

ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ, СТРУКТУРА СООБЩЕСТВ И КАЧЕСТВО ВОД

СООБЩЕСТВА ПЕРИФИТОННЫХ ВОДОРОСЛЕЙ ВОДОТОКОВ БАСЕЙНА ЗЕЙСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Л.А. Медведева

Биолого-почвенный институт ДВО РАН, пр. 100-летия Владивостока, 159, Владивосток, 690022, Россия. E-mail: medvedeva@ibss.dvo.ru

Приведены результаты изучения сообществ водорослей перифитона некоторых водотоков, впадающих в Зейское водохранилище. Преобладали речные виды-обработатели из отдела Bacillariophyta: *Hannaea arcus*, *Achnanthydium minutissimum*, *Encyonema silesiaca*, *E. minuta* и другие виды. Численность и биомасса водорослей-обработателей колебались в значительной степени, как в различных водотоках, так и на участках плес-пережат одного и того же водотока. Максимальные значения численности водорослей достигали 162,8–165,8 млрд кл./м², минимальные: 5,63–16,9 млрд кл./м². В большинстве водотоков численность водорослей определялась количеством мелкоклеточных синезеленых водорослей. Максимумы биомассы наблюдались в пределах 51,0–54,8 г/м², минимумы: 1,74–2,0 г/м². В сложении общей биомассы основная доля принадлежала крупноклеточным диатомовым водорослям. Санитарно-биологический анализ качества воды свидетельствует о том, что практически все обследованные водотоки находятся в хорошем экологическом состоянии и приносят в Зейское водохранилище чистые воды II класса чистоты (S=0,25–1,44), соответствующие олигосапробной зоне самоочищения.

PERIPHYTON ALGAE COMMUNITIES OF ZEJA RESERVOIR TRIBUTARIES

L.A. Medvedeva

Institute of Biology and Soil Sciences, Russian Academy of Sciences, Far East Branch, 100 let Vladivostoku Avenue, Vladivostok, 690022, Russia. E-mail: medvedeva@ibss.dvo.ru

Results of the research of algae periphyton communities of some streams flowing into Zeya Reservoir are given. Riverine epibiont species from the division Bacillariophyta: *Hannaea arcus*, *Achnanthydium minutissimum*, *Encyonema silesiaca*, *E. minuta* and other species dominated. Quantity and biomass of epibiont species varied considerably both in different streams as well as in riffle-pool areas of the same stream. Maximum of algae's quantity reached 162,8–165,8 mill. cells/m² and minimum 5,63–16,9 mill. cells/m². In majority of the streams algae's quantity was determined by amount of small-celled algae from the division Cyanoprocarvota. Maxima of biomass were recorded the range from 51,0–54,8 g/m², minima in the range from 1,74–2,0 g/m². In the total biomass the main part consisted of large-celled Bacilla-

riophyta algae. Sanitary-biological analysis of water quality indicates that almost all examined streams are in good ecological condition and bring into Zeya Reservoir clean waters of second category of purity ($S=0,25-1,44$), which conform to oligosaprobic zone natural cleansing.

Сведения о водорослях бассейна р. Зея практически отсутствуют. До недавнего времени имела единственная работа Б.В. Скворцова, в которой были опубликованы данные о водорослях верховьев р. Зеи (Скворцов, 1917). В торфяных болотах, расположенных в верховьях р. Зеи, были найдены десмидиевые водоросли, среди которых преобладал *Cosmarium amurense*. Нередко встречались диатомовые водоросли из родов *Eunotia* и *Pinnularia*. Всего было указано 54 видовых и внутривидовых таксона водорослей, при этом было описано несколько новых для науки видов и форм: *Cosmarium amurense*, *C. cyclicum* var. *arcticum* f. *punctatum*, *Closterium intermedium* var. *ornatum*, *Trachelomonas raciborskii* var. *minor* (Скворцов, 1917). Имеются также некоторые сведения о водорослях Зейского водохранилища (Медведева, 2005). В составе фитопланктона водохранилища было обнаружено 27 видов водорослей из пяти отделов, наиболее часто были отмечены *Dinobryon divergens* и *Asterionella formosa*.

Цель нашего исследования состояла в том, чтобы оценить биологическое разнообразие водорослей перифитона, выяснить видовой состав и структуру сообществ водорослей и дать оценку современного санитарно-биологического состояния некоторых водотоков, впадающих в Зейское водохранилище.

Для всех обследуемых водотоков изучение пресноводных водорослей проводится впервые.

В составе комплексного гидробиологического отряда лаборатории пресноводной гидробиологии Биолого-почвенного института ДВО РАН в июне 2004 г. нами был обследован ряд водотоков бассейнов р. Зея и Зейского водохранилища. В данной работе приводятся результаты обработки 29 качественных и 19 количественных проб водорослей перифитона, собранных в ряде отдельных водотоков, впадающих в Зейское водохранилище: реки Большой Гармакан, Широковская, Пальпага, Ижак, Нагнал, Сирик, Малый Киряк, Малый Десс, Большой Десс, Артемий, Малые Дамбуки, Гиллой (рис. 1).

Обрастания водорослей (качественные пробы) собирались скальпелем с камней и веток, погруженных в воду. При сборе количественных проб вся масса водорослей с камня смывалась в определенный объем воды (100 мл) и фиксировались 4% формалином. Площадь камня обрисовывалась на крафтовую бумагу и в дальнейшем определялась весовым методом. Количественные пробы брались, по возможности, отдельно на плесе и перекате. Водоросли подсчитывались в счетной камере собственной конструкции, биомасса водорослей определялась счетно-объемным методом (Барина, Медведева, 2004). Подсчет численности водорослей производился в млрд кл. на 1 м², биомасса водорослей подсчитывалась в г на 1 м². Для определения диатомовых водорослей были изготовлены постоянные препараты перекисным методом по Е. Свифту (Swift, 1967) в модификации С.С. Бариновой (1988). Для каждого вида отмечалась частота встречаемости по шкале С.М. Вислоуха (1 – единично, 2 – редко, 3 – нередко, 4 – часто, 5 – оч. часто, 6 – масса) (Жизнь пресных вод, 1956). При составлении аннотированного списка отделы водорослей расположены согласно схеме, принятой в справочнике «Водоросли» (1989). Внутри отделов водоросли расположены в алфавитном порядке.

Санитарно-биологический анализ качества воды проводился по методу Пантле и Бука (Pantle, Buck, 1955; Макрушин, 1974), зоны самоочищения воды устанавливались в соответствии с разработанной В. Сладечком (1967) общей биологической схемой качества вод. Расчет индексов сапробности проводился на основании списков индикаторных организмов для каждой пробы в отдельности (Унифицированные методы..., 1977; Барина, Медведева, 1996; Барина и др., 2006).

Полученные результаты

Сообщества водорослей, представляющих обрастания водотоков, впадающих в Зейское водохранилище, были весьма разнообразны по видовому составу. Общий список водорослей перифитона этих водотоков включает 225 видов водорослей 102 родов из восьми отделов (учитывая внутривидовые таксоны – 240) (рис. 2; табл. 1). Наиболее разнообразными и многочисленными были диатомовые и зеленые водоросли, насчитывающие соответственно 119 и 78 видов (с разновидностями и формами 133 и 79).

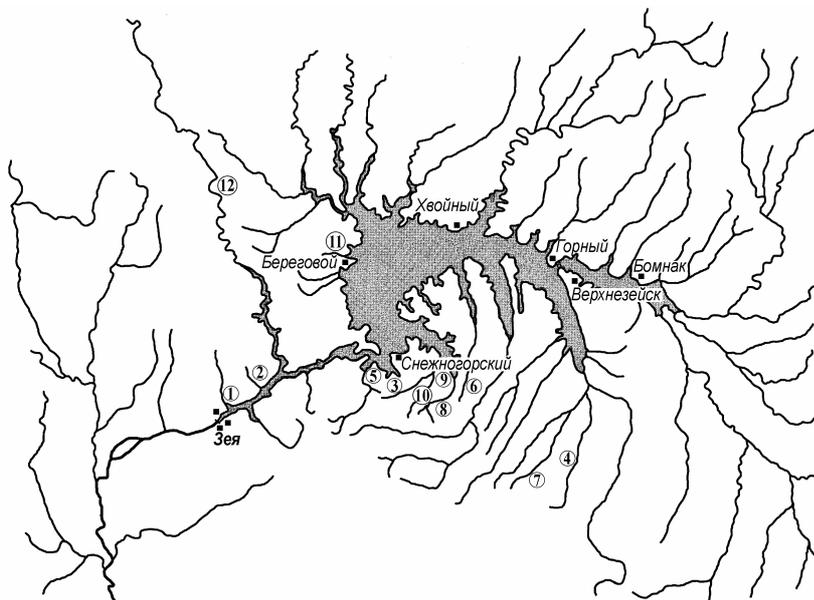


Рис. 1. Схема бассейна водотоков Зейского водохранилища.

Условные обозначения рек: 1 – Большой Гармакан, 2 – Широковская, 3 – Пальпага, 4 – Ижак, 5 – Нагнал, 6 – Сирик, 7 – Малый Киряк, 8 – Малый Десс, 9 – Большой Десс, 10 – Артемий, 11 – Малые Дамбуки, 12 – Гиллой

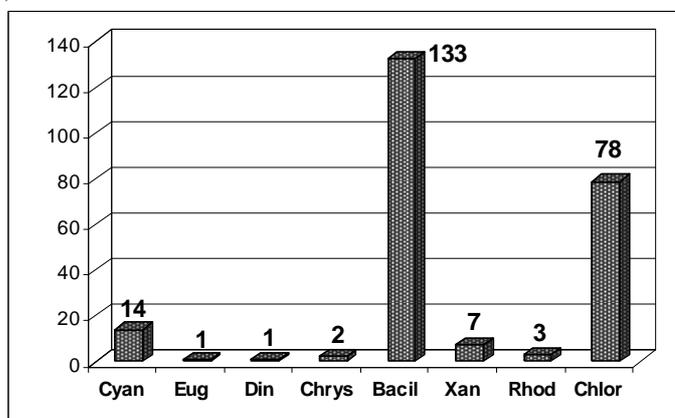


Рис. 2. Соотношение количества водорослей по отделам (включая внутривидовые таксоны).

Примечание. Cyan – Cyanoprocarayota, Eug – Euglenophyta, Din – Dinophyta, Chrys – Chrysophyta, Bacil – Bacillariophyta, Xan – Xanthophyta, Rhod – Rhodophyta, Chlor – Chlorophyta

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<i>C. paucistriata</i> Cl-Euler	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>C. perpusilla</i> A. Cl.	-	-	5	-	-	-	-	-	-	6	-	-
<i>C. stauroneiformis</i> Lagerst.	3	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>C. tumida</i> (Bréb.) V.H.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	6	3
<i>Denticula kuetzingii</i> Grun.	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Diatoma hiemale</i> (Roth) Heib.	-	-	-	-	-	1	-	-	-	5-6	-	-
<i>D. mesodon</i> (Ehr.) Kütz.	-	3	-	3	-	1	4	2	4	3-6	-	2
<i>D. tenue</i> Ag.	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>D. vulgare</i> Bory Morphotyp <i>vulgare</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-
<i>D. vulgare</i> Morphotyp <i>distorta</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3-5	-
<i>Didymosphenia geminata</i> (Lyngb.) M. Schmidt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3
<i>Diploneis parma</i> Cl.	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Encyonema gracile</i> Ehr.	-	-	6	5	-	-	3	-	-	5	-	-
<i>E. minuta</i> (Hilse ex Rabenh.) Mann	6	6	1	-	2	2	6	-	4	-	4	3
<i>E. silesiaca</i> (Bleisch) Mann	6	6	4	3	-	2	6	-	3	2-5	4	4
<i>Epithemia adnata</i> var. <i>porcellus</i> (Kütz.) R. Ross	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-
<i>E. turgida</i> var. <i>granulata</i> (Ehr.) Brun	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-
<i>Eucoconeis flexella</i> (Kütz.) Cl.	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Eunotia bilunaris</i> (Ehr.) Mills var. <i>bilunaris</i>	-	6	5-6	2	-	6	-	-	-	3-5	2	-
<i>E. bilunaris</i> var. <i>mucophila</i> Lange-Bertalot et Nörpel	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-
<i>E. crista-galli</i> Cl.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
<i>E. exigua</i> (Bréb. ex Kütz.) Rabenh.	-	-	2-6	1	-	3	-	-	-	2	2	-
<i>E. flexuosa</i> (Bréb.) Kütz.	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>E. glacialis</i> Meister	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
<i>E. implicata</i> Nörpel et Lange-Bertalot	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>E. incisa</i> Greg.	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-
<i>E. minor</i> (Kütz.) Grun.	-	2	5	-	-	-	2	-	-	4	2	-
<i>E. monodon</i> var. <i>hankensis</i> (Skv.) Sheshukova	1	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>E. naegelii</i> Migula	-	4	3	-	-	-	2	-	-	-	-	-
<i>E. parallela</i> Ehr.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
<i>E. pectinalis</i> (Dillw.? Kütz.) Rabenh. var. <i>pectinalis</i>	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>E. pectinalis</i> var. <i>undulata</i> (Ralfs) Rabenh.	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>E. pectinalis</i> var. <i>ventralis</i> (Ehr.) Hust.	1	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>E. polydentula</i> Brun	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>E. praerupta</i> Ehr. var. <i>praerupta</i>	3	-	-	2	-	-	-	-	-	4	2	-
<i>E. praerupta</i> var. <i>bidens</i> (Ehr.) Grun.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
<i>E. soleirollii</i> Kütz.	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
<i>E. subarcuatoides</i> Alles, Nörpel et Lange-Bertalot	-	-	5	-	-	3	-	-	-	-	-	-
<i>Fragilaria capucina</i> Desm.	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>F. tenera</i> (W. Sm.) Lange-Bertalot	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-
<i>F. vaucheriae</i> (Kütz.) Boye.-P.	6	5	-	-	-	1-2	3	-	-	-	1	-
<i>Frustulia crassinervia</i> (Bréb.) Lange-Bertalot	2	-	3	-	-	-	-	-	-	1-2	-	-
<i>Gomphoneis olivaceum</i> (Horn.) Daw. ex Ross et Sims var. <i>olivaceum</i>	4	2	2	4	2	4-6	5	-	4	-	-	3

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<i>Pleurotaenium ehrenbergii</i> var. <i>elongatum</i> W. West	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>P. trabecula</i> (Ehr.) Näg. f. <i>trabecula</i>	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Scenedesmus acutiformis</i> Schröd.	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>S. armatus</i> Chod.	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>S. ellipticus</i> Corda	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Siderocelis ornata</i> (Fott) Fott	-	-	2	-	-	-	-	-	-	3	-	-
<i>Spirogyra</i> sp. ster. 1	3	5	-	-	-	-	-	-	-	4	4	-
<i>Spondylosium planum</i> (Wolle) W. et G.S. West	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Staurastrum cyrtocentrum</i> Bréb.	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
<i>S. margaritaceum</i> (Ehr.) Menegh.	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>S. sexcostatum</i> Bréb.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
<i>S. spongiosum</i> Bréb.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-
<i>Staurodesmus brevispina</i> (Bréb.) Croas.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
<i>S. dejectus</i> (Bréb.) Teil.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-
<i>Stigeoclonium tenue</i> Kütz.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	-
<i>S. sp.</i>	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-
<i>Tetraedron minimum</i> (A. Br.) Hansg.	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ulothrix aequalis</i> Kütz.	-	-	-	-	-	6	-	-	-	-	-	-
<i>U. tenuissima</i> Kütz.	-	4	-	-	-	-	-	-	4	-	3-4	-
<i>U. zonata</i> (Web. et Mohr) Kütz.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-
<i>U. sp.</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3
<i>Xanthidium antilopaeum</i> (Bréb.) Kütz.	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Zygnema</i> sp. ster.	4	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-

Характеристика сообществ водорослей обследованных водотоков

Р. Большой Гармакан. Водорослевые обрастания камней в р. Большой Гармакан были представлены преимущественно скоплениями диатомовых водорослей. Некоторые группировки слагались одним единственным видом *Hannaea arcus*, вегетирующим в значительных количествах. У берега в обрастаниях мха и скоплениях водорослей наряду с этим видом вегетируют другие разнообразные виды диатомовых водорослей: *Achnanthis minutissimum*, *Encyonema silesiaca*, *E. minuta*, *Gomphonema parvulum*, *Fragilaria vaucheriae*, *Synedra ulna*, *Cymbella cistula* и многие другие виды. Отмечены также единичные экземпляры десмидиевых водорослей. На перекате общая численность клеток достигала 19,9 млрд кл./м² (в основном за счет *Hannaea arcus*), а на плесе – 23,9 млрд кл./м² (за счет синезеленых водорослей) (табл. 2). Биомасса водорослей и плеса, и переката определялись диатомовыми водорослями (*Hannaea arcus*), хотя биомасса переката была вдвое больше, чем биомасса водорослей на плесе реки: 8,74 и 4,78 г/м² соответственно (табл. 3). Примерно равными долями и по численности, и по биомассе водорослей обладали красные водоросли.

Качество воды р. Большой Гармакан практически одинаково с таковым в р. Широковская, хотя показатели индекса сапробности отличаются более широким интервалом значений от 0,54 до 1,22 (табл. 4). Воды соответствуют олиго-ксено- и олигосапробной зонам самоочищения, II класс чистоты: практически чистые воды.

Таблица 2
Значения численности водорослей обследованных водотоков, млрд кл./м²

№	Водоток	Отделы водорослей					Общие значения
		Суанор- rocaryota	Chryso- phyta	Bacilla- riophyta	Rhodo- phyta	Chloro- phyta	
1	Р. Большой Гармакан	<u>7,7</u>	<u>0,13</u>	<u>10,9</u>	<u>1,2</u>	-	<u>19,9</u>
		18,7	0,4	3,26	1,56	-	23,9
2	Р. Широковская	<u>41,3</u>	-	<u>6,3</u>	<u>0,26</u>	-	<u>47,9</u>
		11,26	-	5,44	-	-	16,7
3	Р. Пальпага	<u>70,2</u>	<u>3,5</u>	<u>10,6</u>	<u>8,1</u>	-	<u>92,4</u>
		-	-	-	-	-	-
4	Р. Ижак	<u>36,75</u>	<u>0,15</u>	<u>2,85</u>	<u>0,75</u>	<u>10,5</u>	<u>51,0</u>
		-	-	-	-	-	-
5	Р. Нагнал	<u>14,1</u>	<u>3,5</u>	<u>0,65</u>	-	-	<u>18,2</u>
		-	-	-	-	-	-
6	Р. Сирик	<u>6,68</u>	<u>0,4</u>	<u>14,0</u>	-	<u>2,4</u>	<u>23,5</u>
		101,6	1,25	56,95	0,63	5,43	165,8
7	Р. Малый Киряк	<u>70,7</u>	<u>2,15</u>	<u>14,44</u>	<u>6,6</u>	<u>0,5</u>	<u>94,3</u>
		-	-	-	-	-	-
8	Р. Малый Десс	<u>104,3</u>	<u>0,44</u>	<u>5,1</u>	<u>0,44</u>	<u>2,1</u>	<u>112,4</u>
		38,8	0,2	1,65	-	1,1	41,8
9	Р. Большой Десс	<u>1,11</u>	-	<u>4,44</u>	-	<u>0,08</u>	<u>5,63</u>
		2,72	3,37	10,05	-	0,76	16,9
10	Р. Артемий	<u>128,9</u>	<u>20,15</u>	<u>11,38</u>	-	<u>2,35</u>	<u>162,8</u>
		11,1	-	1,8	4,8	13,3	31,0
11	Р. Малые Дамбуки	<u>42,3</u>	-	<u>22,7</u>	-	<u>1,3</u>	<u>66,3</u>
		31,1	-	21,2	1,3	0,03	53,6
12	Р. Гилюй	<u>41,04</u>	-	<u>11,46</u>	<u>1,37</u>	-	<u>53,86</u>
		212,17	-	31,91	4,73	-	248,8

Примечание: сверху приводятся данные переката, внизу – плеса.

Р. Широковская. Альгологические группировки, развивающиеся в обрастаниях р. Широковская практически сходны с таковыми в р. Большой Гармакан. Также в основном течении реки в массе развиваются группировки, образованные единственным видом *Hannaea arcus*. Качественные пробы, взятые в устье реки, показали высокое биоразнообразие видов водорослей. На смену *Hannaea arcus* приходят диатомовые водоросли *Tabellaria flocculosa*, *T. fenestrata*, многочисленные виды рода *Eunotia* и разнообразные десмидиевые водоросли: *Hyalotheca*, *Desmidium*, *Bambusina*, *Cosmarium*. На плесе количество клеток водорослей достигало 16,7 млрд кл./м², а на перекате возрастало до 47,9 млрд кл./м² (табл. 2). Хотя численность водорослей определялась количеством мелких клеток синезеленых водорослей, в сложении биомассы основная роль принадлежала диатомовым водорослям (в основном *Hannaea arcus*). Доля синезеленых водорослей в сложении биомассы минимальна. Биомасса достигала 4,56 г/м² на плесе и 6,34 г/м² на перекате (табл. 3).

Анализ качества воды реки Широковская по сапробности водорослей показал, что здесь преобладают виды ксено- и олигосапробиянты (в частности, *Hannaea arcus*). Подсчитанный индекс сапробности колебался от 0,82 до 1,14, что соответствует олигосапробной зоне самоочищения воды, II классу чистоты: практически чистые воды (табл. 4).

Таблица 3

Значения биомассы водорослей обследованных водотоков, г/м²

№	Водоток	Отделы водорослей					Общие значения
		Cyanop- rocaryota	Chryso- phyta	Bacilla- riophyta	Rhodo- phyta	Chloro- phyta	
1	Р. Большой Гармакан	<u>0,2</u>	<u>0,05</u>	<u>7,0</u>	<u>1,5</u>	-	<u>8,75</u>
		0,32	0,14	3,25	1,06	-	4,78
2	Р. Широковская	<u>0,8</u>	-	<u>5,37</u>	<u>0,17</u>	-	<u>6,34</u>
		0,2	-	4,36	-	-	4,56
3	Р. Пальпага	<u>1,37</u>	<u>1,26</u>	<u>15,63</u>	<u>4,57</u>	-	<u>22,82</u>
		-	-	-	-	-	-
4	Р. Ижак	<u>0,7</u>	<u>0,06</u>	<u>1,38</u>	<u>0,94</u>	<u>26,2</u>	<u>29,3</u>
		-	-	-	-	-	-
5	Р. Нагнал	<u>0,27</u>	<u>1,25</u>	<u>0,22</u>	-	-	<u>1,74</u>
		-	-	-	-	-	-
6	Р. Сирик	<u>0,07</u>	<u>0,14</u>	<u>6,77</u>	-	<u>1,68</u>	<u>8,66</u>
		0,72	0,45	51,1	0,43	2,1	54,8
7	Р. Малый Киряк	<u>1,1</u>	<u>0,77</u>	<u>9,06</u>	<u>6,94</u>	<u>1,15</u>	<u>19,02</u>
		-	-	-	-	-	-
8	Р. Малый Десс	<u>5,7</u>	<u>0,16</u>	<u>6,25</u>	<u>0,3</u>	<u>0,63</u>	<u>13,04</u>
		1,16	0,07	0,43	-	0,33	2,0
9	Р. Большой Десс	<u>0,01</u>	-	<u>8,15</u>	-	<u>0,29</u>	<u>8,45</u>
		0,06	1,21	5,7	-	1,23	8,18
10	Р. Артемий	<u>2,12</u>	<u>7,25</u>	<u>4,49</u>	-	<u>2,53</u>	<u>16,39</u>
		0,14	-	0,48	3,07	7,93	11,62
11	Р. Малые Дамбуки	<u>1,06</u>	-	<u>21,21</u>	-	<u>0,02</u>	<u>22,29</u>
		0,69	-	47,15	1,63	1,58	50,07
12	Р. Гиллой	<u>1,03</u>	-	<u>10,35</u>	<u>1,71</u>	-	<u>13,08</u>
		4,79	-	10,79	3,29	-	18,87

Примечание: вверху приводятся данные переката, внизу – плеса.

Р. Пальпага. В р. Пальпага в обрастаниях камней основного течения реки были обнаружены пленки синезеленых водорослей, сформированные дерновинами *Phormidium autumnale* вместе с *Homoeothrix janthina* и красной водорослью *Chantransia chalybea*. Из диатомей доминировал вид *Hannaea arcus*. В заболоченном водоеме рядом с рекой развивался комплекс ацидофильных видов, предпочитающих водоемы с пониженными значениями pH: *Tabellaria flocculosa*, многочисленные и разнообразные виды родов *Eunotia* и *Pinnularia*, а также некоторые виды десмидиевых водорослей. Количественная проба была взята только на перекате реки. Здесь, как в большинстве водотоков, общая численность водорослей определялась, в основном, количеством синезеленых водорослей (общее значение – 92,4 млрд кл./м², численность синезеленых – 70,2 млрд кл./м²), а биомасса – диатомовыми водорослями (15, 63 г/м² при общей биомассе 22,8 г/м²) (табл. 2, 3). Второе место по биомассе занимают красные водоросли (4,57 г/м²).

По качеству воды реки Пальпага можно отнести ко II классу чистоты олигосапробной зоны, так как рассчитанные индексы сапробности отобранных проб были от 0,84 до 1,12. Таким образом, р. Пальпага привносит достаточно чистые воды.

Таблица 4

Сапробные характеристики обследованных водотоков

№	Водоток	Индекс сапробности	Зона сапробности	Класс чистоты воды
1	Р. Большой Гармакан	0,54–1,22	Олиго-ксеносапробная	II
2	Р. Широковская	0,82–1,14	Олигосапробная	II
3	Р. Пальпага	0,84–1,12	Олигосапробная	II
4	Р. Ижак	0,82–0,98	Олигосапробная	II
5	Р. Нагнал	0,97	Олигосапробная	II
6	Р. Сирик	1,03–1,09	Олигосапробная	II
7	Р. Малый Киряк	0,88–1,03	Олигосапробная	II
8	Р. Малый Десс	0,84	Олигосапробная	II
9	Р. Большой Десс	1,02	Олигосапробная	II
10	Р. Артемий	0,25–1,11	Ксено-олигосапробная	I–II
11	Р. Малые Дамбуки	1,35–1,44	Олиго-бетамезосапробная	II
12	Р. Гилюй	1,13	Олигосапробная	II

Р. Ижак. В р. Ижак обрастания камней были представлены массой кустиков красной водоросли *Batrachospermum moniliforme*, сплошным ковром покрывающих каменистое дно русла реки. Вместе с ними вегетировали диатомовые водоросли *Hannaea arcus*, *Achnanthydium minutissimum* и некоторые другие виды, не достигающие, впрочем, массового развития. Местами были отмечены слизистые пленки синезеленых водорослей (*Symploca muscorum*). Количественные показатели переката реки были следующими: общая численность водорослей достигала 51,0 млрд кл./м², большая доля в сложении численности принадлежит синезеленым водорослям – 36,75 млрд кл./м², на втором месте – зеленые водоросли (нити *Ulothrix*) – 10,5 млрд кл./м² (табл. 2). Основная доля общей биомассы водорослей (29,3 г/м²) складывалась зелеными водорослями (26,2 г/м²) (табл. 3).

Подсчет индексов сапробности отдельных проб показал, что индексы колеблются от 0,82 до 0,98, также соответствуя олигосапробной зоне, II классу чистоты воды (табл. 4).

Р. Нагнал. Обрастания камней в р. Нагнал характеризовались относительной бедностью видового состава и низкими количественными показателями численности и биомассы водорослей. В обрастаниях отмечены синезеленая водоросль *Homoeothrix janthina*, золотистая *Hydrurus foetidus* и диатомовые *Hannaea arcus*, *Encyonema minuta*, *Gomphoneis olivaceum* и виды рода *Achnanthes*. Численность водорослей на обследованном участке переката была 18,23 млрд кл./м², основу ее составляли синезеленые водоросли – 14,1 млрд кл./м² (табл. 2). Биомасса водорослей была одной из самых незначительных – 1,74 г/м² и складывалась, по большей части, золотистыми водорослями – 1,25 г/м² (табл. 3).

Индекс сапробности вод р. Нагнал был равен 0,97, что находится в пределах олигосапробной зоны, II класса чистоты вод (табл. 4).

Р. Сирик. В обрастаниях камней обследованного участка реки Сирик преобладали зеленые нитчатки *Ulothrix aequalis* вместе с диатомовыми водорослями *Gomphoneis olivaceum*, *Hannaea arcus* и некоторыми другими. В протоке р. Сирик в большом количестве развивались желтозеленые водоросли *Tribonema viride* и *T. minus* также в совокупности с некоторыми диатомовыми водорослями.

Количественные пробы были взяты как на перекате, так и на плесе реки. Значения общей численности водорослей на перекате не слишком велики – 23,47 млрд кл./м², причем более половины ее составляют диатомовые водоросли (14,0 млрд кл./м²). Также

на среднем уровне и значения биомассы водорослей переката: 8,66 г/м². Численность водорослей плеса является максимальной величиной среди обследованных водотоков – 165, 8 млрд кл./м² (табл. 2). В этом случае основная часть численности приходится на синезеленые водоросли – 101,6 млрд кл./м², диатомовые водоросли переходят на второе место – 56,95 млрд кл./м². Биомасса водорослей на плесе также максимальна среди всех водотоков – 54,8 г/м². Несмотря на высокие показатели численности мелкие клетки синезеленых водорослей практически не играют роли в сложении общей биомассы (0,72 г/м²) и основная ее доля складывается за счет диатомовых водорослей (51,1 г/м²) (табл. 3).

Величины подсчитанных индексов сапробности колебались от 1,03 до 1,09, что соответствует олигосапробной зоне самоочищения, II классу чистоты вод (табл. 4).

Р. Малый Киряк. Обрастания камней в р. Малый Киряк можно назвать обычными для горных водотоков. Нами были отмечены обрастания в виде бурых слизистых косичек золотистой водоросли *Hydrurus foetidus* – показателя очень чистых и холодных вод. Кроме того, практически по всему руслу реки на обследованном участке развивалась группировка водорослей, в которой наряду с синезелеными (*Phormidium autumnale*, *Homoeothrix janthina*) и красными водорослями (*Chantransia chalybea*, *Ch. leibleinii*) вегетировали обычные речные виды диатомовых водорослей: *Hannaea arcus*, *Meridion circulare*, *Encyonema silesiaca*, *E. minuta*, *Achnanthydium minutissimum*. Общая численность водорослей на перекате реки составляла 94,3 млрд кл./м², причем в сложении ее основная доля приходилась на синезеленые водоросли – 70,7 млрд кл./м², на втором месте диатомовые (14,44 млрд кл./м²) и на третьем – красные (6,6 млрд кл./м²) (табл. 2). В сложении общей биомассы (19,02 г/м²) основная роль принадлежала диатомовым (9,06 г/м²), на втором месте – красные – 6,94 г/м² (табл. 3).

Индексы сапробности проб, собранных на обследованном участке, были равны 0,88–1,03, что находится в пределах олигосапробной зоны самоочищения, II класс чистоты воды (табл. 4).

Р. Малый Десс. Обрастания камней на обследованном участке р. Малый Десс составлены обычными для горных водотоков сообществами: это дерновины из синезеленых водорослей *Phormidium autumnale* и *Homoeothrix janthina*, микроскопические кустики красной водоросли *Chantransia chalybea* вместе с диатомовыми водорослями *Hannaea arcus* и *Diatoma mesodon*. Значения общей численности на перекате можно отнести к разряду довольно значительных: 112,4 млрд кл./м², основную долю ее составляют синезеленые водоросли: 104,3 млрд кл./м² (табл. 2). Численность водорослей на плесе достигает средних показателей – 41,8 млрд кл./м² и сохраняет процентную долю синезеленых водорослей (38,8 млрд кл./м²). Биомасса переката не слишком велика – 13,04 г/м², причем почти равными долями обладают синезеленые и диатомовые водоросли. Биомасса плеса характеризуется весьма низкими показателями – 2,0 г/м² (табл. 3).

Индекс сапробности качественной пробы, взятой на обследованном участке равен 0,84, что соответствует олигосапробной зоне, II классу чистоты воды (табл. 4).

Р. Большой Десс. Комплекс перифитонных водорослей этой реки состоял преимущественно из речных реофильных видов диатомовых водорослей: *Hannaea arcus*, *Achnanthydium minutissimum*, *Diatoma mesodon* и некоторые другие. И на перекате, и на плесе реки значения численности и биомассы водорослей не слишком велики, хотя нужно отметить, что численность водорослей переката в три раза меньше, чем на плесе: 5,63 и 16,9 млрд кл./м² соответственно. На обоих участках общая численность определялась количеством диатомовых водорослей. Биомасса участков была практически одинакова: 8,45 г/м² на перекате и 8,18 г/м² на плесе (табл. 2, 3).

Индекс сапробности, рассчитанный на основании качественной пробы, был равен 1,02: олигосапробная зона, II класс чистоты воды (табл. 4).

Р. Артемий. Среди водорослей-обрастателей основного русла р. Артемий можно выделить представителей разных систематических групп. Это красная водоросль *Batrachospermum moniliforme*, зеленая *Draparnaldia plumosa*, золотистая водоросль *Hydrurus foetidus*, синезеленые *Homoeothrix janthina*, *Symploca muscorum*, диатомовые водоросли *Hannaea arcus*, *Diatoma hiemale*, *D. mesodon*, *Synedra ulna*. Численность водорослей на перекате была одной из самых значительных – 162,8 млрд кл./м², в основном, за счет мелких клеток синезеленых водорослей, на втором месте – золотистые водоросли. На плесе значения общей численности значительно снижались до 31,0 млрд кл./м². Показатели биомассы водорослей нельзя назвать слишком высокими: 16,39 на перекате и 11,62 г/м² на плесе. Причем на перекате биомасса складывалась, в основном, за счет золотистых, а на плесе – за счет зеленых водорослей (табл. 2, 3).

Значения индексов сапробности были самыми низкими из всех обследованных водотоков: от 0,25 до 1,11, что соответствует ксено- и олигосапробной зонам, I–II классам чистоты воды (табл. 4).

Р. Малые Дамбуки. Обрастания водорослей в р. Малые Дамбуки были весьма своеобразны и отличались от обрастаний в других обследованных водотоках. На перекате основного течения реки преобладали диатомовые водоросли *Synedra ulna*, *Melosira varians*, *Cymbella tumida*, *Tabellaria flocculosa*, *Gomphonema angustatum*, красная водоросль *Chantransia chalybea*, зеленые *Ulothrix tenuissima*, *Spirogyra* sp. Здесь же была обнаружена зеленая водоросль *Draparnaldiella simplex*, считающаяся эндемиком оз. Байкал. Обрастания высших растений у берега реки были представлены желтозеленой водорослью *Tribonema vulgare*, зеленой *Microspora floccosa* и многочисленными видами рода *Closterium*. Среди диатомей, кроме упомянутых выше, в значительном количестве вегетировала *Cumatopleura solea*, попавшая в разряд доминантов. Значения численности водорослей и на перекате, и на плесе были довольно высокими: 66,3 и 53,6 млрд кл./м² соответственно и складывались за счет синезеленых и диатомовых водорослей. Общая биомасса водорослей определялась в основном диатомовыми водорослями и была равна на перекате 22,29 г/м², а на плесе увеличивалась до 50,07 г/м² (табл. 2, 3).

За счет массового развития диатомеи *Cumatopleura solea*, которая является видом, показательным для загрязненных вод (бета-альфамезосапробинт, индекс сапробности 2,35) общие показатели качества воды р. Малые Дамбуки ниже, чем в других обследованных водотоках. Так, индекс сапробности качественных проб колебались от 1,35 до 1,44, что соответствует верхнему пределу олигосапробной зоны и олиго-бетамезосапробной зоне. Однако, несмотря на высокие показатели индексов сапробности, воды реки остаются в пределах II класса чистоты вод (табл. 4).

Р. Гиллюй. Обрастания камней р. Гиллюй складывались красными, зелеными и диатомовыми водорослями. Основу бурого налета на камнях составляла масса диатомей *Synedra ulna*, *Tabellaria flocculosa*, некоторые виды рода *Gomphonema*. Также здесь отмечены виды, характерные для чистых горных водотоков: *Hannaea arcus*, *Encyonema silesiaca*, *Didymosphenia geminata*. Кроме того, на камнях отмечены кустики красной водоросли *Batrachospermum moniliforme* вместе с ослизненными нитями зеленой водоросли *Ulothrix* sp.

Количественные пробы, взятые в р. Гиллюй показали, что численность водорослей была 53,86 млрд кл./м² на перекате и возростала до очень больших значений – 248,8 млрд кл./м² на плесе. И в том, и в другом случае основную роль в сложении численности играли синезеленые водоросли (табл. 2). Значения биомассы водорослей находились в примерно аналогичных параметрах: 13,08 г/м² на перекате и 18,87 г/м² на плесе и определялись долей диатомовых водорослей (табл. 3).

Ослизнение нитей зеленой водоросли *Ulothrix* произошло, по-видимому, вследствие того, что за день до отбора проб начался сброс мутных шахтных вод после добычи золота, содержащих большое количество взвешенных частиц, что резко ухудшило условия существования водных организмов. Однако, ухудшение качества воды еще не успело отразиться на составе водорослей и индекс сапробности оставался на низком уровне, свидетельствуя о том, что до этого момента качество воды было достаточно хорошим – II класса чистоты (табл. 4).

Заключение

В целом, давая характеристику сообществам водорослей, отмеченных нами в водотоках, впадающих в Зейское водохранилище, необходимо выделить следующее.

Чаще всего в обследованных водотоках в обрастаниях камней преобладают обычные речные виды-обрастатели из отдела Bacillariophyta (диатомовые водоросли). Это виды *Hannaea arcus*, *Achnanthydium minutissimum*, *Encyonema silesiaca*, *E. minuta* и некоторые другие. На второе место по значимости в обрастаниях можно поставить Cyanoprocarvota (синезеленые водоросли), в частности, такие виды как *Phormidium autumnale*, *Homoeothrix janthina*, *Symploca muscorum*. Довольно весомую роль играют в обрастаниях также красные водоросли: *Chantransia chalybea*, *Batrachospermum moniliforme*.

Обработка и анализ количественных проб показали, что численность и биомасса водорослей-обрастателей колебались в значительной степени, как в различных водотоках, так и на участках плес-перекат одного и того же водотока. Максимальные значения численности водорослей отмечены на плесах рек Сирик и Гиллой: 165,8 и 248,8 млрд кл./м² соответственно, однако в целом численность водорослей на перекатах достигает средних показателей, а численность плесов более низка. Минимальны значения численности водорослей в реке Большой Десс: 5,63 млрд кл./м² на перекаате и 16,9 млрд кл./м² на плесе. В большинстве водотоков численность водорослей определялась количеством мелкоклеточных синезеленых водорослей, на втором месте по численности, чаще всего, стоят диатомовые (табл. 3).

Показатели биомассы водорослей подвержены еще большим колебаниям, чем значения их численности. Резко выделяются два максимума биомассы на плесах рек Сирик и Малые Дамбуки: 54,8 и 51,0 г/м². Минимальные значения отмечены в обрастаниях камней в реках Нагнал и Малый Десс: 1,74 и 2,0 г/м². Другие обследованные водотоки характеризовались средними значениями биомассы водорослей (табл. 4).

Биомасса водорослей определялась не только значением численности клеток водорослей на единицу площади, но и, несомненно, их размерами. Так, незначительные размеры клеток синезеленых водорослей – доминантов численности, практически нивелировали их роль в сложении общей биомассы. Поэтому, чаще всего, общая биомасса водорослей определялась крупноклеточными диатомовыми водорослями.

Сопоставление полученных сведений с имеющимися данными по другим водотокам российского Дальнего Востока свидетельствует о том, что для притоков Зейского водохранилища характерны более низкие значения численности и биомассы водорослей по сравнению, например, с данными по р. Кедровая и бассейну р. Буряя (Медведева, 2001, 2006).

Проведенный санитарно-биологический анализ качества воды показал, что в обследованных водотоках в обрастаниях камней преобладают виды – олиго- и ксеносапробионты, то есть показатели вод хорошего качества: *Hannaea arcus*, *Achnanthydium minutissimum* и

другие. Подсчитанные индексы сапробности находятся в пределах от 0,25 до 1,44, что свидетельствует о том, что практически все обследованные водотоки приносят в Зейское водохранилище чистые воды II класса чистоты, соответствующие олигосапробной зоне самоочищения. Наиболее хорошим качеством вод обладает река Артемий: I–II класс чистоты. Исключение составляет р. Малые Дамбуки, которая имеет воды II класса чистоты, но уже на самом высоком пределе ее значений, имеющая переход к бетамезосапробной зоне.

Таким образом, на основании всего вышеизложенного, можно сделать вывод, что обследованные нами водотоки, впадающие в Зейское водохранилище (Большой Гармакан, Широковская, Пальпага, Ижак, Нагал, Сирик, Малый Киряк, Малый Десс, Большой Десс, Артемий, Малые Дамбуки), находятся в хорошем экологическом состоянии и приносят в водохранилище чистые, практически свободные от органических загрязнений воды.

По-видимому, воды р. Гилой вследствие нерегулярных сбросов шахтных вод рудников спорадически приносят большое количество взвешенных частиц, что резко ухудшает условия существования водных организмов.

Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке по договору № 06–04 от 30.06.2004 (ИВЭП ДВО РАН), грантов Дальневосточного Отделения РАН № 04–1–ОБН–102, № 05–1–ОБН–88 и по программе комплексных исследований в бассейне р. Амур на период 2004–2008 гг.

Литература

Барина С.С. 1988. Полиморфизм соединительных структур диатомовых водорослей // Эволюционные исследования. Вавиловские темы. Владивосток: ДВО АН СССР 1988. С. 110–122.

Барина С.С., Медведева Л.А. 2004. К методике количественного учета микрофитобентоса малых рек Дальнего Востока России // Альгология. Т. 14, № 1. С. 101–110.

Барина С.С., Медведева Л.А. 1996. Атлас водорослей-индикаторов сапробности (российский Дальний Восток). Владивосток: Дальнаука. 364 с.

Барина С.С., Медведева Л.А., Анисимова О.В. 2006. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды. Тель-Авив: Pilies Studio. 498 с.

Водоросли: справочник. 1989. Киев: Наукова думка. 608 с.

Жизнь пресных вод СССР. 1956. Т. IV, ч. I. М.-Л.: Изд-во АН СССР. 470 с.

Макрушин А.В. 1974. Биологический анализ качества вод. Л.: Зоол. ин-т АН СССР. 58 с.

Медведева Л.А. 2001. Некоторые данные о динамике численности и биомассы эпилимнитных водорослей реки Кедровая // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. Вып. 1. Владивосток: Дальнаука. С. 31–37.

Медведева Л.А. 2005. Результаты первого обследования фитопланктона Зейского водохранилища // Науч. основы экол. мониторинга водохранилищ: материалы всерос. науч.-практ. конф., Хабаровск, 28 февр.–3 марта 2005 г. Хабаровск: ИВЭП ДВО РАН. С. 92–94. (Дружининские чтения. Вып. 2).

Медведева Л.А. 2006. Структурная характеристика сообществ водорослей перифитона водотоков бассейна реки Бурея (Хабаровский край, Российская Федерация) // Гидробиол. журн. Т. 42, №. 6. С. 22–40.

Скворцов Б.В. 1917. Водоросли верховьев р. Зеи Амурской области. Материалы по флоре водорослей Азиатской России. 4. // Журн. Русс. Ботан. об-ва. Т. 2. С. 117–120.

Сладечек В. 1967. Общая биологическая схема качества воды // Санитарная и техническая гидробиология. М.: Наука. С. 26–31.

Унифицированные методы исследования качества вод. 1977. Ч. 3. Методы биологического анализа вод. М.: СЭВ. 91 с.

Pantle F., Buck H. 1955. Die biologische Überwachung der Gewässer und die Darstellung der Ergebnisse. Bd 96, 18. 604 S.

Swift E. 1967. Cleaning diatoms frustules with ultraviolet radiation and peroxide // Phycologia. Vol. 6, N 2–3. P. 161–163.