

УДК 582.232/.275-152.6

Е.А. АФОНИНА

Институт озероведения РАН,
ул. Севастьянова 9, 196105 Санкт-Петербург, Россия
e-mail: katerina.sil@mail.ru

СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА ФИТОПЛАНКТОНА РЕКИ ВЕЛИКОЙ (ПСКОВ, РОССИЯ)

Изучена сезонная динамика таксономического состава и биомассы фитопланктона в течение вегетационного периода 2011 г. на трех станциях нижнего течения р. Великой в районе г. Пскова. Приведена гидрохимическая характеристика вод, выявлено распределение индексов сапробности на исследованных участках. По составу и биомассе фитопланктона воды нижнего течения р. Великой можно отнести к мезотрофным, слабозагрязненным.

Ключевые слова: река Великая, фитопланктон, биогенные элементы, сапробность.

Введение

Река Великая – самый крупный приток Псковско-Чудского озера. Берет начало из озера Малый Вяз на юге Псковской области, протекает почти через всю ее территорию и впадает в Псковское озеро ниже г. Пскова, образуя обширную дельту. Длина реки 406 км, площадь бассейна составляет 25420 км². Около 60 % водосборной площади занимают пашни и луга, 36 % – леса, 4% – озера и болота. В верховье на протяжении 124 км река протекает через систему озер (21 озеро), соединенных протоками (Природа ..., 1971). Русло извилистое, преобладающая ширина его в нижнем течении 100 м, в устье 400–600 м, скорость течения 0,1–0,2 м/с, глубина 5–6 м. В нижнем течении в р. Великую впадают реки Череха и Пскова. Ледостав на реке длится с конца ноября–начала декабря по март. Вегетационный период составляет 225–230 дней. Максимальная температура воздуха 26 °С отмечается в июле.

Река Великая имеет большое значение для региона, водоснабжения городов и рекреации. На своем протяжении она подвергается значительному антропогенному воздействию, что влияет на ее экосистему и качество воды. До настоящего времени сезонные исследования состава и биомассы фитопланктона реки не проводились. Имеются лишь некоторые данные о фитопланктоне ее дельты (Laugaste, Yastremskiy, 2000) и некоторых притоков (Судницына, Ястремский, 1976).

Общая минерализация воды р. Великой составляет 200–500 мг/л. Вода реки относится к гидрокарбонатному классу группы кальция (Алёкин, 1970) и отличается повышенной цветностью, особенно весной. Коричневатый цвет воды обусловлен растворенными в воде органичес-

© Е.А. Афонина, 2014

кими веществами, поступающими из заболоченных участков (Природа ..., 1971). Значение рН колеблется от 8,1 до 8,63, БПК₅ варьирует в пределах 1,6–2,45 мг О₂/л. Вниз по течению общая минерализация воды увеличивается (250,8–333 мг/л). Гидрохимическая характеристика нижнего течения реки, по данным лаборатории Псковского отделения ГосНИОРХ, представлена в табл. 1. Как правило, уровень биогенных элементов имеет тенденцию к увеличению и достигает наибольших значений осенью. Исключение составляют нитраты, содержание которых повышается летом и значительно снижается осенью. В свою очередь содержание нитритов и фосфатов уменьшается в летний период, что может быть связано с увеличением биомассы водорослей и поглощением биогенных элементов гидробионтами.

Целью данной работы было изучение сезонной динамики состава и биомассы фитопланктона р. Великой в районе г. Пскова. Нам предстояло оценить влияние жизнедеятельности города на экологическое состояние реки и качество ее воды.

Таблица 1

Гидрохимическая характеристика нижнего течения р. Великой в 2011 г.

Параметры	Весна			Лето			Осень		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Растворенный кислород, мг О ₂ /л	7,2	-	8,45	10,59	9,86	10,9	9,38	10,27	11,36
рН	8,2	8,17	8,17	8,63	8,45	8,51	8,17	8,26	8,1
Σ _и , мг/л	250,8	-	261,7	304,4	332,1	333	304,1	278,6	313,4
Взвешенные вещества (мутность), мг/л	2,9	2,8	3,4	1,5	2,3	8,6	1,5	-	1,6
Цветность, °	80	80	80	26	28	30	52	-	50
Перманганатная окисляемость,	22,0	-	18,0	15,0	7,1	8,7	16,5	19,6	10,3
БПК ₅	1,14	-	1,91	1,81	2,1	2,45	1,6	1,22	1,66
Жесткость общая, мг-экв/л	3,12	3,24	3,28	3,6	3,96	5,48	3,81	3,52	3,69
NH ₃ , мг/л	0,05	0,08	0,08	0,32	0,32	0,4	0,39	0,77	0,3
NO ₂ , мг/л	0,0018	0,0018	0,0027	<0,001	<0,001	0,005	0,003	0,008	0,004
NO ₃ , мг/л	<0,1	0,25	<0,1	0,28	0,4	0,23	<0,1	<0,1	<0,1
P _{мин} , мг/л	0,016	0,013	0,016	0,007	0,003	<0,003	0,06	0,113	0,056

Примечание. Ст. 1 – Промежицы (выше города), ст. 2 – г. Псков, ст. 3 – дер. Муравицы (ниже города).

Материалы и методы

Количественные пробы фитопланктона собирали 1 раз в две недели с апреля по октябрь 2011 г. на трех станциях у дер. Промежицы, в центральной части г. Пскова и в районе Снятной Горы, расположенной

ниже города. Параллельно отбирали пробы для гидрохимического анализа воды. Пробы фитопланктона объемом 1 л фиксировали раствором Люголя, концентрировали отстойным способом и просматривали в камере Нажотта (0,01 см³) с использованием микроскопа МБР-1. Биомассу рассчитывали общепринятым методом по объемам водорослей. Диатомовые водоросли обрабатывали по методу сжигания хромовой смесью (Баллонов, 1975). Для определения водорослей использовали: Определитель пресноводных водорослей СССР, 1951–1982; Царенко, 1990; Komárek, Agnostidis, 1986; Krammer, Lange-Bertalot, 1991; и др. Уточнение экологических характеристик водорослей проводили с использованием ряда монографий (Давыдова, 1985; Водоросли, 1989; Фитопланктон ..., 2003; Судницына, 2008; и др.). Индексы сапробности рассчитывали по методу Пантле-Букка в модификации Сладечека (Sládeček, 1973).

Результаты и обсуждение

Видовой состав. В фитопланктоне изученных участков р. Великой выявлено 266 видов и внутривидовых таксонов водорослей из 8 отделов. Наиболее разнообразными по числу таксонов были отделы *Bacillariophyta* – 116 (43,6 %) и *Chlorophyta* – 93 таксона (35 %). Менее значимую роль в видовом составе играли *Cyanophyta* – 26 таксонов (9,8 %). Остальные отделы были представлены небольшим числом видов: *Euglenophyta* – 11 (4,1 %), *Chrysophyta* – 9 (3,3 %), *Cryptophyta* – 6 (2,3 %), *Xanthophyta* – 2 (0,8 %) и *Dinophyta* – 3 (1,1 %). Преобладание *Bacillariophyta* характерно для большинства рек умеренной зоны (Оценка ..., 2006). Наибольшее число таксонов рангом ниже рода (194) отмечено на ст. 1 в районе дер. Промежицы (табл. 2).

Таблица 2

Таксономический состав фитопланктона исследованных участков реки Великой за вегетационный сезон 2011 г.

Отделы	Общее число видов	Станция		
		1	2	3
<i>Cyanophyta</i>	26	21	20	17
<i>Bacillariophyta</i>	116	88	82	71
<i>Chlorophyta</i>	93	67	69	65
<i>Euglenophyta</i>	11	4	6	7
<i>Cryptophyta</i>	6	6	5	5
<i>Xanthophyta</i>	2	1	0	1
<i>Dinophyta</i>	3	2	2	3
<i>Chrysophyta</i>	9	5	8	6
Всего	266	194	192	175

Примечание. ст. 1 – д. Промежицы (выше города), ст. 2 – г. Псков, ст. 3 – Снятная Гора (ниже города).

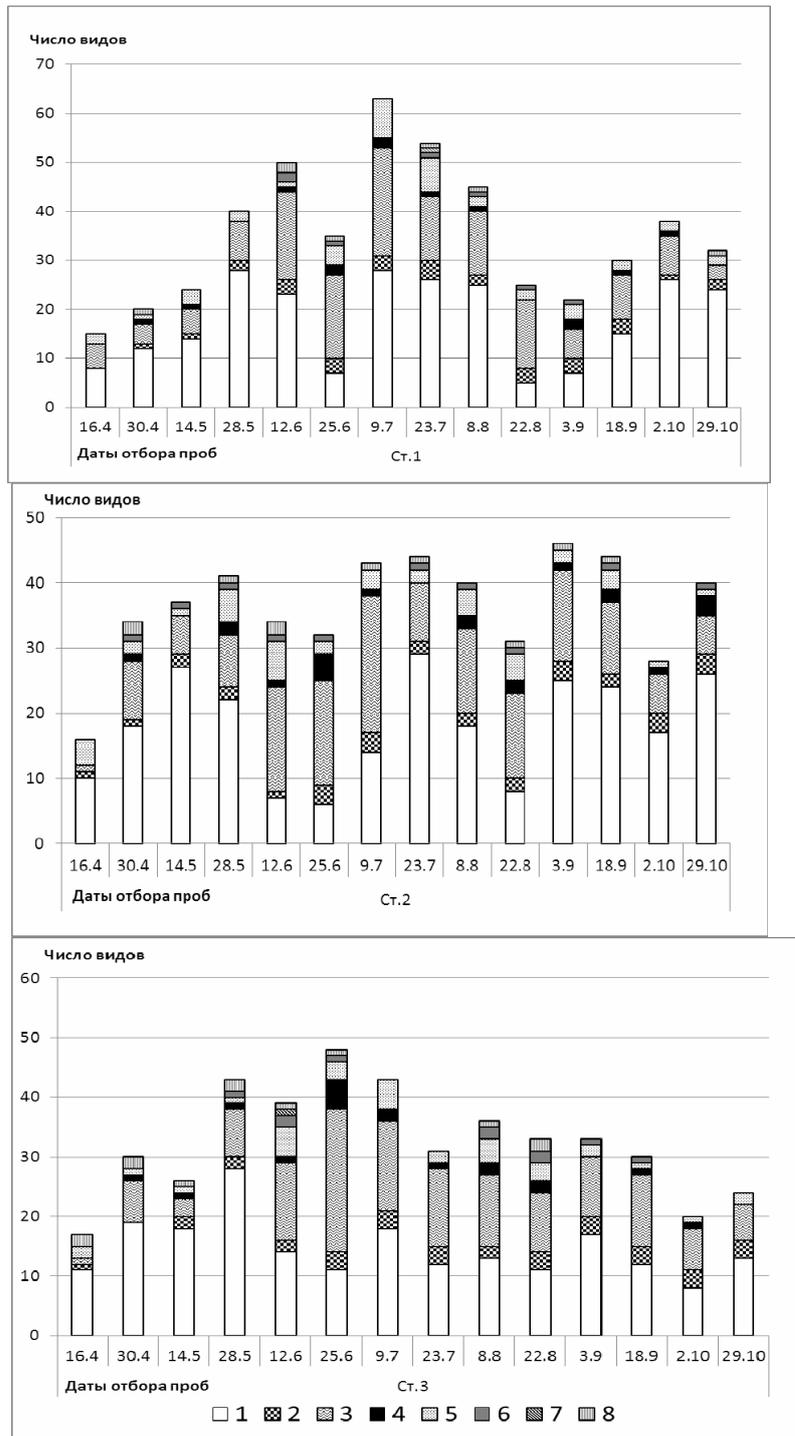


Рис. 1. Таксономический состав фитопланктона за вегетационный период: 1 – *Bacillariophyta*; 2 – *Cryptophyta*; 3 – *Chlorophyta*; 4 – *Chrysophyta*; 5 – *Cyanophyta*; 6 – *Dinophyta*; 7 – *Xanthophyta*; 8 – *Euglenophyta*

Видовое разнообразие водорослей немного уменьшалось вниз по течению. Увеличение разнообразия представителей отделов *Euglenophyta*, *Dinophyta* и общее сокращение таксономического состава ниже города могло быть связано с влиянием городских стоков. В течение вегетационного периода соотношение таксономических групп на станциях изменялось (рис. 1 состоит из трех диаграмм для трех станций).

Весной наиболее разнообразно были представлены *Bacillariophyta* – до 28 таксонов. Среди них наиболее распространенными были *Cocconeis placentula* Ehrenb., *Gomphonema parvulum* (Kütz.) Kütz., *Nitzschia acicularis* (Kütz.) W. Sm., *Nitzschia palea* (Kütz.) W. Sm., *Cyclostephanos dubius* (Fricke) Round in Theriot, Håk., Kociolek, Round & Stoermer, *Cyclotella meneghiniana* Kütz., *Melosira varians* Agardh, *Fragilaria capucina* Desm., *Ulnaria ulna* (Nitzsch) P. Compère, *Meridion circulare* (Grev.) C. Agardh. (Силеенкова, 2013). Число видов на станциях весной увеличивалось от 15 до 43. В летний период наибольшим разнообразием отличались зеленые водоросли – до 24 таксонов, а также увеличивалось число видов *Cyanophyta* – до 8. Наиболее часто встречались *Oocystis borgei* Snow, *Sphaerocystis planctonica* (Korshikov) Bourg., *Hyaloraphidium contortum* Pascher & Korshikov, *Monoraphidium minutum* (Näg.) Kom.-Legn., *Coelastrum microporum* Näg. – из зеленых и *Coelosphaerium kuetzingianum* Näg., *Heteroleibleinia kuetzingii* (Schmidle) Compere – из синезеленых водорослей. Летом число таксонов водорослей, обнаруженных при каждом отборе, изменялось от 25 до 63. В основном максимальное количество видов отмечалось на участке выше города. В осеннее время по числу таксонов преобладали *Bacillariophyta*, но разнообразие *Chlorophyta* также оставалось значительным и составляло в некоторых пробах равную с ними долю (Снятная Гора). Число видов на станциях в этот период варьировало от 20 до 46 и было наибольшим в районе города (см. рис. 1). Также на всех станциях и во все сезоны были отмечены представители *Cryptophyta*: *Chroomonas acuta* Utermöhl и *Cryptomonas erosa* Ehrenb.

Динамика биомассы фитопланктона. Биомасса фитопланктона за период исследований изменялась от 0,02 до 1,2 мг/л и достигала максимума в июне на участке ниже г. Пскова (рис. 2). В середине апреля после вскрытия реки биомасса достигала 0,1 мг/л на ст. 2 в пределах г. Пскова, а на остальных станциях была значительно ниже. Преобладали диатомовые водоросли, субдоминантами были некоторые зеленые водоросли (*Hyaloraphidium contortum*). Доминантные виды, составляющие более 10 % биомассы (Трифонова, 1990) за вегетационный сезон 2011 г., представлены в табл. 3. К концу апреля биомасса возросла до 0,2 мг/л, достигая максимума на ст. 2. На ст. 1 биомасса составила лишь 0,09, а на ст. 3 – 0,1 мг/л. Увеличение биомассы происходило в основном за счет развития таких диатомовых, как *Cyclostephanos dubius*, *Melosira undulata* (Ehrenb.) Kütz., *Melosira varians*, *Ulnaria ulna*. Возросла роль зеленых водорослей в биомассе. На ст. 2 и 3 субдоминантами были виды рода *Chlamydomonas*, а также

Sphaerocystis planctonica. Значительный вклад вносили также *Trachelomonas hispida* (Perty) F. Stein и *Chrysococcus* sp. Весенний пик развития водорослей приходился на середину мая. Наибольшего значения биомасса достигала в пределах г. Пскова – 0,9 мг/л. До 81 % биомассы планктонных водорослей составляли *Bacillariophyta*. Помимо них на ст. 2 значительную роль играли *Chlamydomonas* sp. (*Chlorophyta*) и *Cryptomonas* sp. (*Cryptophyta*). На ст. 1 биомасса фитопланктона была ниже (0,3 мг/л), на ст. 3 она немного снижалась по сравнению с показателями в городе и составляла 0,6 мг/л. Состав доминантов был сходен со ст. 2.

Таблица 3

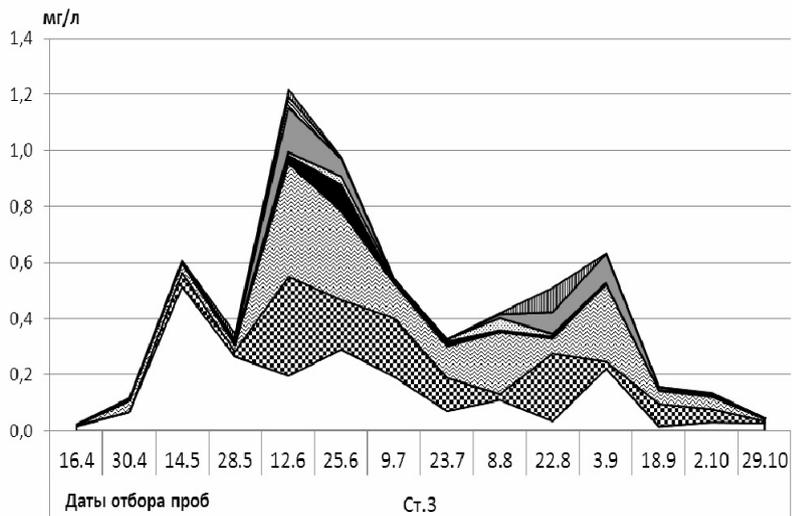
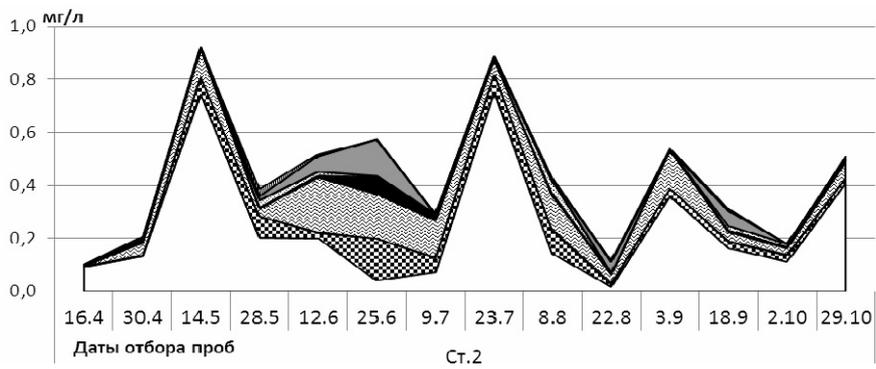
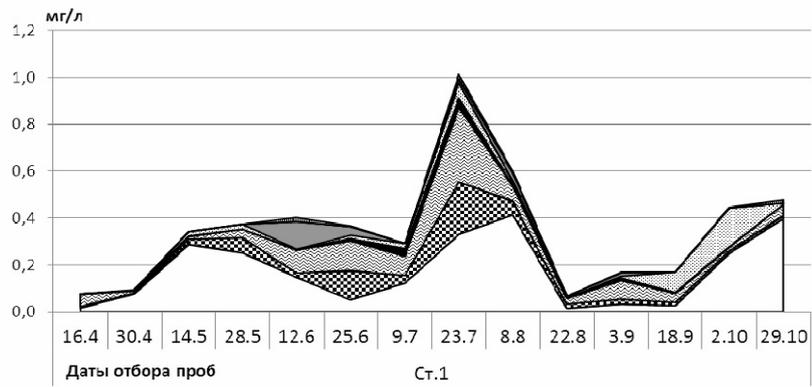
Виды-доминанты фитопланктона исследованных участков (ст. 1–3) за вегетационный период 2011 г.

Дата отбора проб	1	2	3
16.04.	<i>Melosira varians</i> <i>Chlamydomonas</i> sp.	<i>Cymbella tumida</i> (Bréb. in Kütz.) V.H. <i>Melosira varians</i> <i>Ulnaria ulna</i>	<i>Asterionella formosa</i> Hassal <i>Cocconeis placentula</i> <i>Gyrosigma acuminatum</i> (Kütz.) Rabenh. <i>Chroomonas acuta</i>
30.04.	<i>Gyrosigma acuminatum</i> <i>Melosira undulata</i> <i>M. varians</i>	<i>Cyclostephanos dubius</i> <i>Melosira undulate</i> (Ehrenb.) Kütz. <i>M. varians</i>	<i>Meridion circulare</i> (Grev.) Ag. <i>Ulnaria ulna</i> <i>Sphaerocystis planctonica</i>
14.05.	<i>M. varians</i> (72 %)	<i>Diatoma vulgare</i> Bory de Saint-Vincent <i>Melosira varians</i> (48 %) <i>Chlamydomonas</i> sp.	<i>Diatoma vulgare</i> <i>Melosira varians</i> (60 %)
28.05.	<i>Cyclostephanos dubius</i> <i>Melosira varians</i> <i>Cryptomonas</i> sp. <i>Cymbella tumida</i>	<i>Cyclostephanos dubius</i> (20 %) <i>Melosira varians</i> <i>Cryptomonas</i> sp. (16 %)	<i>Cyclostephanos dubius</i> <i>Stephanodiscus hantzschii</i> (23 %)
12.06.	<i>Melosira varians</i> <i>Gymnodinium</i> sp.	<i>Melosira varians</i> (23 %) <i>Chlamydomonas</i> sp. (25 %) <i>Gymnodinium</i> sp.	<i>Chlamydomonas</i> sp. <i>Gymnodinium</i> sp. <i>Chroomonas acuta</i> <i>Cryptomonas erosa</i>
25.06.	<i>Gymnodinium</i> sp. <i>Cryptomonas erosa</i>	<i>Chlamydomonas</i> sp. <i>Gymnodinium</i> sp. <i>Chroomonas acuta</i> <i>Cryptomonas erosa</i>	<i>Melosira varians</i> (14 %)
09.07.	—	<i>Chlamydomonas</i> sp. (25 %, в т.ч. <i>Chlamydomonas conferta</i> Korsh. – 5 %) <i>Chroomonas acuta</i>	<i>Chlamydomonas</i> sp. <i>Chroomonas acuta</i> <i>Cryptomonas</i> sp.

23.07.	<i>Gyrosigma acuminatum</i> <i>Chlamydomonas</i> sp. <i>Cryptomonas marssonii</i>	<i>Encyonema prostratum</i> (Berk.) Kütz. <i>Cymbella turgida</i> (Greg.) Cl.	<i>Chlamydomonas</i> sp. <i>Chroomonas acuta</i> <i>Cryptomonas marssonii</i>
08.08.	<i>Epithemia marssonii</i> (Ehrenb.) Kütz. (16 %) <i>Epithemia sorex</i> Kütz. (28 %)	<i>Chlamydomonas conferta</i> <i>Chroomonas acuta</i>	<i>Chlamydomonas incerta</i> Pasch.
22.08.	<i>Diatoma</i> sp. <i>Sphaerocystis planctonica</i> <i>Gymnodinium</i> sp. <i>Chroomonas acuta</i>	<i>Gymnodinium</i> sp.	<i>Gymnodinium</i> sp. <i>Chroomonas acuta</i> (29 %) <i>Cryptomonas marssonii</i> (18 %) <i>Trachelomonas hispida</i>
03.09	<i>Chlamydomonas</i> sp. <i>Gymnodinium</i> sp.	<i>Gyrosigma acuminatum</i> <i>Melosira varians</i>	<i>Gymnodinium</i> sp.
18.09	<i>Phormidium irriguum</i> (Kütz. ex Gomont) Anagn. et Komárek	<i>Diatoma</i> sp. <i>Melosira varians</i> <i>Gymnodinium</i> sp.	<i>Chroomonas acuta</i> (14 %) <i>Cryptomonas erosa</i> (33 %)
02.10	<i>Ph. irriguum</i> <i>Epithemia</i> sp.	<i>Caloneis amphisbaena</i> (Bory) Cleve <i>Epithemia argus</i> (Ehrenb.) Kütz.	<i>Cyclotella</i> sp., <i>Sphaerocystis planctonica</i> (11 %) <i>Chroomonas acuta</i> (21 %)
29.10	<i>Aulacoseira ambigua</i> (Grunow) Sim. (16 %) <i>A. granulata</i> (Ehrenb.) Sim. (23 %) <i>Diatoma hyemalis</i> (11 %) <i>Encyonema prostratum</i> (14 %)	<i>Melosira varians</i> (60 %)	<i>Diatoma hyemalis</i> <i>Fragilaria leptostauron</i> var. <i>dubia</i> (Grunow) Hustedt <i>Cryptomonas marssonii</i> Skuja

Примечание. Проценты означают биомассу определенного вида от общей биомассы фитопланктона на данной станции в данный период.

В конце мая биомасса на станциях была практически одинакова — 0,37 (ст. 1), 0,39 (ст. 2) и 0,35 (ст. 3) мг/л. Но если для ст. 2 и 3 эти значения свидетельствовали о снижении биомассы по сравнению с предыдущим пиком, то для ст. 1 отмечался небольшой прирост. Доминировали на всех станциях *Bacillariophyta*. Для ст. 2 биомасса некоторых диатомовых достигала 20 % (*Cyclostephanos dubius*). Вторым по значимости был отдел криптофитовых водорослей. На ст. 2, по сравнению с предыдущим периодом, увеличилась роль синезеленых водорослей: *Chroococcus minor* (Kütz.) Näg., *Aphanizomenon flos-aquae* (L.) Ralfs ex Bornet et Flahault., а также эвгленовых — *Trachelomonas volvocina* Ehrenb. и динофитовых — *Gymnodinium* sp. Биомасса *Dinophyta* начала возрастать с этого периода.



■ 8 ■ 7 ■ 6 ■ 5 ■ 4 ■ 3 ■ 2 □ 1

Рис. 2. Динамика биомассы фитопланктона р. Великой на исследованных участках: 1 – *Bacillariophyta*; 2 – *Cryptophyta*; 3 – *Chlorophyta*; 4 – *Chrysophyta*; 5 – *Cyanophyta*; 6 – *Dinophyta*; 7 – *Xanthophyta*; 8 – *Euglenophyta*

На ст. 1 в конце весеннего сезона наблюдалось увеличение доли зеленых водорослей, по сравнению с серединой мая (до 10 % биомассы), в основном в результате развития видов рода *Chlamydomonas*. Также увеличивалась биомасса криптофитовых (до 17 %). На ст. 3 помимо других доминантов из отдела *Bacillariophyta* отмечен *Stephanodiscus hantzschii* Grunow (до 23 %). Доля криптофитовых по сравнению с другими станциями и с предыдущим периодом уменьшилась до 6 % биомассы.

В первой половине июня на всех станциях наблюдалось повышение биомассы фитопланктона от 0,4 до 1,2 мг/л и изменение доминирующих групп (см. рис. 2). На ст. 1 биомасса составляла 0,4 мг/л и практически в равных долях была представлена *Bacillariophyta* (37 %), *Chlorophyta* (25 %) и *Dinophyta* (30 %). Также увеличилась биомасса *Euglenophyta* по сравнению с весенним периодом (в основном *Trachelomonas volvocina*), а у криптофитовых она снизилась до 4 %. На ст. 2 биомасса достигала 0,5 мг/л. Большое значение приобретали *Chlorophyta* (до 40 % биомассы) в основном за счет видов рода *Chlamydomonas* – 25 % (см. табл. 3). *Bacillariophyta* составляли 39 % биомассы фитопланктона. Водоросли отдела *Dinophyta* являлись субдоминантами (11 % биомассы). Биомасса *Cryptophyta*, как и на ст. 1, снизилась до 4 %.

Пик биомассы (1,2 мг/л) в середине июня отмечен на ст. 3. Здесь доминировали *Chlorophyta* (33 %) и *Cryptophyta* (29 %), субдоминантами были *Bacillariophyta* (16 %) и *Dinophyta* (13 %). Увеличивалась доля *Chrysophyta* (2,5 %) и *Xanthophyta* (3 %).

В конце июня биомасса фитопланктона изменилась от 0,4 (ст. 1) до 1 (ст. 3) мг/л. Основу ее на ст. 1 составили *Chlorophyta* (35 %) и *Cryptophyta* (34 %). Менее значимая часть принадлежала *Bacillariophyta* (14 %) и *Dinophyta* (10 %). На ст. 2 биомасса составляла 0,6 мг/л. Практически в равном соотношении были представлены *Chlorophyta* (29 %), *Cryptophyta* (28 %) и *Dinophyta* (24 %). В качестве субдоминантов выступали *Bacillariophyta* (7 %) и *Chrysophyta* (11 %). На ст. 3 преобладали *Chlorophyta* (32 %) и *Bacillariophyta* (30 %). Среди них выделялись *Dictyosphaerium pulchellum* H.C. Wood, виды рода *Chlamydomonas*, а также *Sphaerocystis planctonica*, *Coelastrum microporum* – из зеленых, виды рода *Cyclotella*, *Discostella stelligera*, *Melosira varians* (14 %), *Ulnaria acus* (Kütz.) M. Aboa – из диатомовых. Биомасса криптофитовых и динофитовых уменьшилась до 18 и 6 % соответственно. На данной станции были зарегистрированы самые высокие показатели биомассы золотистых (0,1 мг/л) за весь период исследований в основном за счет развития *Chrysococcus rufescens* Klebs и *Mallomonas sp.*

В начале июля на всех станциях наблюдалось снижение биомассы. Минимальные значения ее были на ст. 1 и 2 (по 0,3 мг/л), чуть выше – на ст. 3 (0,5 мг/л). На ст. 1 *Bacillariophyta* составляли до 42 %, а *Chlorophyta* – до 28 %. Доминирующие виды *Bacillariophyta* вытеснил *Cocconeis placentula*. Наибольший вклад в биомассу вносил случайный

планктонный вид *Amphora pediculus* (Kütz.) Grunow (13 %). По сравнению с предыдущим периодом доля синезеленых водорослей увеличилась до 7 %. На ст. 2 доминировали *Chlorophyta* (48 %). Субдоминантами были *Bacillariophyta* (25 %) и *Cryptophyta* (18 %). Значительную роль играли бентосные формы *Amphora ovalis* Kütz., а также *Cocconeis placentula*, *Cryptomonas erosa* и *Chroomonas acuta*. *Chrysophyta* составляли 7 %. В фитопланктоне ст. 3 вновь изменилась доминирующая группа: доля *Cryptophyta* – 39 %, а *Bacillariophyta* – 36 %. По сравнению с июнем значимость остальных отделов в биомассе заметно снизилась.

Во второй половине июля зарегистрирован пик биомассы фитопланктона на ст. 1 (1 мг/л) и ст. 2 (0,9 мг/л), в то время как на ст. 3 биомасса уменьшилась (0,3 мг/л). В фитопланктоне на ст. 1 преобладали *Bacillariophyta* (33 %) и *Chlorophyta* (32 %). Значительной была доля *Cryptophyta* – 22 %. Наибольший вклад в биомассу вносили виды рода *Fragilaria*, а также *Gyrosigma acuminatum* (10 %) и *Epithemia sorex* – из диатомовых, виды рода *Chlamydomonas* – из зеленых, а также *Cryptomonas marssonii*, *Cryptomonas erosa* и *Chroomonas acuta* – из криптофитовых. Увеличилось содержание в биомассе синезеленых (6 %) и золотистых (4 %) водорослей. На ст. 2 диатомовые составляли 84 % биомассы. Здесь в мае и июле отмечена самая высокая биомасса *Bacillariophyta* за период исследований. Но в отличие от весеннего сезона, доминирующими видами были пеннатные диатомеи: *Encyonema prostratum*, *Cymbella turgida* (см. табл. 3), а также заметную роль играли *Ulnaria acus*, *Gomphonema constrictum* Ehrenb., не являясь доминантами. Отделы *Cryptophyta* и *Chlorophyta* составляли лишь 8 и 6 % соответственно, но на ст. 3 они преобладали (37 и 34 % соответственно).

В начале августа биомасса фитопланктона составляла 0,6 (ст. 1) и 0,4 (ст. 2 и 3) мг/л. Диатомовые доминировали только на ст. 1 (см. табл. 3). На ст. 2 зеленые и диатомовые были представлены практически поровну – 30 и 34 % соответственно. Наибольшего обилия достигали *Encyonema prostratum*, *Epithemia sorex*, *Oocystis borgei* и *Chlamydomonas conferta*. Криптофитовые составляли третью по величине биомассы группу (21 %), за счет развития *Cryptomonas erosa* и *Chroomonas acuta*. Наблюдалось увеличение доли синезеленых (до 10 %). На ст. 3 все большую значимость приобретали зеленые водоросли (53 %). Среди них выделялись *Chlamydomonas incerta*, присутствовали также нитчатые *Oedogonium* sp., *Cladophora* sp. Субдоминантами были диатомовые – 27%, а доля синезеленых, как и на предыдущей станции, составляла 10 %.

В конце лета биомасса варьировала от 0,07 (ст. 1) и 0,12 (ст. 2) до 0,5 (ст. 3) мг/л (см. рис. 2). Для ст. 1 зарегистрировано одно из наименьших значений биомассы фитопланктона за время наблюдений. Преобладали зеленые водоросли. На ст. 2 практически в равном соотношении находились зеленые (28 %) и динофитовые (35 %) водоросли. На долю диатомовых приходилось лишь 16 %. В отличие от выше расположенных участков на ст. 3 значительно преобладали

криптофитовые – 48 %. Эвгленовые достигали здесь наибольшего обилия на период исследований – 0,09 мг/л. Из динофитовых виды родов *Gymnodinium* и *Glenodinium* составляли 15 % биомассы. Роль других отделов была менее значима.

В начале осени высокая биомасса была отмечена на ст. 2 – 0,5 и ст. 3 – 0,6 мг/л. Наименьшая биомасса наблюдалась на ст. 1 (0,2 мг/л), здесь 47 % составляли зеленые водоросли, доля диатомовых не превышала 19 %. На ст. 2, напротив, доминировали диатомовые (67 %) (см. табл. 3). Субдоминанты *Chlorophyta* достигали 26 % за счет развития видов рода *Chlamydomonas* и *Ulothrix*. Биомасса криптофитовых была относительно небольшой – 5 % (в основном *Cryptomonas erosa*). Основу структуры биомассы на ст. 3 составляли зеленые водоросли (*Oedogonium* sp., *Chlamydomonas* sp.) – 43 %. Диатомовых было немного меньше – 35 %. Присутствовали такие же доминанты, как и на выше расположенных станциях, а также *Ulnaria ulna*, *Epithemia sorex*. Наблюдалось увеличение доли динофитовых водорослей до 16 %.

В середине сентября на ст. 1 возросла доля *Cyanophyta* (52 %), наибольшего развития достигла *Phormidium irriguum*. Биомасса водорослей других отделов уменьшилась по сравнению с предыдущим периодом. На ст. 2 доминантами снова стали диатомовые (53 %). Из них преобладала *Melosira varians*, а также определенный вклад в качестве субдоминантов вносили *Discostella stelligera* и *Diatoma hyemalis* (Roth) Heib. Увеличилась доля *Dinophyta* до 18 %, а *Cyanophyta* сократилась до 6 %. *Cryptophyta* составили 8 %, а на ст. 3 их биомасса возросла до 53 %. На ст. 3 (0,2 мг/л) *Chlorophyta* занимали 30 % общей биомассы. В свою очередь роль диатомовых и динофитовых значительно снизилась по сравнению с показателями на предыдущей станции.

В начале октября возросла биомасса фитопланктона на ст. 1 до 0,4 мг/л, в то время как на других станциях наблюдалось ее снижение: на ст. 2 – до 0,2 и на ст. 3 – до 0,1 мг/л. На ст. 1 преобладали *Bacillariophyta* – 56 % (см. табл. 3). Отмечена наибольшая биомасса синезеленых водорослей за период исследования (0,2 мг/л) в основном за счет развития *Phormidium irriguum*. В биомассе на ст. 2 также доминировали диатомовые – 64 %. В сравнении со ст. 1, уменьшилось обилие синезеленых до 5 %. Зеленые и криптофитовые водоросли находились практически в равном соотношении – по 13 и 15 % соответственно. На ст. 3 это соотношение изменилось, оставаясь почти равным: криптофитовые – 37 % и зеленые 32 %. Доминировали *Chroomonas acuta* – 21 %, *Sphaerocystis planctonica* – 11 %. Диатомовые составили лишь 23 % в основном за счет видов рода *Cyclotella*.

В конце вегетационного периода биомасса осеннего фитопланктона в основном была представлена диатомовыми и достигла 0,5 мг/л на ст. 1 и 2, 0,05 мг/л – на ст. 3. На ст. 1 преобладали диатомовые (83 %). Зеленые являлись второй по величине биомассы группой – 10 %. Небольшого развития достигали эвгленовые и криптофитовые – по 3 %. Структура биомассы на ст. 2 была сходна со структурой на предыдущей

станции: диатомовые представляли 80 %, зеленые – 12 %, криптофитовые – 4 %. Присутствовали золотистые водоросли (2 %). На ст. 3 биомасса значительно уменьшилась (0,05 мг/л), но диатомовые остались преобладающей группой (59 %).

Анализ соотношения биомассы фитопланктона и гидрохимических параметров показал, что наибольшее влияние на изменение общей биомассы и биомассы отдельных групп фитопланктона имели такие параметры, как рН, цветность и содержание биогенных элементов. У отделов зеленых, золотистых, желтозеленых и динофитовых водорослей была отмечена положительная корреляция с активной реакцией среды ($r = 0,99$, $p < 0,05$). Наибольшая биомасса этих отделов совпадала с максимальными значениями рН. Прямая зависимость отмечена между развитием зеленых водорослей и минерализацией воды (суммой ионов). По-видимому, пик биомассы диатомовых на ст. 2 во второй половине лета мог быть связан с комплексным действием факторов. Отрицательная корреляция биомассы с цветностью воды на протяжении вегетационного сезона была отмечена на ст. 1.

Наблюдалась положительная зависимость биомассы от концентрации аммонийного азота фитопланктона на ст. 2. В то же время для биомассы динофитовых она была отрицательной ($r = -0,99$, $p < 0,05$).

Корреляционный анализ показал значительную положительную зависимость биомассы фитопланктона от содержания нитрат-ионов в воде. Увеличение содержания нитрат-ионов в летний период происходило одновременно с повышением биомассы золотистых, зеленых, синезеленых, динофитовых и желтозеленых водорослей ($r = 0,99$, $p < 0,05$). Достоверной зависимости между содержанием минерального фосфора и биомассой фитопланктона не обнаружено.

За период исследований наименьшая биомасса отмечена весной и поздней осенью 0,02–0,05 мг/л, что соответствует олиготрофной зоне. Максимум биомасса фитопланктона достигала в конце весны, в середине июня и июля (0,9–1,2 мг/л), что характерно для мезотрофного типа вод. По уровню средней биомассы за сезон выделялись участки в пределах города и ниже по течению ($\approx 0,6$ мг/л), но на станции в районе г. Пскова увеличилось число пиков биомассы, что свидетельствует о повышении уровня эвтрофирования (Трифонов, 1990).

Среди видов-сапробионтов в фитопланктоне нижнего течения р. Великой преобладали β -мезосапробы (40 %). Представители промежуточной зоны сапробности ($\alpha - \beta$, $\beta - \alpha$ -сапробы) составляли 30 %. Среди них распространенными были такие виды, как *Navicula exigua* (Greg.) O. Müll., *Cocconeis placentula*, *Chrysococcus rufescens*, *Oocystis borgei*. В равном соотношении были представлены $\beta - \alpha$, $\alpha - \beta$ и $\alpha - \alpha$ -сапробы (по 11 %). Доля олигосапробов составила всего 5 % (*Fragilariforma virescens*, *Meridion circulare*, *Oscillatoria simplicissima* Gomont). α , $\alpha - \beta$ -сапробы отмечались в основном на участке ниже города (3 %) (*Euglena viridis* (O.F. Müll.) Ehrenb., *Chlorella vulgaris* Beij.).

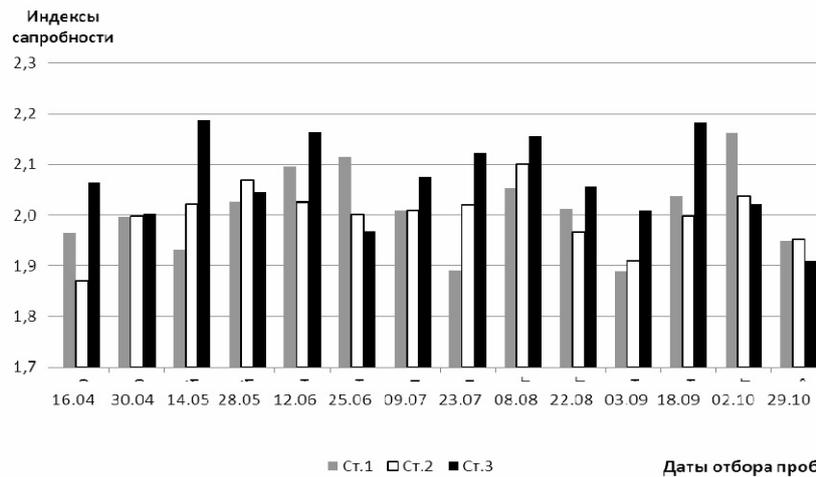


Рис. 3. Изменение индексов сапробности по станциям: 1 – Промежицы (выше города); 2 – г. Псков; 3 – Снятная Гора (ниже города).

Индексы сапробности варьировали от 1,87 до 2,19 (рис. 3). В большинстве случаев сапробность увеличивалась от верхней по течению станции к станции ниже города. Максимальные значения отмечены на ст. 3 в мае (2,19) и сентябре (2,18). Довольно высокие индексы зарегистрированы в июне (2,16), июле (2,12) и августе (2,15), что может свидетельствовать о негативном влиянии города.

Согласно существующим классификациям (Оксиюк и др., 1993), по содержанию биогенных элементов и индексам сапробности воды реки Великой можно охарактеризовать как воды удовлетворительной чистоты, водоток относится к мезотрофному типу, а по значению биомассы – к олиго-мезотрофному (Trifonova et al., 2007).

Заключение

В фитопланктоне нижнего течения р. Великой выявлено 266 видов и внутривидовых таксонов из 8 отделов, среди которых преобладают *Bacillariophyta* – 116 (43,6 %). Наибольшее число таксонов отмечено на участке реки выше г. Пскова. Ниже города количество видов уменьшается, что может быть связано с негативным влиянием жизнедеятельности города на воды реки.

Биомасса фитопланктона за период исследований изменялась от 0,02 до 1,2 мг/л, достигая максимума в июне на участке ниже г. Пскова. Средняя за сезон биомасса на этом участке была выше, чем на других станциях, хотя число видов – наименьшее. У г. Пскова отмечено 5 пиков биомассы, в то время как на других станциях по 3. Увеличение количества максимальных показателей биомассы может быть признаком повышения эвтрофирования (Трифонова, 1990).

В структуре фитопланктона весной наиболее разнообразно представлены *Bacillariophyta*, в летний период – *Chlorophyta*, в осеннее время по числу таксонов преобладали *Bacillariophyta*, но разнообразие *Chlorophyta* также было значительным. На станции в районе города наблюдалась наибольшая биомасса *Bacillariophyta*. Роль *Chlorophyta* увеличивалась у Пскова и ниже по течению.

Индексы сапробности, как правило, увеличивались на станции ниже города и достигали максимальных значений (2,19). По содержанию биогенных элементов и индексам сапробности р. Великая может быть отнесена к мезотрофному типу категории умеренно загрязненных и к олиго-мезотрофному по величине биомассы фитопланктона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Алёкин О.А. Основы гидрохимии. – Л.: Гидрометеиздат, 1970. – 442 с.
- Баллонов И.М. Подготовка водорослей к электронной микроскопии // Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. – М.: Наука, 1975. – С. 87–90.
- Водоросли. Справочник / Под общ. ред. С.П. Вассера. – Киев, 1989. – 608 с.
- Давыдова Н.Н. Диатомовые водоросли – индикаторы природных условий водоемов в голоцене. – Л.: Наука, 1985. – 244 с.
- Оксиюк О.П., Жукинский В.Н., Брагинский Л.П., Линник П.Н., Кузьменко М.И., Кленус В.Г. Комплексная экологическая классификация качества поверхностных вод суши // Гидробиол. журн. – 1993. – 29(4). – С. 62–71.
- Определитель пресноводных водорослей СССР / Забелина и др., 1951; Голлербах и др., 1953; Киселев, 1954; Матвиенко, 1954; Попова, 1955; Дедусенко-Щеголева и др., 1959; Дедусенко-Щеголева, Голлербах, 1962; Паламарь-Мордвинцева, 1982.
- Оценка экологического состояния рек бассейна Ладожского озера по гидрохимическим показателям и структуре гидробиоценозов / Под ред. И.С. Трифоновой. – С.Пб., 2006. – 130 с.
- Природа районов Псковской области / Под. ред. В.К. Маляревского. – Л., 1971. – 288 с.
- Силеенкова Е.А. Таксономический состав и экологическая характеристика водорослей реки Великой (Псковская область) // Бот. журн. – 2013. – 98(9). – С. 1073–1084.
- Судницына Д.Н. Водоросли водоемов и водотоков Псковской области. – С.Пб., 2008. – 186 с.
- Судницына Д.Н., Ястремский В.В. Фитопланктон устьевых участков рек, впадающих в Псковско-Чудское озеро // Природа и хозяйственное использование озер Северо-Запада Русской равнины. Вып. 1. – Л., 1976. – С. 73–84.
- Трифонова И.С. Экология и сукцессия озерного фитопланктона. – Л.: Наука, 1990. – 184 с.
- Фитопланктон Нижней Волги. Водохранилища и низовье реки / Под ред. И.С. Трифоновой. – С.Пб.: Наука, 2003. – 232 с.
- Царенко П.М. Краткий определитель хлорококковых водорослей Украинской ССР. – Киев: Наук. думка, 1990. – 208 с.
- Kotárek J., Anagnostidis K. Modern approach to the classification system of Cyanophytes. 2 – *Chroococcales* // Arch. Hydrobiol. – 1986. – Suppl. 73, Hf. 2. – S. 157–226.

- Krammer K., Lange-Bertalot H. *Bacillariophyceae*. 3. Teil: *Centrales*, *Fragilariaceae*, *Eunotiaceae* // Süßwasserflora von Mitteleuropa. – Stuttgart; Jena: Gustav Fischer Verlag, 1991. – 576 S.
- Krammer K., Lange-Bertalot H. *Bacillariophyceae*. 4. Teil: *Achnantheaceae*, Kritische Ergänzungen zu *Navicula (Lineolatae)* und *Gomphonema*. Geamliteraturverzeichnis // Süßwasserflora von Mitteleuropa. – Jena: Gustav Fischer Verlag, 1991. – 437 S.
- Laugaste R., Yastremskiy V. Role of inflows in the phytoplankton composition of lake Peipsi // Proc. Eston. Acad. Sci. Biol. Ecol. – 2000. – 49(1). – P. 19–33.
- Sládeček V. System of water quality from biological point of view // Arch. Hydrobiol. Ergebn. Limnol. – 1973. – 7. – P. 1–218.
- Trifonova I.S., Pavlova O.A., Rusanov A.G. Phytoplankton as an indicator of water quality in the rivers of the Lake Ladoga basin and its relation to environmental factors // Arch. Hydrobiol. – 2007. – 17. (Suppl.). – P. 527–549.

Поступила 8 октября 2013 г.

Подписала в печать А.В. Лишук-Курейшевич

E.A. Afonina

Institute of Limnology RAS

9, Sevastyanova St., 196105 St. Petersburg, Russia

e-mail: katerina.sil@mail.ru

SEASONAL DYNAMICS OF PHYTOPLANKTON IN THE RIVER VELIKAYA NEAR CITY PSKOV

During 2011 year were researched seasonal dynamics of phytoplankton species composition and biomass in lower course of the Velikaya River. Hydrochemical investigation of the water was performed and defined distribution of saprobity indexes on stations near city Pskov. In phytoplankton of lower course in the Velikaya River were identified 266 taxa from 8 divisions. *Bacillariophyta* were the most divers – 116 (43.6 %). Maximum of species quantity reached on station situated upper stream from Pskov. Downstream from the city species quantity decreased that can be connected with influence of Pskov on river waters. During researched period phytoplankton biomass changed from 0,02 to 1,2 mg/L and reached maximum at the downstream station in June. Average biomass on this station was higher than on other stations but species quantity was the lowest. Near city Pskov were registered 5 biomass peaks, while at other stations – only 3. Increase of quantity of biomass peaks can indicate eutrophication rise (Trifonova, 1990). In spring the most diverse were *Bacillariophyta* in phytoplankton composition, in summer period – *Chlorophyta*. In autumn dominated *Bacillariophyta* according to taxa amount, but *Chlorophyta* diversity also remained significant. The highest values of diatoms biomass were registered at the station near city. Role of green algae increased near city and at downstream station. Saprobity indexes increased in general on station situated downstream from the city and reached maximum – 2.19. According to nutrients concentration and saprobity indexes Velikaya River can be characterized as mesotrophic type and moderately polluted and based on biomass value – as oligo-mesotrophic type.

Key words: Velikaya River, phytoplankton, saprobity indexes, eutrophication.