

**ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИЕ ПИГМЕНТЫ В ПЕРИФИТОНЕ
ВОДОТОКОВ БАСЕЙНОВ РЕК ЗЕЯ И БУРЕЯ**

С.Е. Сиротский

*Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, ул. Ким-Ю-Чена, 65,
Хабаровск, 680000, Россия. E-mail: sirotsky@ivep.as.khb.ru*

Приводятся данные по содержанию фотосинтетических пигментов в сообществах перифитона в водотоках горного и предгорного типов бассейнов рек Зея и Буряя. Показано, что главными факторами, определяющими степень развития водорослей в водотоках, являются гидрологический режим, обусловленный конкретными климатическими условиями на водосборной площади. Отмечено стимулирующее влияние на развитие водорослей перифитона хозяйственно-бытовых сточных вод и стоков от предприятий золотодобывающего и угледобывающего комплексов.

**PHOTOSYNTHETIC PIGMENTS IN THE WATERCOURSES PERIPHYTON
OF THE BASINS OF ZEYA AND BUREYA RIVERS**

S.E. Sirotsky

*Institute of Water and Ecology Problems, FEB RAS, 65 Kim-Yu-Chen Str.,
Khabarovsk, 680000, Russia. E-mail: sirotsky@ivep.as.khb.ru*

The data on the contents of photosynthetic pigments in the periphyton communities in mountain and foothill streams types of river basins Bureya and Zeya are given. It is shown that hydrological regime is the main factors determining the development of algal blooms in watercourses, due to the specific climatic conditions in the watershed. Stimulatory effect of domestic wastewater and sewage from enterprises gold-mining and coal-mining manufactures on the development of the periphyton algae is defined.

Для анализа качества вод могут быть использованы практически все группы организмов, населяющих водоемы и водотоки: планктонные и бентосные беспозвоночные, водоросли, макрофиты, бактерии и рыбы, т.е. гидробионты. Каждая группа организмов в качестве биологического индикатора имеет свои преимущества и недостатки, которые определяют границы ее использования при решении задач биоиндикации.

Изучение перифитона при биологическом анализе имеет первостепенное значение, так как он является интегральным показателем состояния водных экосистем. Это объясняется тем, что организмы, его составляющие, характеризуют условия именно данного пункта, а не занесены случайно из других мест, как это может быть с планктонными организмами. По своему составу и развитию перифитон отвечает средним условиям, в которых существовало сообщество до момента исследования. Если даже в момент исследования в данном месте будет находиться совершенно чистая вода, это не помешает по характеру перифитона оценить загрязнение водного объекта, которое имело место раньше.

Наши работы включали определение продукционных характеристик сообществ перифитона по содержанию в нем фотосинтетических пигментов. Среди зеленых пигментов предпочтение отдается хлорофиллу а, поскольку по концентрации хлорофилла а оцени-

Таблица 1

Трофический статус водных объектов и классы качества воды по содержанию хлорофилла *a* в фитопланктоне и водорослях перифитона

	Характеристика трофического статуса водного объекта					
	Олиготрофный	Мезотрофный	Слабоэвтрофный	Сильноэвтрофный	Политрофный	Гипертрофный
Класс качества вод	I	II	III	IV	V	VI
	Очень чистые	Чистые	Умеренно загрязненные	Загрязненные	Грязные	Очень грязные
Первичная продукция г О ₂ /м ² •сут	до 1,22	1,23–2,22	2,23–3,47	3,48–5,20	5,21–6,40	> 6,40
Концентрация хлорофилла <i>a</i> в водорослях фитопланктона, мг/м ³	до 3	4–8	9–15	16–30	31–60	> 60
Концентрация хлорофилла <i>a</i> в водорослях перифитона (водотоки), мг/м ²	до 15	16–30	31–45	46–65	66–80	> 80

вают степень развития водорослей, их биомассу, ассимиляционную активность, косвенно первичную продукцию, судят об уровне нагрузки биогенными элементами водных объектов в целом. Данный критерий входит в число эколого-санитарных показателей качества природных вод, составляет основу их трофической и рыбохозяйственной классификации (Винберг, 1960; Бульон, 1983).

По международным нормам оценки трофического статуса и классов качества вод по концентрации хлорофилла *a* для водной толщи, принято выделять шесть классов качества вод (Сиренко, 1988). В соответствии с этими нормами разработана и предложена шкала для оценки трофического статуса и классов качества вод по величине первичной продукции и концентрации хлорофилла *a* в сообществах водорослей перифитона, населяющих гравийно-галечный субстрат водотоков горного и предгорного типа (Сиротский, 1998; 1999).

Предложенная система классификации представлена в табл.1.

Она позволяет нам определить и отметить тенденцию изменения трофического состояния исследуемых водных экосистем бассейна, как в естественном состоянии, так и при антропогенном воздействии на водные экосистемы.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Объекты исследования – водотоки горного и предгорного типа бассейнов рек Буряя и Зея. Подробное описание объектов исследования в бассейнах этих рек представлено в соответствующих изданиях (Гидроэкологический мониторинг..., 2007; Гидроэкологический мониторинг..., 2010).

Материалом для определения фотосинтетических пигментов служили водоросли перифитона, населяющие гравийно-галечный субстрат водных объектов. В водотоках с глубины 0,2–0,7 м методом случайной выборки отбиралось 4–8 камней, с которых водоросли перифитона счищались щеткой в кювету с определенным объемом воды, далее водоросли сепарировали в фильтровальной воронке на мембранных фильтрах. Экстракция пигментов осуществлялась раствором 90 % ацетона. Площадь камней рассчитывали по их проекции на бумаге весовым методом.

Фотосинтетические пигменты водорослей перифитона определяли согласно Госту (ГОСТ 17.1.4.02-90).

Следует отметить, что комплексное гидроэкологическое обследование водных объектов бассейна р. Бурея сотрудниками ИВЭП и БПИ ДВО РАН было начато в 1993–1994 гг. в составе работ по проектированию Бурейской ГЭС. Начиная с 2003 г. работы уже осуществлялись в рамках научного социально-экологического мониторинга Бурейской ГЭС, а с 2012 г. работы по мониторингу продолжаются при строительстве Нижне-Бурейской ГЭС.

В 2004 г. продолжены более детальные гидроэкологические исследования водных объектов бассейна р. Зея. Зона влияния Зейской ГЭС рассматривалась в качестве аналога Бурейской ГЭС. В 2007–2008 гг. исследования были связаны с проектированием Нижне-Зейского гидроузла, а в 2013 г. – с работами в рамках реконструкции Зейской ГЭС.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Исследования, проведенные на многочисленных водотоках горного и предгорного типа, показывают, что главным фактором, определяющим степень развития водорослей в водотоках, является гидрологический режим, обусловленный конкретными климатическими условиями на водосборной площади, условиями минерального и биогенного состава природных вод. Так, регулирующая роль паводков в развитии сообществ перифитона для горных рек Северной Америки, Канады, Японии, Нижнего Амура приводится в ряде работ (Tomimaga, Ichimura, 1966; Boot et al., 1985; Сиротский, Медведева, 1996; и др.).

Ранее на конкретных примерах показано стимулирующее влияние на развитие водорослей перифитона стоков от предприятий золотодобывающего и угледобывающего комплексов (Сиротский, Медведева, 1996).

Например, во время летне-осенней межени, наиболее высокие концентрации хлорофилла *a* в перифитоне отмечаются на участках водотоков, которые подвержены антропогенному воздействию. Так, проведенные нами ранее исследования в республике Саха (Якутия) показали, что среди водотоков Лено-Индигирской водной системы максимальная концентрация хлорофилла *a* (до 130 мг/м²) была отмечена в р. Верхняя Нерюнгри, в которую сбрасывались шахтные воды угледобывающего комбината г. Нерюнгри, в то время как фоновое содержание хлорофилла *a* в перифитоне не превышало 20 мг/м². В р. Куранах, выше деятельности золотодобывающего прииска «Ленинский», концентрация хлорофилла *a* составляла около 4 мг/м², а после сброса в нее отработанных вод этого предприятия хлорофильная масса водорослей возрастала до 63 мг/м² (Сиротский, Медведева, 1996). В р. Левый Ул после сброса хозяйственно-бытовых сточных вод со станции биологической очистки пос. Многовершинный содержание хлорофилла *a* достигало 537 мг/м² при фоновых концентрациях около 30 мг/м². В р. Бирсалали, ее левобережном притоке, содержание хлорофилла *a* закономерно увеличивалось от верховьев к устью от 24 до 62 мг/м², вследствие поступления дренажных, богатых органическим веществом вод из хвостохранилища горнообогатительного комбината пос. Многовершинный (Сиротский и др., 1994).

Подобная ситуация отмечается и на водотоках Японии. На участках рек, испытывающих влияние хозяйственно-бытовых сточных вод населенных пунктов, цвет воды имеет светло-молочный оттенок. В устьевой части р. Сагами, например, концентрация хлорофилла в перифитоне была 99–130 мг/м². В водотоках окрестностей г. Осака на умеренно и сильно загрязняемых участках рек Нуи, Иши, Кино она составляла 58, 133 и 105 мг/м, соответственно (Сиротский, Медведева, 1996). Значительное превышение биомассы водорослей перифитона на загрязняемых участках рек свидетельствует о стимулирующем влиянии техногенных вод на интенсивность биообрастаний.

ВОДОТОКИ БАСЕЙНА Р. БУРЕЯ

Места отбора проб и содержание фотосинтетических пигментов в водорослях перифитона в водотоках р. Бурея представлены в табл. 2.

Гидрологические условия являются одним из главных факторов, определяющих развитие водных сообществ в водотоках. Например, в середине июня после прохождения

Таблица 2

Содержание фотосинтетических пигментов в перифитоне водотоков бассейна р. Буря

Место отбора пробы (номер станции)	Дата	С хл <i>a</i> , мг/м ²	С хл <i>b</i> , мг/м ²	С хл <i>c</i> , мг/м ²	С к SPU, м ²
Водотоки бассейна р. Буря в верхнем бьефе Бурейской ГЭС					
р. Левая Буря, протока, выше стрелки (1)	22.06.1993	0,83	0,52	–	0,49
р. Левая Буря, устье, пережат (2)	22.06.1993	0,086	0,032	0,06	0,069
	05.09.1993	3,13	0,25	0,17	1,16
р. Левая Буря, устье, плес (2)	05.09.1993	6,37	1,09	1,04	3,62
р. Правая Буря, 8 км от устья, пережат (3)	23.06.1993	0,47	0,13	0,46	0,22
	03.09.1993	0,24	0,037	0,053	0,09
р. Правая Буря, 8 км от устья, плес (3)	23.06.1993	3,4	0,65	0,64	2,32
	03.09.1993	3,1	0,43	–	1,77
р. Ниман, выше устья	15.07.2003	0,25	0,06	0,14	0,23
р. Нимакан, устье	15.07.2003	2,11	0,59	0,44	1,44
р. Буря, 1,5 км выше р. Ниман	16.07.2003	0,03	0,00	0,02	0,02
р. Умальта-Матит, устье (8)	26.06.1993	0,32	0,055	0,125	0,23
р. Буря, гидроствор р. Усмань (9)	26.06.1993	0,695	0,2	0,32	0,39
	06.09.1993	15,13	1,53	1,14	9,05
р. Сергекта (10)	05.09.1993	2,77	0,26	0,29	1,21
р. Буря, ниже р. Сергекта (11)	02.09.1993	63,82	5,6	2,67	17,22
р. Усмань, устье (12)	06.09.1993	15,19	1,17	–	7,38
р. Буря, выше р. Уссамаха (13)	06.09.1993	14,49	1,94	1,16	10,45
р. Буря, ниже ж/д моста (14)	15.06.1993	0	0	0	0
	08.09.1993	2,04	–	0,32	0,34
	06.09.1994	1,15	0,11	0,25	1,26
р. Буря, у ж/д моста	23.09.2005	32,57	5,72	6,06	23,95
р. Солони	13.07.2003	7,25	1,79	0,84	4,02
р. Дубликан, пережат	17.07.2003	0,02	0,02	0,07	0,07
р. Ягдынья	17.07.2003	2,61	0,45	0,65	2,39
р. Туюн, выше подпора, плес	17.07.2003	32,41	6,39	7,19	23,85
	21.09.2006	24,67	4,15	4,85	13,01
р. Туюн, выше подпора, пережат	17.07.2003	14,72	3,19	3,39	10,25
	21.09.2006	12,90	6,74	4,20	7,48
руч. Мыльный	22.09.2005	6,02	0,68	0,93	3,85
р. Талая, выше подпора	21.09.2005	2,60	0,13	–	1,30
р. Солони, пережат	22.09.2006	6,03	2,54	1,59	3,92
р. Солони, плес	22.09.2006	19,45	8,90	5,58	10,91
р. Обдерган, выше подпора	18.09.2006	1,57	0,92	1,00	1,31
р. Большой Чалбач, выше подпора	19.09.2006	0,75	0,41	0,36	0,80
р. Таканцы, выше подпора	19.09.2006	0,75	0,39	0,26	0,91
р.Чегдомын и ее притоки					
р.Эльганджя, 200 м выше устья, пережат	13.07.2003	7,24	1,71	2,20	3,40
р.Эльганджя, 200 м выше устья, слив	13.07.2003	13,54	1,93	2,18	8,21
р.Эльганджя, устье	24.09.2005	4,59	0,80	0,50	3,66
р.Эльганджя, пережат	22.09.2006	8,30	5,30	3,70	4,80

продолжение таблицы 2

Место отбора пробы (номер станции)	Дата	С хл а, мг/м ²	С хл b, мг/м ²	С хл с, мг/м ²	С к SPU, м ²
руч. Малый Ерик	16.07.2003	10,44	1,95	1,48	5,96
р.Чегдомын, выше устья р.Эльганджя	13.07.2003	1,51	0,29	0,14	0,90
	24.09.2005	5,77	1,05	0,87	3,52
р.Чегдомын, прижим (16)	01.07.1994	3,8	-	0,36	2,86
р.Чегдомын, выше сброса сточных вод (17)	15.06.1993	0,49	0,11	0,034	0,5
	29.06.1993	6,35	0,71	2,66	6,19
	07.09.1993	22,83	0,33	1,6	22,69
	05.07.1994	57,52	-	8,4	45,75
	06.09.1994	9,79	-	1,44	7,3
р.Чегдомын, 3-я шахта, плес	10.07.2003	20,56	6,08	2,91	11,42
	23.09.2006	14,46	7,04	3,74	8,32
р.Чегдомын 3-я шахта, пережат	23.09.2006	2,69	2,43	0,83	2,04
р.Чегдомын, ниже сброса сточных вод (18)	15.06.1993	0,145	0,233	0,681	0,424
	29.06.1993	10,72	0,25	2,71	9,12
	07.09.1993	47,81	1,63	3,8	37,3
	07.09.1993	265,6	16,3	54,7	243,63
	05.07.1994	228,68	1,6	28,04	150,38
	06.09.1994	168,4	-	22,7	135,23
р.Чегдомын, устье (19)	04.07.1994	51,28	1,48	7,81	33,15
	06.09.1994	49,82	-	6,71	32,69
	25.09.2005	0,54	-	-	0,69
	10.07.2003	53,60	27,40	0,0	36,70
	18.07.2003	11,05	2,44	0,92	7,18
	18.07.2003	19,24	2,23	4,00	12,15
	24.09.2005	19,05	3,30	3,89	15,49
	21.09.2006	43,16	17,65	11,60	18,58
	21.09.2006	20,63	9,43	7,14	14,60
	руч. 3 шахта (20)	05.07.1994	36,88	6,46	4,5
06.09.1994		48,8	2,65	3,89	37,81
р. Ургал и ее притоки					
р. Ургал, 3 моста (21)	06.09.1993	9,38	1,23	1,16	4,82
	01.07.1994	10,71	0,34	1,27	5,39
р. Ургал, пионерлагерь (22)	18.06.1993	0,52	0,04	0,06	0,57
	29.06.1993	2,12	0,33	2,61	1,91
	07.09.1993	2,64	0,39	0,88	1,9
	03.07.1994	10,2	-	1,3	8
	08.09.1994	37,97	-	6,58	31,52
	25.09.2005	5,68	2,06	1,11	3,02
р. Ургал, пионерлагерь (22), пережат	23.09.2006	11,67	4,93	3,04	8,75
р. Ургал, пионерлагерь (22), плес	23.09.2006	29,43	13,42	6,39	21,49
руч. Большие Сатанки, чистый створ (23)	03.07.1994	12,44	-	1,19	4,75
	08.09.1994	23,41	0,071	3,63	8,69
руч. Большие Сатанки, устье (24)	03.07.1994	78,3	-	11,47	66,18
	08.09.1994	80,29	-	11,94	66,72

окончание таблицы 2

Место отбора пробы (номер станции)	Дата	С хл <i>a</i> , мг/м ²	С хл <i>b</i> , мг/м ²	С хл <i>c</i> , мг/м ²	С к SPU, м ²
р. Ургал, пос. Средний Ургал (25)	08.09.1994	52,7	–	8,08	46,75
	14.07.2003	26,56	3,33	4,35	16,27
	14.07.2003	20,08	3,21	4,76	14,87
р. Ургал, пос. Средний Ургал (25)	25.09.2005	3,90	1,02	1,55	3,32
р. Ургал, пос. Средний Ургал (25),перекат	23.09.2006	13,59	5,79	3,54	8,92
р. Ургал, в р-не пос. Средний Ургал, плес	23.09.2006	7,15	3,30	1,96	4,96
кл. Иванов, пос. Средний Ургал (26)	03.07.1994	24,8	-	3,15	14,7
	08.09.1994	10,86	0,67	2,91	12,14
р. Ургал, устье (27)	15.06.1993	0,16	0,36	1,23	0,58
	08.09.1993	32,7	–	2,34	31,32
	6.09.1994	50,38	–	7	41,4
р. Ургал, устье, плес	11.07.2003	19,29	6,26	3,31	11,75
р. Ургал, устье, перекат	18.07.2003	5,09	0,75	1,42	3,64
	18.07.2003	3,07	0,43	0,77	2,19
р. Ургал, 4 км выше устья	23.09.2005	10,42	1,69	2,84	9,40
р. Ургал, 4 км выше устья, перекат	21.09.2006	25,25	10,60	5,04	13,75
р. Ургал, 4 км выше устья, плес	21.09.2006	54,92	27,18	13,86	32,36

Примечание. С хл *a* – концентрация хлорофилла *a*; С хл *b* – концентрация хлорофилла *b*;
С хл *c* – концентрация хлорофилла *c*; С к – концентрация общих каротиноидов; SPU примерно равна 1мг/м².

летнего паводка уровень р. Бурея по гидропосту «Усмась» 13.06.1993 составлял 623 см. Концентрация хлорофилла *a* в перифитоне рек Бурея, Ургал и Чегдомын была небольшой – от отсутствия в р. Бурея (ст. 14) до 0,52 мг/м² в р. Ургал (ст. 22). В дальнейшем уровень воды стабилизировался на отметках 266–350 см. В р. Правая Бурея и ее небольших притоках, так же как и в р. Левая Бурея, концентрация хлорофилла *a* в перифитоне в июне и сентябре не превышала 6,6 мг/м². На плесах, по сравнению с перекатами, значение хлорофилла было выше. На верхнем участке р. Бурея (между станциями 9–12), так же как и в р. Усмась, содержание хлорофилла *a* в перифитоне в сентябре составляло около 15 мг/м². На нижнем участке (ст. 14) его содержание было меньше (2,0 мг/м²). Следовые количества хлорофилла отмечены и в районе строительства плотины Бурейской ГЭС. Понижение количества хлорофилла по профилю р. Бурея однозначно связано с увеличением расходов воды и скорости течения на нижнем участке.

Наиболее существенно динамика развития водорослей перифитона выражена на р. Чегдомын, которая испытывает влияние шахтных и хозяйственно-бытовых сточных вод пос. Чегдомын. По приведенным в табл. 2 данным 1993 г. видно, что после прохождения паводка и установления межени в р. Чегдомын происходит рост водорослей перифитона как выше, так и ниже сброса сточных вод. Так, через две недели концентрация хлорофилла *a* на загрязняемом створе возрастает в 1,7 раза, а спустя три месяца – в 12 раз.

Максимальные значения хлорофилла *a* в июне и сентябре 1994 г. наблюдаются в р. Чегдомын ниже сброса хозяйственно-бытовых и шахтных вод (соответственно 228,7 и 168,4 мг/м²). Концентрация хлорофилла *a* ниже сброса сточных вод в июне в 4 раза, а в сентябре – в 17,2 раза больше, чем на фоновом участке. Минимальная же концентрация хлорофилла *a* отмечается выше поселка (ст. 16) (табл. 2). В июне в черте поселка выше

сброса сточных вод и устьевой части она мало различается, составляя соответственно 57,5 и 51,3 мг/м². В сентябре концентрация хлорофилла *a* выше сброса сточных вод уменьшается до 10 мг/м², а ниже сброса – до 60 мг/м². В устье же реки она осталась практически на прежнем уровне (50 мг/м²).

В устьевой части ручья Третья Шахта с июня по сентябрь концентрация хлорофилла *a* возрастала от 37 до 49 мг/м², а в устье Иванова Ключа, наоборот, снижалась с 25 до 11 мг/м².

Концентрация хлорофилла *a* в устьевой части руч. Большие Сатанки в период наблюдений мало меняется, составляя 78,3 в июне и 80,3 мг/м² в сентябре. Выше сброса в руч. Большие Сатанки шахтных вод содержание хлорофилла *a* в перифитоне повышается с 12 до 23 мг/м². Для этого ручья характерна та же закономерность, что и для р. Чегдомын, а именно: после поступления шахтных вод в руч. Большие Сатанки концентрация хлорофилла *a* в перифитоне значительно повышается. Так, на устьевом, загрязняемом шахтными водами участке концентрация хлорофилла *a* в июне в 6,3 раза, а в сентябре в 3,4 раза была выше по сравнению с условно чистым участком.

В р. Ургал в период летней межени 1994 г. концентрация хлорофилла *a* в перифитоне составляла 10,7 мг/м², оставаясь на уровне 1993 г. Выпадение ливневых осадков (1–2 июня) привело к резкому подъему уровня воды в реке и снижению концентрации хлорофилла до 10,2 мг/м². В сентябре, со стабилизацией гидрологического режима, выше пос. Чегдомын (ст. 17), она составляла 22,8 мг/м², а ниже по течению возрастала до 52,7 мг/м². По результатам обследования водных объектов в 2003–2006 гг. минимальные содержания фотосинтетических пигментов приурочены к периоду паводкового режима рек, а максимальные к периоду летне-осенней межени.

Результаты исследований в р. Буряя и ее притоках ниже плотины Бурейской ГЭС по результатам исследований представлены в табл. 3.

Так, в период значительных попусков воды в створе плотины Бурейской ГЭС при расходах воды от 3500 до 5000 тыс. м³/сек содержание хлорофилла *a* в перифитоне находится в небольших пределах от 0,16 до 5,8 мг/м². При стабилизации гидрологического режима при расходах воды через створ плотины в пределах 600–800 м³/сек наблюдается интенсивное развитие перифитона в р. Буряя. Содержание хлорофилла *a* достигает 176,0–228,0 мг/м², что сопоставимо с содержанием фотосинтетических пигментов ниже водовыпуска сточных вод в р. Чегдомын.

В притоках р. Буряя реках Синель, Дея, Большие Симичи, Дикан при стабилизации гидрологического режима в летне-осенний период содержание хлорофилла *a* в перифитоне составляет 44,5–76,2 мг/м², а в период повышенной водности находится в пределах от 6,0 до 13 мг/м².

БАССЕЙН Р. ЗЕЯ

Содержание фотосинтетических пигментов в перифитоне обследованных водотоков в бассейне р. Зея приведены в табл. 4.

Как следует из представленных данных, большая часть обследованных водотоков бассейна р. Зея по трофическому статусу относятся к категории олиготрофных. Содержание хлорофилла *a* до 15 мг/м². Исключение составляет р. Зея – ниже плотины Зейского водохранилища, где содержание хлорофилла *a* в перифитоне при стабильном гидрологическом режиме характеризует участок реки как слабо-евтрофный и политрофный (III–V класс качества вод). Содержание хлорофилла *a* от 42,6 до 62,0 мг/м². Достаточно высокое количество пигментов отмечено в р. Ту – от 11,3 до 42,0 мг/м², р. Граматуха – от 9,80 до 62,0 мг/м², р. Тыгда – от 28,2 до 90,6 мг/м².

Таблица 3

**Содержание фотосинтетических пигментов в перифитоне водотоков бассейна р. Бурея
в нижнем бьефе Бурейской ГЭС**

Место отбора пробы	Дата	С хл а, мг/м ²	С хл b, мг/м ²	С хл с, мг/м ²	С к SPU, м ²
Р. Бурея ниже плотины БГЭС	07.07.1993	0,16	0,1	0,037	0,21
	23.07.2003	0,64	0,15	–	0,44
	02.10.2005	5,76	2,95	3,16	6,39
	10.07.2012	176,0	67,1	11,5	127,4
Р. Курукуджак	27.06.2013	30,52	2,76	3,61	25,57
Р. Синель, мост, пережат	17.09.2006	22,65	13,90	6,60	12,90
Р. Синель, мост, плес	17.09.2006	6,31	4,31	2,87	4,74
Р. Синель	10.07.2012	36,6	3,0	2,5	23,2
	27.06.2013	10,08	0,55	0,82	6,55
	03.09.2013	9,85	2,38	2,15	8,21
	29.10.2013	76,20	1,61	8,43	54,74
Р. Пайкан	11.07.2012	7,1	0,7	0,8	5,9
	27.06.2013	6,37	0,40	0,93	5,77
	30.10.2013	12,29	0,55	1,78	10,06
Р. Дея	11.07.2012	12,0	0,8	1,0	7,5
	29.06.2013	1,82	0,33	0,52	2,10
	30.10.2013	50,28	1,69	6,40	40,58
Р. Большие Симичи	11.07.2012	44,1	0,1	3,1	31,6
	29.06.2013	15,16	3,29	3,53	9,81
	30.10.2013	66,65	0,07	5,95	52,38
Р. Мал. Симичи	29.06.2013	5,96	1,13	1,33	3,91
Р. Бурея, плотина НБГЭС, пр. берег	12.07.2012	38,9	2,5	4,0	36,3
Р. Бурея, плотина НБГЭС, лев. берег	12.07.2012	218,3	–	19,4	193,2
Р. Бурея, п. Новобурейский	23.07.2003	25,85	9,22	7,93	21,08
	03.09.2013	25,86	5,24	2,09	17,03
	29.10.2013	33,57	3,29	3,28	22,37
Р. Дикан	28.06.2013	44,46	1,35	4,89	32,43
	30.10.2013	67,51	1,21	9,28	47,03

Таблица 4

**Содержание фотосинтетических пигментов в водотоках бассейна р. Зeya
по результатам исследований 2004–2013 гг.**

Место отбора	Дата	С хл <i>a</i> , мг/м ²	С хл <i>b</i> , мг/м ²	С хл <i>c</i> , мг/м ²	С к SPU, м ²
р. Селемджа, пос. Февральск	14.06.2004	0,49	0,53	0,13	0,60
р. Бурунда, 300 м выше устья, пережат	16.06.2004	5,25	1,48	1,26	2,46
р. Нора, 1 км ниже устья р. Бурунда, пережат	16.06.2004	2,43	0	1,86	1,63
р. Гиллой, 15 км выше п. Золотая гора, пережат	19.06.2004	4,79	0,23	0,83	2,42
р. Гиллой, 15 км выше п. Золотая гора, плес	19.06.2004	6,29	1,40	0,74	3,74
р. Малые Дамбуки (басс. Зейского вод-ща), 2 км выше п. Береговое, пережат	19.06.2004	9,48	1,58	2,14	7,31
руч. Артемей (басс. Зейского вод-ща), у моста по трассе, пережат	21.06.2004	3,33	0	0,59	4,69
р. Малый Десс (басс. Зейского вод-ща), у моста по трассе, пережат	21.06.2004	3,60	0,04	0,37	2,60
р. Большой Десс (басс. Зейского вод-ща), у моста по трассе, пережат	21.06.2004	3,51	–	0,44	2,76
р. Сирик (басс. Зейского вод-ща), у моста по трассе, плес	21.06.2004	11,46	0	2,91	5,11
Безымянный ключ (приток р. Малый Киряк), у моста по трассе, пережат	22.06.2004	3,82	0,36	1,51	1,99
р. Малый Киряк (басс. Зейского вод-ща), у моста по трассе, пережат	22.06.2004	8,22	0	1,23	7,42
р. Ижак (басс. Зейского вод-ща), у моста по трассе, пережат	22.06.2004	2,71	0,53	-0,22	1,26
р. Нагнал (басс. Зейского вод-ща), у моста по трассе, пережат	22.06.2004	1,55	0,28	0,17	0,95
р. Пальпага (басс. Зейского вод-ща), у моста по трассе, пережат	22.06.2004	6,98	0	0,29	5,41
р. Большой Гармакан (басс. Зейского вод-ща), устье, пережат	23.06.2004	1,68	0,14	0,04	1,85
р. Большой Гармакан	02.07.2013	9,59	1,89	0,90	8,46
р. Малый Гармакан	02.07.2013	4,99	1,11	1,14	5,23
р. Широковка (басс. Зейского вод-ща), устье, пережат	23.06.2004	4,48	0,30	0,16	2,30
р. Широковка	02.07.2013	12,83	2,16	2,82	15,09
р. Зeya, 500 м ниже п. Краснояроро	13.06.2004	1,74	0,08	0,06	0,73
р. Зeya, г. Зeya, 1,5 км ниже плотины ГЭС, пережат, лев. берег	20.06.2004	44,82	–	12,06	21,54
р. Зeya, г. Зeya, 1,5 км ниже плотины ГЭС, пережат, лев. берег	03.07.2013	60,05	3,46	5,48	51,60
р. Зeya, с. Овсянка	03.07.2013	42,55	1,98	5,85	46,21
р. Граматуха, 2 км выше устья	09.09.2007	61,96	16,96	13,48	29,82
	20.09.2008	9,80	4,00	3,88	5,24
р. Ту	10.09.2007	42,005	9,347	6,209	32,05
р. Ту, 1 км от устья	21.09.2008	11,368	4,122	3,819	6,809
р. Тыгда, 2 км выше устья	11.09.2007	28,15	6,30	13,46	17,50
р. Тыгда, 1 км выше устья	22.09.2008	90,63	15,41	26,03	56,87
р. Тыгда, 10 км выше устья	24.09.2008	51,85	9,97	12,28	29,65
р. Деп, 12 км выше устья	23.09.2008	3,79	1,16	1,86	2,98

ЛИТЕРАТУРА

- Винберг Г.Г. 1960.** Первичная продукция водоемов. Минск: Изд-во АН БССР. 329 с.
- Бульон В.В. 1983.** Первичная продукция планктона внутренних водоемов. Л.: Наука. 150 с.
- ГОСТ 17.1.4.02-90.** Вода. Методика спектрофотометрического определения хлорофилла *a*. ИПК. Издательство стандартов. Москва.
- Гидроэкологический мониторинг зоны влияния Бурейского гидроузла. 2007.** Хабаровск: ИВЭП ДВО РАН. 273 с.
- Гидроэкологический мониторинг зоны влияния Зейского гидроузла. 2010.** Хабаровск: ИВЭП ДВО РАН. 354 с.
- Сиренко Л.А. 1988.** Проблемы евтрофирования водоемов // Экологическая химия водной среды. Материалы I Всесоюзн. школы. Кишинев, 24–26 октября 1985 г. М. С. 125–147.
- Сиротский С.Е., Макаренченко Е.А., Макаренченко М.А., Медведева Л.А. 1994.** Гидробиологическое состояние водотоков в районе деятельности горнообогатительного комбината п. Многовершинный // Биогеохимические и экологические оценки техногенных экосистем бассейна реки Амур. Владивосток: Дальнаука. С. 68–81.
- Сиротский С.Е., Медведева Л.А. 1996.** Пигментные характеристики водорослей перифитона водотоков Дальнего Востока // Биогеохимические и экологические исследования природных и техногенных экосистем Дальнего Востока. Владивосток: Дальнаука. С. 86–96.
- Сиротский С.Е. 1998.** К вопросу о трофической классификации водоемов и водотоков на основании величин первичной продукции и концентрации хлорофилла *a* // Биогеохимические и гидроэкологические исследования на Дальнем Востоке. Владивосток: Дальнаука. С. 77–83.
- Сиротский С.Е. 1999.** Причины критических ситуаций в бассейне реки Амур в контексте евтрофирования водной экосистемы // Исследования водных и экологических проблем Приамурья. Владивосток-Хабаровск: Дальнаука. С. 162–164.
- Boot J.T., Dunn C.S. Naiman R.J. 1966.** Benthic community metabolism in four temperate stream systems: An inter-biome comparison and evaluation of the river continuum concept // *Hydrobiologia*. V. 123, N 1. P. 1–45.
- Tominaga H., Ichimura S. 1966.** Ecological studies on the organic matter production in mountain river ecosystem // *Bot. Mag. Tokyo*. V. 73. P. 815–829.