. Большинство этих видов ни разу не зафиксировано в составе зоопланктона водохранилища с момента его существования: *Acanthodiptomus dentifer* Smirnov, *Eucyclops macruroides* (Lill), *Mixodiptomus theeli* (Lill.), *Scapholeberis erinaceus* Sars, *Euchlanis incisa* Carlin, *Lecane quadridentata* (Ehrenberg) и др. Биомасса зарослевого зоопланктона составляла 16 г/м³, на не зарастающих участках – 7-25,16 г/м³ за счет развития крупных форм. В 2013 г. в Бердском заливе в зарастающей литорали было обнаружено 44 вида зоопланктона, на открытой литорали - 35 видов. По числу видов на обоих участках доминировали коловратки, а по биомассе - веслоногие рачки, представленные в основной массе представителями Cyclopoida.

Таким образом, в 2012 году на Крутихинском мелководье биомасса зоопланктона в зарослях была значительно выше, чем на открытых участках литорали. На Ирменском мелководье и в Бердском заливе количественные показатели практически не отличались, но видовое разнообразие в зарастающей литорали было значительно выше, чем в пелагиали (30-35 и 15-20 видов соответственно).

Зообентос. Многолетние гидробиологические исследования Новосибирского водохранилища позволили выделить три основные стадии формирования его донных сообществ.

«*Мотылевая стадия*». В первые годы после заполнения (1959–1962) в зообентосе Новосибирского водохранилища, как и других равнинных водохранилищах, отмечено массовое развитие личинок рода *Chironomus*, что обусловлено поступлением большого количества органики с затопленных территорий. Средняя биомасса зообентоса в октябре 1959 г. составила 8,5 г/м² (Благовидова, 1976). Уровень развития и структура зообентоса Новосибирского водохранилища в период “мотылевой стадии” сопоставимы с уровнем аналогичного периода формирования бентосных сообществ волжских водохранилищ.

«*Стадия беззубки*». Этот этап характеризуется широким распространением и массовым развитием беззубки – крупного двустворчатого моллюска р. Anodonta (сем. Unionidae). Впервые эти моллюски были обнаружены в 1961 г., а в 1962-1964 гг. они уже составляли 63-66 % биомассы зообентоса приплотинного участка и 62-90 % - среднего участка. В 1970-1971 гг. средняя по водохранилищу численность анодонты составляла 0,6 экз./м², а средняя биомасса достигала 30 г/м² (70-90% биомассы всего бентоса) (Благовидова, 1976). Крупные двустворчатые моллюски относятся к биофильтраторам, способствующим очищению водоема. При средней скорости фильтрации воды 0,5 л/час (Kryger, Riisgård, 1988) моллюски профильтровывали весь объем Новосибирского водохранилища за три года, что служило мощным фактором самоочищения водоема. Однако стабилизации бентосных сообществ на этом этапе, как это было в большинстве волжских водохранилищ, не произошло. Уже в 1981-1982 гг. биомасса анодонты в Новосибирском водохранилище резко сократилась (Миронова, 1985), а в период наших исследований в 2007-2010 гг. этот моллюск не был обнаружен.

«*Стадия живородки*» – *современный этап*. Существенное влияние на структуру зообентоса средней части водохранилища оказало вселение в водоем в начале 1990-х годов живородок – брюхоногих моллюсков *Viviparus viviparus* (L.). Моллюски быстро освоили различные типы грунтов средней части водоема и уже в 2007 г. составляли ос-

новную часть биомассы зообентоса этого участка, достигая на илах с примесью щебня и гальки 6300 г/м² (Андреев, 2008).

Массовое развитие *V. viviparus* в центральной части водохранилища привело к значительному росту биомассы зообентоса этого участка (111,7 г/м² в 2008 г., 808,3 г/м² – в июне 2009 г., 509,0 г/м² – в августе 2009 г.) при сравнительно низких значениях численности (0,7; 1,5 и 1,7 тыс. экз./м², соответственно). На участках массового развития живородки отмечено снижение числа видов и видового разнообразия (по индексу Шеннона) бентосных сообществ, а также повышение численности и биомассы зообентоса по сравнению с незаселенными *V. viviparus* зонами (Яныгина, 2012).

Распределения зообентоса в заливах и на мелководных участках водохранилища имеет свои особенности. Численность и биомасса зообентоса илов Крутихинского мелководья (1,0 тыс. экз./м² и 1,7 г/м²) почти в 3 раза ниже средних значений для данного типа грунтов по водохранилищу, что, вероятнее всего, связан с периодическим осушением этой зоны препятствующим формированию устойчивых донных сообществ.

Средние численность и биомасса зообентоса заливов (2,9 тыс. экз./м² и 3,7 г/м²) соответствуют аналогичным показателям нижнего и приплотинного участков. В зообентосе заливов по биомассе доминируют, преимущественно, хирономиды пелофильного комплекса видов (*Chironomus* группы *plumosus*, *Procladius ferrugineus*), лишь на отдельных участках в число доминантов входят двустворчатые моллюски (р. *Sphaerium*) и олигохеты (*Limnodrilus hoffmeisteri*). Основу численности бентоса составляют также хирономиды, субдоминанты – олигохеты.

По видовому составу, особенностям таксономической структуры и индикаторным видам зообентоса Новосибирское водохранилище следует отнести к умеренно загрязненным водоемам. Наиболее высокое качество воды - «чистые воды», отмечено на правом берегу верхнего участка водохранилища и в зарослях макрофитов в заливах. Снижение качества воды до категории «грязные воды» отмечено на приплотинном участке водоема.

Высшая водная растительность. Доля высшей водной растительности в величине общей первичной продукции биоценоза зависит от степени ее развития в водоеме. В Новосибирском водохранилище высшая водная растительность массово развивается лишь в заливах и на заостровных участках Крутихинского и Ирменского мелководий. Открытая литораль, испытывающая активную ветро-волновую нагрузку, а также мелководья вдоль высоких береговых склонов, подверженных абразии, практически не зарастают макрофитами. Однако величина первичной продукции, образуемой высшей водной растительностью в водохранилище, выше, чем в мезо- и эвтрофных волжских водохранилищах, что позволяет судить о ее высоком вкладе в общую первичную продукцию водоема.

Ретроспективный анализ продуктивности макрофитов Новосибирского водохранилища показал, что за более чем 30-летний период, прошедший с момента первых исследований (Березина, 1976), удельная биомасса доминантов существенно не изменилась (табл. 7). Незначительные межгодовые колебания связаны, вероятно, с особенностями гидрометеорологических и гидрологических характеристик года.

Таблица 7.

Продукция (г/м² в год) доминирующих макрофитов Новосибирского водохранилища

Доминирующие виды	Годы исследования				
	1971-1972*	2007	2008	2011	2012
<i>Potamogeton lucens</i>	330	220,8	96	443,6 ± 163,3	232 ± 87
<i>Nymphoides peltata</i>	200,4	252 ± 65	182,4±96	102,8 ± 12,4	179,6 ± 26
<i>Phragmites australis</i>	1509,6 ± 285	1008	–	2523,2±513,3	1608,6 ± 107,6

Среди обследованных участков водохранилища наиболее высокопродуктивными (по величине образуемой макрофитами биомассы) являются Крутихинское мелководье и Бердский залив.

В верхней части водохранилища на Крутихинском мелководье (речной участок Новосибирского водохранилища) по площади распространения доминируют сообщества *Butomus umbellatus* L., *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud., *Nymphoides peltata* (S.G. Gmelin) O. Kuntze, *Potamogeton lucens* L. и *P. perfoliatus* L. В маловодные и средневодные годы (2007, 2008, 2012 гг.) на этом участке массово развивался сусак, продукция которого составила 297,6 – 902,4 г/м² в год и была значительно выше, чем на речном участке Рыбинского водохранилища (181,8 г/м² в год) (Довбня, Ляшенко, 1990), а средняя величина образованного в этот период органического вещества (697,7±109,7 г/м²) выше аналогичной для Куйбышевского водохранилища (450 г/м²) (Папченков, 2001). Однако среди сообществ полупогруженных растений в речной части водохранилища наиболее продуктивны фитоценозы тростника южного. В 2011 г. продукция тростников составила 4704 г/м² в год, в 2013 г. – 902,4 г/м² в год. Большие площади на Крутихинском мелководье занимают заросли болотноцветника – растения с плавающими на поверхности воды листьями, их продукция колеблется от 112,8 до 564 г/м² в год, в 2013 г. составила 163,2 г/м² в год. Менее продуктивны фитоценозы погруженных растений, таких как рдесты блестящий, пронзеннолистный и гребенчатый, также занимающие значительные площади на мелководье. Продукция рдеста блестящего в 2007-2008 гг. составила 96 – 220,8 г/м² в год. В 2011 году произошла смена доминантов и вместо сообществ рдеста блестящего на мелководье доминировали рдесты пронзеннолистный и гребенчатый, продукция которых составила 363,2 и 182,4 г/м² в год.

На Ирменском мелководье, расположенном в нижней части водохранилища, широко распространены сообщества тростника и рогоза узколистного. Тростниковые ценозы значительно варьируют по численности (от 68 до 236 экз./м²) и продуктивности (1994,4 – 2384,6 г/м² в год, в 2013 г. – 1219,2 г/м² в год), рогозовые ценозы менее продуктивны (в 2013 г. – 628,8 г/м² в год). Вдоль бордюра из тростника и рогоза по поверхности воды распространены сообщества болотноцветника, продуктивность этих сообществ здесь значительно ниже, чем на Крутихинском мелководье (89,6 – 223,2 г/м² в год, в 2013 г. – 105,6 г/м² в год). В 2011 г. на заостровных участках Ирменского плеса на глубине 0,5-0,6 м отмечено массовое развитие рдеста пронзеннолистного. Численность в сообществах рдеста составляла 60–84 экз./м² продукция колебалась в пределах 153,6–192 г/м² в год. В августе 2012 г. по площади зарастания доминировал горец развесистый, образующий сообщества с болотницей игольчатой (*Eleocharis acicularis* (L.) Roem. et Schult.), шелковником (*Batrachium* sp.) и рдестом пронзеннолистным (*P. perfoliatus*). Последний встречался в этих сообществах в небольшом числе (8 экз./м²). Годовая продукция этих сообществ составила – 604,8–998,4 г/м².

Мелководья Бердского залива вдоль берегов и островов до глубины 2,5 – 3,5 м обильно зарастают высшей водной растительностью. Преобладающий вклад в образование первичной продукции в заливе вносит полупогруженная растительность. Продуктивность тростников составляет 1480±18 г/м² в год, рогоза узколистного –1036±156 г/м² в год, в 2013 г. – 1814,4±489,6 г/м² в год. Обширные заросли на глубине от 0,5 до

1,5 м образуют роголистник (*Ceratophyllum demersum* L.) и гидриллы (*Hydrilla verticillata*). Продукция монодоминантных сообществ роголистника составляет от 249,6 до 1430,4 г/м² в год, гидриллы мутовчатой – от 230,4 до 352 г/м² в год, в 2013 г. – 936 г/м² в год. В верховьях залива, большие площади занимают также сообщества телореза, продуцирующие в год от 380,2 до 655,3 г/м² органического вещества.

Суточные наблюдения. В 2013 году проведен эксперимент по исследованию суточной динамики гидрохимических характеристик, а также состава и структуры фито- и зоопланктона в зарастающей и не зарастающей литорали Бердского залива.

В зарастающей литорали концентрация растворенного кислорода в воде изменялась от 8,03 до 8,25 мг/дм³, при этом минимальные значения были отмечены в 15-00, максимальные – в 3 часа ночи. Значения БПК₅, сухого остатка, мутности и цветности воды изменялись незначительно, фенолы не обнаружены, содержание нефтепродуктов существенно ниже ПДК (табл. 8).

Как в зарастающей, так в не зарастающей литорали максимальные значения температуры воды были отмечены в дневное время суток, минимальные в ночные и утренние часы (табл. 8, рис. 7).

В не зарастающей литорали наблюдались синхронные изменения значений электропроводности и TDS: в первые сутки были отмечены максимальные значения этих показателей, около трех часов ночи вторых суток произошло их резкое уменьшение с последующим ростом и достижением максимума к 15-00 следующих суток (рис. 8). Колебания значений этих величин находились в противофазе с изменением значений сопротивления воды. В течение суток отмечены существенные изменения значений pH (от 8,4 до 9,0) (рис. 9). Максимальные величины наблюдались в 15-00 в первые сутки наблюдений, минимальные около 10-00 – во вторые сутки. Аналогичные колебания зафиксированы для концентрации растворенного кислорода: максимум 18 мг/дм³ – в 17-00, минимум 12,1 мг/дм³ – в 10-00 вторых суток (рис. 10).

Полученные результаты показывают, что в зарастающей части литорали гидрохимические характеристики более стабильны, чем в не зарастающей. Это может быть в частности, связано с существенным влиянием на открытом участке гидрологических факторов (перемешивание воды, ветро-волновые явления), тем более, что в период проведения суточного эксперимента ветер был переменный (южный с переходом на юго-западный и западный), скорость ветра составляла 3-4 м/сек. (www.gismeteo.ru).

Таблица 8
Суточная динамика гидрохимических показателей в зарастающей литорали Бердского залива, 19-20 августа 2013 г.

время	Мутность	цветность	Взвешенные в-ва мг/л	Сухой остаток	Растворенный кислород мг/л	БПК ₅ мгО ₂ /л	Сульфаты мг/л	Жесткость °Ж	Кальций мг/л	Нефтяной прод. мг/л	Фенолы мг/л	Железо мг/л	Марганец мг/л
15:00	4,5	20,4	5	223	8,03	3,80	9,73	3,5	44,9	0,018	0,0008	0,21	0,06
18:00	4,4	19,6	5	208	8,16	3,60	10,21	3,4	38,5	0,018	0,0012	0,21	0,06
21:00	4,8	19,9	8	208	8,20	3,60	9,97	3,4	37,7	0,017	0,0009	0,21	0,07
00:00	4,4	19,6	3	208	8,23	3,60	10,75	3,2	37,7	0,018	0	0,20	0,04
03:00	4,5	20,8	3	208	8,25	3,40	11,30	3,2	40,1	0,018	0,0009	0,19	0,04
06:00	4,6	20,4	6	211	8,24	3,60	12,40	3,5	32,1	0,017	0	0,20	0,05
09:00	4,6	19,9	5	212	8,24	3,60	10,52	3,4	36,1	0,018	0	0,20	0,05
12:00	4,8	18,7	4	213	8,23	3,60	9,42	3,4	37,7	0,019	0	0,22	0,04
15:00	4,3	20,8	4	213	8,03	3,60	9,81	3,3	26,5	0,017	0	0,23	0,05

Изменение значения температуры в течение суток в точке наблюдений, точка № 8L-2

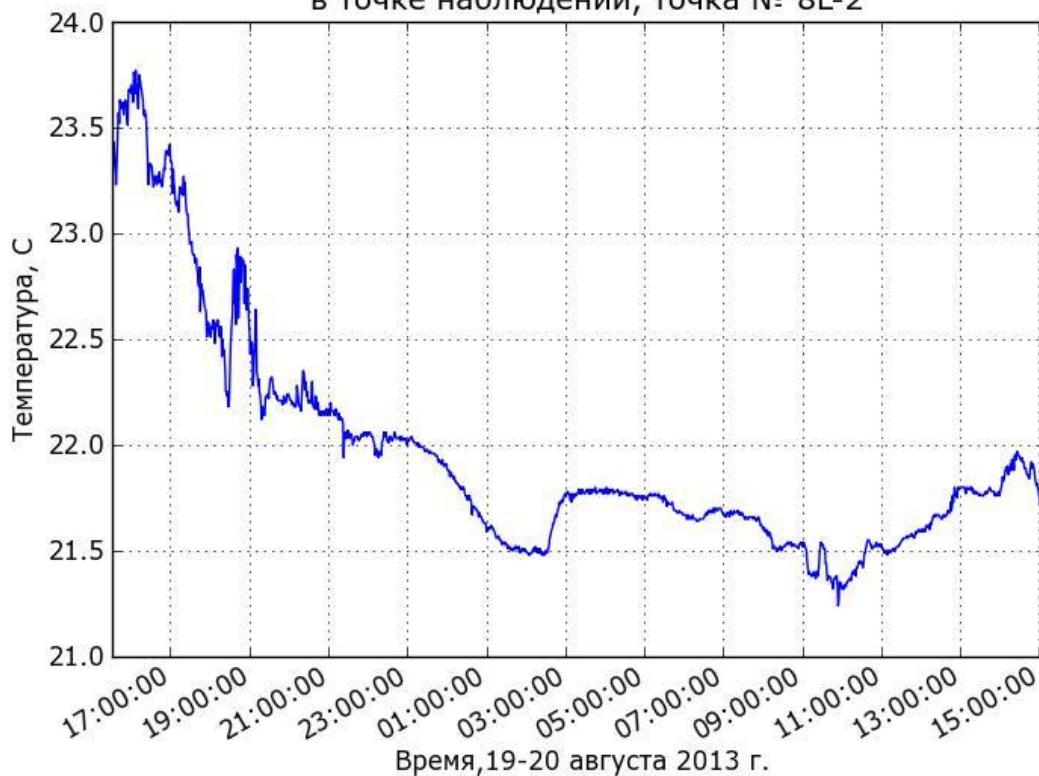


Рис. 7.



Рис. 8.



Рис. 9.



Рис. 10.

Суточные наблюдения за динамикой концентрации хлорофилла *a* были проведены в период «цветения» фитопланктона. Суточный максимум в открытой литорали (96 мг/м^3) отмечен в первый отбор в 15 часов, в дальнейшем показатель изменялся не значительно – от 43 до 60 мг/м^3 (рис. 11). Среднесуточное значение составило $58 \pm 5 \text{ мг/м}^3$. Над заросшей литоралью концентрация Хл *a* изменялась более существенно – от 34 до 167 мг/м^3 , максимум наблюдали в 21 час, минимум – в 3 часа. Среднесуточное значение составило $86 \pm 14 \text{ мг/м}^3$.

Полученная суточная динамика содержания Хл *a* в Бердском заливе, по всей видимости, была обусловлена хаотическим перемещением скоплений фитопланктона у поверхности под воздействием ветра. Для изучения истинного суточного хода количества фитопланктона необходимо проводить наблюдения в период умеренного развития водорослей с равномерным распределением по вертикали.

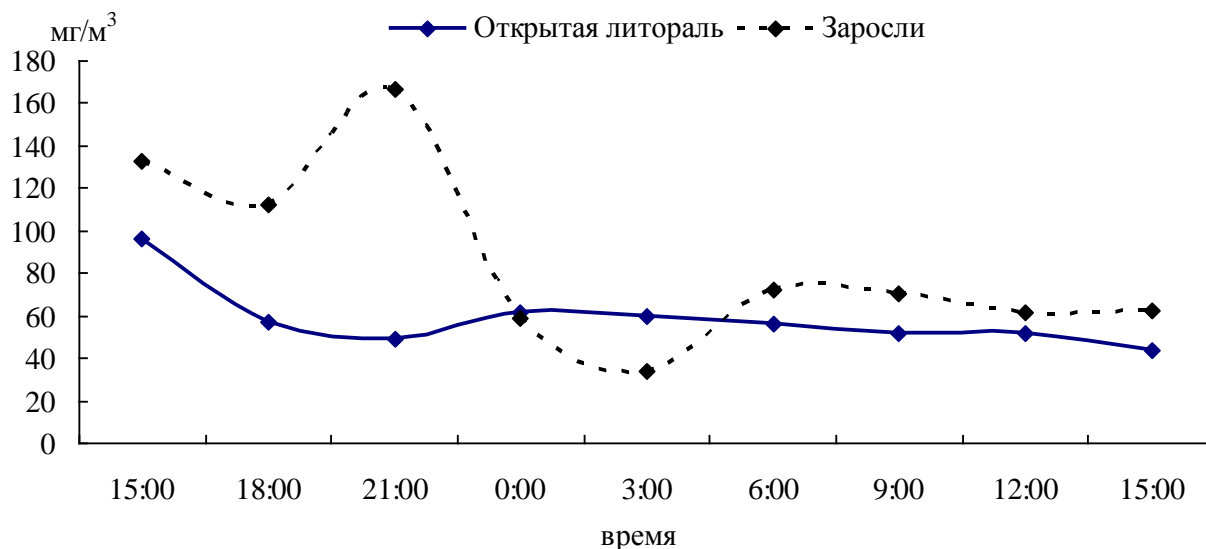


Рис. 11. Суточная динамика содержания хлорофилла *a* фитопланктона в литоральной зоне Бердского залива Новосибирского водохранилища 19–20 августа 2013 г.

В суточной динамике зоопланктона отмечены высокие значения численности и биомассы в зарослях макрофитов в вечерние и ночные часы. Пик наблюдался в 21-00. Утром в 3 часа наблюдали пик численности и биомассы зоопланктона на открытой литорали (рис. 12).

Отдельные группы и виды зоопланктона имеют разную суточную динамику. Максимальная численность хищных ветвистоусых (*Leptodora kindtii* и *Bythotrephes longimanus*) наблюдается на открытой литорали в дневные часы (с 12-00 до 18-00 часов) при максимальном солнечном освещении. При повышении облачности пика численности указанных хищников не наблюдается. *D. longispina*, *D. brachyurum* достигают пика численности в 18-00, а у *Moina brachiata* наблюдались два пика численности: в 03-00 и в 15-00. Остальные виды не входили в состав доминантов и субдоминантов во время эксперимента и их численность мало изменялась в течение суток. Среди коловраток интересная динамика численности наблюдалась у хищных *A. priodonta* и *A. herriki*. Их численность синхронно колебалась с периодичностью в 6 часа, достигая максимумов в 15-00, 21-00, 03-00, 09-00, 15-00. Наиболее высокий пик их численности отмечен в 15-00 на открытом мелководье. Пик численности зоопланктона на открытой литорали в ночные часы обусловлен совокупным ростом численности мирных коловраток и, соответственно, параллельным ростом численности циклопов, как взрослых, так и науплиальных и копеподитных стадий. Наиболее высокие пики численности наблюдались у доминировавших *M. leuckarti*, *Cyclops kolensis*, *Megacyclops viridis*. В макрофитах наблюдался рост численности всех групп зоопланктона с 21-00 до 03-00, за исключением представителей р. Polyarthra, у которых максимальные показатели численности были приурочены к 15-00.

В зарастающей литорали отмечена достоверная высокая корреляция численности коловраток с температурой (0,88) и с концентрацией кислорода (0,40).

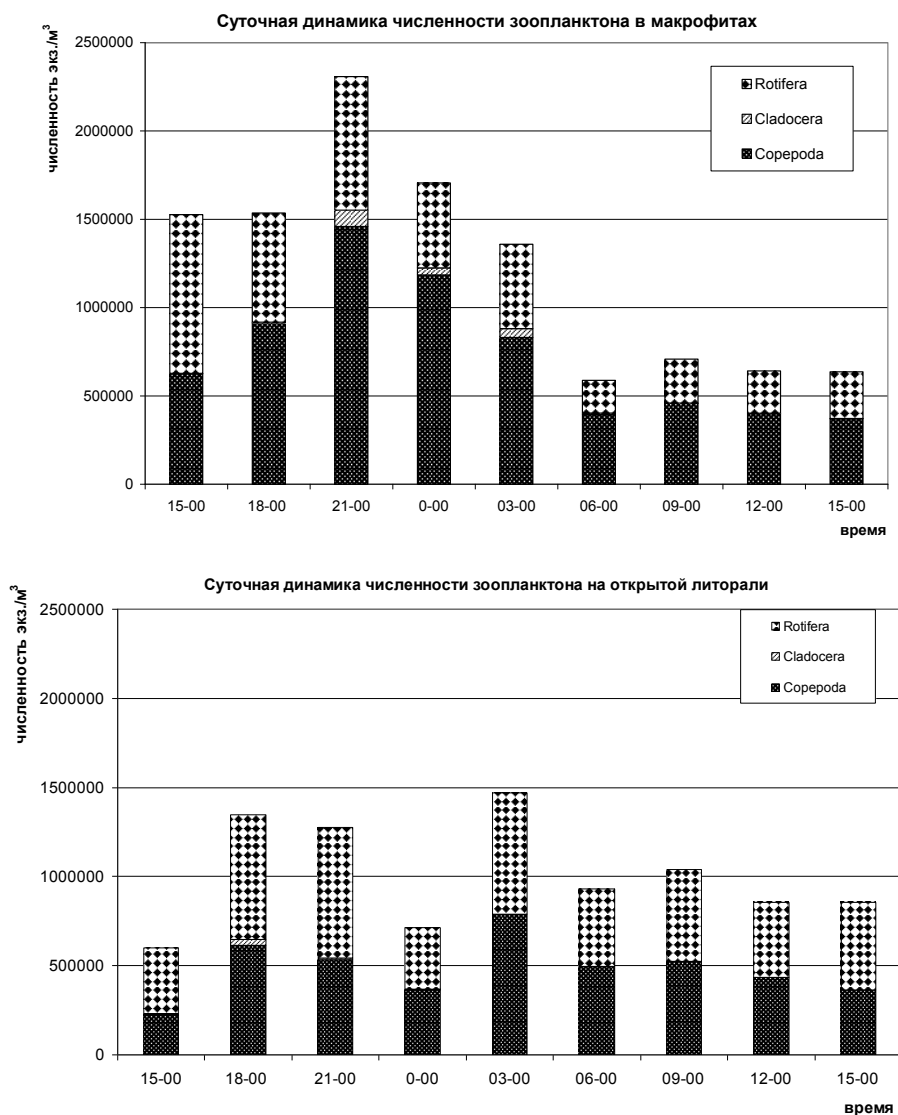


Рис. 12.

3.7. Степень новизны полученных результатов

Впервые выполнен ретроспективный анализ гидрологического, гидрохимического и гидробиологического режимов водохранилища за весь период его существования. Отмечено, что в течение последних 20 лет наблюдается значительное сокращение продолжительности стабилизации уровня воды в водохранилище на отметке НПУ. Выявлена тенденция к увеличению повторяемости маловодных лет и проявлению маловодных циклов, состоящих из 2-3 и 4 лет, а также уменьшению водности весеннего сезона. В многолетнем разрезе происходит постоянное снижение среднегодовой величины водности.

Впервые проведено комплексное исследование гидрологического и гидрохимического режимов, а также особенностей формирования и функционирования биоценозов литорали крупного равнинного водохранилища Сибири в разные фазы его гидрологического цикла: весеннего наполнения, летней стабилизации уровня и осенне-зимней сработки. Показано, что «искусственное» регулирование уровня воды оказывает большое влияние на гидрологические и гидрохимические условия прибрежных местообитаний, что выражается в мозаике фито- и зооценозов.

Впервые проведен суточный мониторинг гидрохимических показателей, а также состава и структуры фито- и зоопланктона литорали в период летней стабилизации уровня. Выявлены различия в суточной динамике гидрохимических и гидробиологических показателей в открытой и зарастающей литорали.

Полученные результаты являются новыми знаниями и служат ключом к пониманию механизмов функционирования водных экосистем.

3.8. Сопоставление полученных результатов с мировым уровнем

В результате исследований гидрологических, гидрохимических и гидробиологических характеристик литорали Новосибирского водохранилища выявлены особенности функционирования литоральных биоценозов водохранилища в условиях сезонного регулирования уровня в многоводном 2013 году. Полученные результаты подтверждают данные исследователей о высокой роли уровня в формировании и функционировании экосистемы водохранилища (Авакян, Ривьер, 2000; Мордухай-Болтавской, 1963; Фортунатов, 1971; Экзерцев и др., 1990; Ляшенко, 2009; Столбунова, 2011; Pruset al., 1999; Wojtal et al., 2003; Leslie, 2005; Bross et al., 2007; Jakubik, 2007).

3.9. Методы и подходы, использованные в ходе выполнения Проекта (описать, уделив особое внимание степени оригинальности и новизны)

В 2013 г. были проведены комплексные экспедиционные гидрологические, гидрофизические, гидрохимические и гидробиологические исследования литорали Новосибирского водохранилища. Из гидрологических и гидрофизических показателей исследованы: уровень и температура воды, прозрачность, цветность, электропроводность, тип донных отложений. Из гидрохимических – pH, содержание растворенного в воде кислорода, БПК₅, ионный состав, содержание органических и биогенных веществ, фенолов и нефтепродуктов. Гидробиологические исследования включали все звенья трофической цепи: фито- и зоопланктон, фито- и зообентос, фито- и зооперифтон, макрофиты, а также исследования первично-продукционных и деструкционных процессов. Экспедиционные работы охватили все основные фазы существования водохранилища: фазу весеннего наполнения (4-7 июня), фазу летней стабилизации уровня (13-20 августа), начало осенне-зимней сработки уровня (7-9 октября).

Специфика проведения исследований заключалась в том, что пробы отбирали по профилю от открытой части водоема к берегу с максимальным учетом всех типов зарослей, глубин, донных отложений, присущих каждому участку мелководий. Для изучения первично-продукционных и деструкционных процессов, на Крутихинском и Ирменском мелководьях, в заливе р. Орда и Бердском заливе были поставлены эксперименты по определению первичной продукции фитопланктона.

Для получения более полной картины взаимодействия основных компонентов биоценоза между собой и окружающей их средой были проведены суточные наблюдения в период летней стабилизации уровня, во время которых каждые три часа в зарастающей и открытой литорали отбирали пробы фито- и зоопланктона, в зарастающей литорали измеряли гидрологические и гидрохимические показатели.

Особенностью проведения исследований было использование для изучения гидрохимического режима многопараметрического зонда качества воды YSI 6600 V2-4. Прибор может использоваться как в режиме стационарных наблюдений для определения временной изменчивости измеряемых характеристик в данной точке наблюдений, так в режиме оперативного определения распределения измеряемых характеристик водных масс в пространстве. Измерение физико-химических и биологических характеристик воды (температуры, электропроводности, pH, ORP, растворенного кислорода, содержания хлорофилла "а") проводили *in situ*, непосредственно в толще воды, в заданной точке и на требуемой глубине. Использование прибора позволило во время суточных наблюдений получить непрерывный ряд данных динамики гидрохимических показателей за 24 часа.

В результате проведенных экспедиционных работ было отобрано: 262 гидрохимические и 695 гидробиологических проб. Из них – 116 проб фитопланктона, 116 проб для определения пигментных характеристик фитопланктона, 75 проб зоопланктона, 13 проб фитоперифитона, 7 проб зооперифитона, 57 проб зообентоса, собрано более 200 листов гербарного материала, сделано 65 геоботанических описаний и 46 укусов мак-

рофитов на определение биомассы. Поставлено 14 экспериментов для определения первичной продукции фитопланктона.

При натуральных исследованиях были использованы общепринятые полевые и лабораторные методы. Анализ полученных результатов проведен с применением стандартных и специальных математических методов с привлечением литературных данных по аналогичным водным экосистемам. Химический анализ проб воды и донных отложений проведен в аккредитованном и лицензированном Отделе по контролю качества природных и сточных вод ФГУ «ВерхнеОбьрегионводхоз».

3.10.1. Количество научных работ, опубликованных в ходе выполнения Проекта – 1

3.10.2. Из них включенных в перечень ВАК – 0

3.10.3. Из них включенных в системы цитирования (Web of Science, Scopus, Web of Knowledge, Astrophysics, PubMed, Mathematics, Chemical Abstracts, Springer, Agris, GeoRef) – 0

3.11. Участие в научных мероприятиях по тематике Проекта, которые проводились при финансовой поддержке Фонда (указать только количество мероприятий – цифрами) 1

3.12. Участие в экспедициях по тематике Проекта, которые проводились при финансовой поддержке Фонда (указать только количество экспедиций – цифрами) – 3

3.13. Финансовые средства, полученные от РФФИ (указать общий объем, в руб.) – 300000,00 руб.

3.14. Адреса (полностью) ресурсов в Интернете, подготовленных авторами по данному проекту –

3.15. Библиографический список всех публикаций по проекту за весь период выполнения проекта, в порядке значимости: монографии, статьи в научных изданиях, тезисы докладов и материалы съездов, конференций и т.д. (к отчету за второй год выполнения проекта – список публикаций за два года, к отчету за третий год выполнения проекта – список за три года)

Зарубина Е.Ю., Киприянова Л.М. Первичная продукция высшей водной растительности Новосибирского водохранилища// Интеграция ботанических исследований и образования: традиции и перспективы: Труды Международной научно-практической конференции, посвященной 125-летию кафедры ботаники (Томск, 12-15 ноября 2013 г.) – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2013. – С. 58-60.

**3.16. Приоритетное направление развития науки, технологий и техники РФ, которому, по мнению исполнителей, соответствуют результаты данного проекта (выбрать номер пункта по Приложению или «не очевидно»)
Рациональное природопользование**

3.17. Критическая технология РФ, которой, по мнению исполнителей, соответствуют результаты данного проекта (выбрать номер пункта по Приложению или «не очевидно»)

Технологии мониторинга и прогнозирования состояния окружающей среды

**3.18. Основное направление технологической модернизации экономики России, которому, по мнению исполнителей, соответствуют результаты данного проекта (выбрать номер пункта по Приложению или «не очевидно»)
не очевидно**