

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОДЫ УСТЬЯ РЕКИ ВЕЛИКОЙ ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ ФИТОПЛАНКТОНА¹

Т. В. Дрозденко, Т. К. Антал

*Псковский государственный университет,
Псков, Российская Федерация*

Река Великая является самой большой рекой в Псковской области. Река собирает воду с половины ее территории и во многом определяет не только водный баланс Псковско-Чудского озера, но и является источником антропогенного загрязнения уникального водоема. В системе мероприятий по управлению водными ресурсами приоритетное значение отводится исследованиям фитопланктона как первичного звена трофической цепи. Микроводоросли участвуют в формировании потоков вещества и энергии, процессах самоочищения водоемов, служат пищевым ресурсом, первыми реагируют на начальные изменения в водной экосистеме и являются отличным объектом в биоиндикационных исследованиях. Цель работы – изучение таксономического состава, количественных характеристик и экологических особенностей фитопланктона устья р. Великой как биоиндикатора качества водной среды. За период исследования (2015–2016 гг.) идентифицировано 138 таксонов микроводорослей, наибольшее число которых отмечено в позднеосенний период (84 вида), наименьшее – в осенний (47 видов). Планктонную альгофлору нижнего течения р. Великой можно охарактеризовать как диатомово-хлорофитовую с присутствием цианобактерий и золотистых водорослей. Анализ сходства видового состава фитопланктонных сообществ с использованием индекса Сьеренсена – Чекановского показал, что наиболее близки в видовом отношении альгоценозы в зимний и осенний периоды ($K_s-c = 0,6$). Численность фитопланктона устья р. Великой изменялась в широком диапазоне в зависимости от времени года: от 232,0 тыс. кл./л (зимой) до 2,07 млн кл./л (летом), биомасса – от 60,3 мг/м³ (зимой) до 773,6 мг/м³ (летом). Согласно эколого-географической характеристике на исследуемой акватории преобладали широко распространенные пресноводные планктонные формы фитопланктона, предпочитающие слабощелочную реакцию среды. Средний индекс сапробности по Пантле и Букку составил 2,05, что свидетельствует об умеренном загрязнении акватории нижнего течения р. Великой.

Ключевые слова: микроводоросли, фитопланктон, таксон, видовой состав, численность, биомасса, индекс сапробности, устье реки Великой.

Для цитирования: Дрозденко Т. В., Антал Т. К. Оценка качества воды устья реки Великой по показателям фитопланктона // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. 2021. № 1. С. 51–60. DOI: 10.24143/2073-5529-2021-1-51-60.

Введение

С ростом антропогенного воздействия на окружающую среду возникает необходимость проведения наблюдений за состоянием биоразнообразия водной среды. Большое значение отводится изучению состояния фитопланктона как первичного звена трофической цепи, во многом определяющего структуру и функционирование водной экосистемы [1].

Микроводоросли играют исключительную роль в создании первичного органического вещества, являются поставщиками кислорода в атмосферу, участвуют в самоочищении водоемов, обладая высокой устойчивостью к неблагоприятным факторам среды, характеризуются большим разнообразием видов, способны фиксировать малейшие изменения среды, выступая в качестве биоиндикаторов. Поэтому знание особенностей видового состава фитопланктона, закономерностей его количественного развития по сезонам необходимо для понимания процессов, протекающих в водоеме.

Биоиндикационные методы на основе видового состава сообществ и обилия водорослей дают интегральную оценку результатов всех природных и антропогенных процессов, протекающих в водном объекте. Биоиндикация по сообществам водорослей является биологическим экс-

¹ Исследование выполнено при финансовой поддержке РНФ в рамках научного проекта № 20-64-46018.

пресс-методом, при этом основным преимуществом автотрофов является то, что водоросли первыми в трофической цепи реагируют на загрязнители, не успевая их накапливать. Реакцией на изменение условий среды является изменение состава и обилия водных организмов [2].

Река Великая – самая большая и многоводная река в Псковской области, являющаяся основным притоком Чудско-Псковского озера. Река имеет большое значение для водоснабжения городов региона и рекреации. На своем протяжении она подвергается значительному антропогенному воздействию, что оказывает влияние не только на ее экосистему и качество воды, но и на водный баланс Псковско-Чудского озера [3].

Исследование фитопланктона устьевой части р. Великой, его структуры и динамики позволяет выявить современное экологическое состояние данной акватории, а также прогнозировать возможные последствия, которые могут оказать влияние на экосистему южной части Чудско-Псковского озера.

Целью настоящей работы являлось изучение таксономического состава, количественных показателей и экологических особенностей фитопланктона нижнего течения р. Великой как биоиндикатора качества водной среды.

Материалы и методы исследования

Исследования фитопланктона проводились в разные сезоны года (лето, осень, зима 2015 г., весна 2016 г.) в устье р. Великой в районе д. Муровицы (рис. 1).

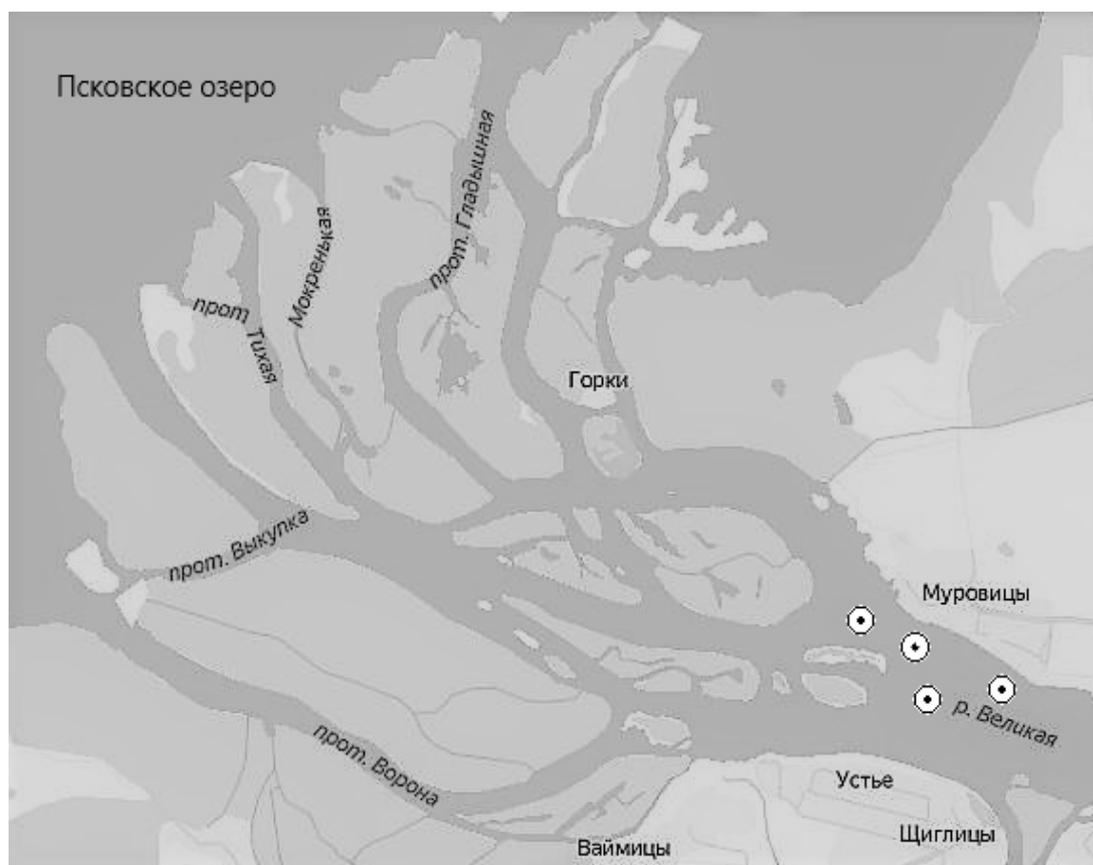


Рис. 1. Карта нижнего течения р. Великой, где ⊙ – точки отбора проб фитопланктона

Известно, что общая минерализация нижнего течения р. Великой находится в диапазоне 250,8–333 мг/л. Воды реки относятся к гидрокарбонатному классу группы кальция и отличаются повышенной цветностью. Значения БПК₅ колеблются от 1,6 до 2,45 мг O₂/л [4].

Параллельно с отбором проб измеряли температуру и кислотность воды (табл. 1).

Таблица 1

Средние значения температуры (*t*) и кислотности (рН) воды в местах отбора проб

Показатель	Июнь 2015 г.	Октябрь 2015 г.	Декабрь 2015 г.	Май 2016 г.
<i>t</i> , °С	20,0 ± 0,2	10,5 ± 0,2	5,5 ± 0,4	18,0 ± 0,1
рН	8,1 ± 0,1	8,3 ± 0,1	8,5 ± 0,1	8,1 ± 0,0

Фитопланктон отбирали пробоотборниками объемом 0,5 л с глубины 0,5 м. Пробы фиксировали формалином (40 %), доводя до концентрации 1–2 %. Обработку материала проводили стандартными методами [5, 6].

После концентрирования осадочным методом пробы просчитывали в камере Нажотта объемом 0,05 мл. Микроводоросли идентифицировали до вида с использованием микроскопа Carl Zeiss Axio Lab. A1. и определителей [7–13]. При выделении и расположении отделов водорослей использовали систему, принятую в справочнике «Водоросли» [5].

Для сравнения видового состава фитопланктонных сообществ в разные сезоны года использовали индекс флористического сходства Сьеренсена – Чекановского [14].

Пересчет численности микроводорослей на 1 л осуществляли по общепринятой формуле [6]. Биомассу рассчитывали по объемам водорослей, определенным методом геометрического подобия для каждой пробы [15]. Для оценки разнообразия фитопланктонных сообществ использовали индекс Шеннона – Уивера, который определяли по биомассе [16].

В сапробиологическом анализе применяли метод вычисления по Пантле – Букк в модификации Сладчека [17]. Для эколого-географической характеристики видов использовали материалы из указанных выше определителей и отдельных публикаций [2, 18–20].

Результаты и их обсуждение

При анализе региональной альгофлоры большое значение имеет таксономическая структура, определяющаяся видовым разнообразием и соотношением таксонов, а также являющаяся необходимой характеристикой биологических сообществ [21].

За весь период наблюдений в устьевой части р. Великой (в районе д. Муровицы) идентифицировано 138 таксонов микроводорослей рангом ниже рода (табл. 2).

Таблица 2

Число таксонов фитопланктона в устье р. Великой в разные сезоны года

Отдел	Число видовых и внутривидовых таксонов, абс.				
	Июнь 2015 г.	Октябрь 2015 г.	Декабрь 2015 г.	Май 2016 г.	Весь период*
Chlorophyta	33	13	9	24	48
Bacillariophyta	13	18	27	33	47
Cyanobacteria	5	3	6	9	15
Chrysophyta	6	6	6	9	12
Euglenophyta	3	3	2	4	8
Cryptophyta	4	4	3	4	4
Dinophyta	3	0	0	1	4
<i>Итого</i>	<i>67</i>	<i>47</i>	<i>53</i>	<i>84</i>	<i>138</i>

*Число таксонов микроводорослей за весь период считали, объединяя таксономические списки за все сезоны и убирая повторы, т. к. один и тот же вид может быть встречен в разные периоды.

Абсолютными доминантами по видовой представленности были отделы Chlorophyta (34,8 % от общего числа видов) и Bacillariophyta (34,1 %). На долю цианобактерий приходилось 10,6 % от общего числа видовых и внутривидовых таксонов микроводорослей, на долю золотистых водорослей – 8,7 %. Эвгленовые составляли 5,8 %, криптофитовые и динофитовые водоросли – по 2,9 %.

В составе летнего фитопланктона исследуемой акватории зарегистрировано 67 таксонов рангом ниже рода (табл. 2). Доминировал отдел Chlorophyta, включающий почти половину от общего числа обнаруженных таксонов микроводорослей (рис. 2).

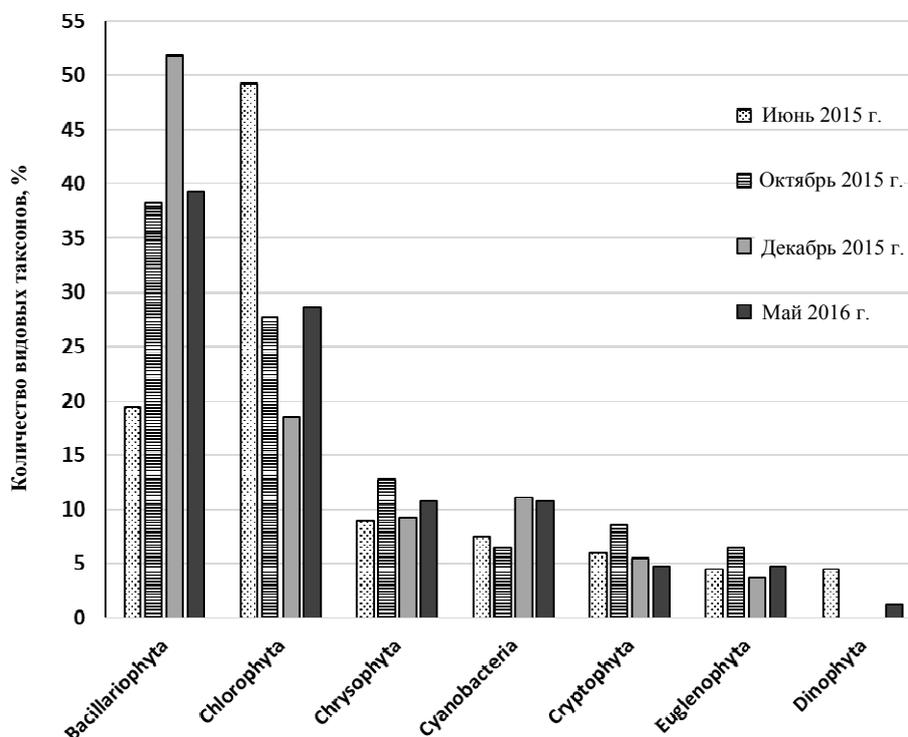


Рис. 2. Таксономический состав фитопланктона устьевой части р. Великой

Самыми представительными среди Chlorophyta являлись семейства Scenedesmaceae (12,0 %) и Selenastraceae (7,0 %).

На втором месте по числу видовых и внутривидовых таксонов находился отдел Bacillariophyta (19,4 % от общего числа видов). Наибольшим видовым богатством отличались семейства Fragilariaceae (7,0 %) и Stephanodiscaceae (5,0 %).

На представителей отдела Chrysophyta приходилось 9,0 % от общего числа микроводорослей. Остальные отделы вносили меньший вклад в таксономическое разнообразие летнего фитопланктона исследуемой акватории (см. рис. 2).

В составе осеннего фитопланктона обнаружено 47 таксонов рангом ниже рода (см. табл. 2). Лидировал отдел Bacillariophyta, содержащий 38,3 % от общего числа таксонов. По числу видов выделялись семейства Stephanodiscaceae и Fragilariaceae (по 8,3 %).

На втором месте находился отдел Chlorophyta – 27,7 %, на третьем – Chrysophyta – 12,7 %. На представителей отделов Cryptophyta, Cyanobacteria и Euglenophyta приходилось в совокупности 21,3 % (см. рис. 2).

Зимой в фитопланктоне устья р. Великой выявлено 53 видовых и внутривидовых таксона водорослей (см. табл. 2). По числу представителей лидировал отдел Bacillariophyta, включающий 51,9 % от общего числа зарегистрированных микроводорослей (см. рис. 2). Отличались семейства Fragilariaceae и Naviculaceae, в каждом из которых зафиксировано по 22,2 % от общего числа видов микроводорослей.

Далее следовали отделы Chlorophyta (18,5 %), Cyanobacteria (11,1 %) и Chrysophyta (9,3 %). На представителей Cryptophyta и Euglenophyta приходилось 9,2 %.

В осенний и зимний периоды не было встречено представителей отдела Dinophyta.

Наибольшее видовое богатство фитопланктона отмечено весной: 84 видовых и внутривидовых таксона водорослей (см. табл. 2). Доминировал, как и в осенне-зимний период,

отдел Bacillariophyta, включающий 39,3 % от общего числа идентифицированных организмов (см. рис. 2). Наиболее богатыми семействами, как и в летне-осенний сезон, были Fragilariaceae (19,4 %) и Stephanodiscaceae (16,2 %).

В отделе Chlorophyta отмечено 28,6 % от общего числа встреченных водорослей. Лидировали семейства Selenastraceae (18,5 %) и Chlorellaceae (14,8 %).

На долю золотистых водорослей и цианобактерий приходилось по 10,7 %.

Остальные отделы весомый вклад в видовое разнообразие весеннего фитопланктона не вносили (см. рис. 2).

Таким образом, в планктонной альгофлоре устьевой части р. Великой в районе д. Муrowицы за весь период исследования по таксономическому богатству доминировали отделы Bacillariophyta и Chlorophyta. Заметный вклад в видовое богатство вносили представители отделов Chrysophyta и Cyanobacteria.

Анализ сходства видового состава фитопланктонных сообществ с использованием индекса Сьеренсена – Чекановского показал наибольшее сходство альгоценозов в зимний и осенний периоды ($K_{ч-с} = 0,6$). В остальные сезоны сходство было невысоким ($K_{ч-с} = 0,3 \div 0,4$).

За время исследования во всех пробах встречались следующие микроводоросли: *Nitzschia acicularis* (Kutz.) W. Sm., *Stephanodiscus hantzschii* Grun., *Stephanodiscus hantzschii* var. *pusilla* Grun., *Cyclotella* sp., *Fragilaria* sp. из диатомовых; *Oocystis lacustris* Chod. и *Scenedesmus quadricauda* (Turp.) Breb. из зеленых; *Pseudokephyrion schilleri* Cong. и *Kephyrion* sp. из золотистых; *Chroomonas acuta* Uterohl. и *Cryptomonas ovata* Ehr. из криптофитовых; *Planktolyngbya limnetica* (Bred. Ex Kutz.) Buknt. из цианобактерий, которые в совокупности составили 8,6 % от общего числа видов.

Максимального обилия фитопланктон достигал в летний период: в среднем по акватории общая численность фитопланктона в июне составляла 2,07 млн кл./л при биомассе 773,6 мг/м³ (табл. 3).

Таблица 3

Количественные показатели фитопланктона устья р. Великой

Отдел	Численность (тыс. кл./л) и биомасса (мг/м ³) фитопланктона*				
	Июнь 2015 г.	Октябрь 2015 г.	Декабрь 2015 г.	Май 2016 г.	Средний показатель
Bacillariophyta	$\frac{320,0}{106,4}$	$\frac{96,0}{51,1}$	$\frac{67,0}{45,7}$	$\frac{304,0}{251,3}$	$\frac{196,8 \pm 133,8}{113,6 \pm 95,8}$
Chlorophyta	$\frac{1\ 021,3}{160,5}$	$\frac{81,6}{9,7}$	$\frac{26,0}{7,5}$	$\frac{452,0}{79,1}$	$\frac{395,2 \pm 458,2}{64,2 \pm 72,3}$
Cyanobacteria	$\frac{178,7}{15,9}$	$\frac{51,2}{0,4}$	$\frac{127,0}{2,5}$	$\frac{383,0}{8,2}$	$\frac{185,0 \pm 152,0}{6,8 \pm 6,9}$
Chrysophyta	$\frac{242,7}{72,3}$	$\frac{28,8}{2,0}$	$\frac{9,0}{1,4}$	$\frac{198,0}{33,3}$	$\frac{119,6 \pm 118,0}{27,3 \pm 33,5}$
Cryptophyta	$\frac{138,7}{119,8}$	$\frac{12,8}{8,6}$	$\frac{2,0}{1,3}$	$\frac{96,0}{15,9}$	$\frac{62,4 \pm 66,0}{36,4 \pm 55,9}$
Dinophyta	$\frac{18,7}{262,9}$	–	–	$\frac{2,0}{9,0}$	$\frac{5,2 \pm 9,1}{68,0 \pm 130,0}$
Euglenophyta	$\frac{13,3}{30,9}$	$\frac{6,4}{11,5}$	$\frac{1,0}{1,9}$	$\frac{16,0}{20,0}$	$\frac{9,2 \pm 6,8}{16,1 \pm 12,3}$
Мелкие жгутиковые	$\frac{138,7}{4,9}$	–	–	$\frac{20,0}{0,8}$	$\frac{39,7 \pm 66,7}{1,4 \pm 2,3}$
<i>Итого</i>	$\frac{2\ 072,1}{773,6}$	$\frac{276,8}{83,3}$	$\frac{232,0}{60,3}$	$\frac{1\ 471,0}{417,6}$	$\frac{1\ 013,0 \pm 909,8}{333,7 \pm 335,7}$

*В числителе – значения численности фитопланктона, в знаменателе – биомассы.

Максимальное значение численности отмечалось у представителей отдела Chlorophyta (1,02 млн кл./л) с превалированием *Pandorina morum* Bory (16,7 % от численности зеленых водорослей). Наибольший вклад в биомассу, благодаря крупноразмерным клеткам, вносили водоросли отдела Dinophyta – 34,0 %. Также в общей биомассе была заметна роль зеленых, криптофитовых и диатомовых водорослей.

В октябре показатели численности и биомассы фитопланктона были заметно ниже, что связано с завершением вегетационного периода, – 276,8 тыс. кл./л и 83,3 мг/м³ соответственно. По численности лидировал отдел Bacillariophyta, где третья часть принадлежала представителям рода *Fragilaria* (32,0 тыс. кл./л). Заметную роль в численности играли зеленые водоросли и цианобактерии. Наибольший вклад в общую биомассу вносили диатомовые водоросли – 61,3 %.

В зимний период численность и биомасса фитопланктона снизились до 232,0 тыс. кл./л и 60,3 мг/м³ соответственно (см. табл. 3). В количественном отношении явное преимущество было у цианобактерий, из которых 31,5 % приходилось на *Aphanocapsa delicatissima* W. West & G. S. West. Основной вклад в биомассу вносили представители отдела Bacillariophyta – 75,8 %, причем по численности выделялись *Cocconeis placentula* Ehr. (порядка 15 % от общей численности диатомей) и *Stephanodiscus hantzschii* var. *pusilla* Grunow (13,4 %).

В мае общая численность фитопланктона выросла до 1,47 млн кл./л, а биомасса до 417,6 мг/м³. Как и в летний сезон, максимальное значение численности наблюдалось у представителей отдела Chlorophyta, среди которых отличались *Didymocystis planctonica* Korsch. (20,4 % от общей численности зеленых водорослей) и *Desmodesmus communis* (E. Hegewald) E. Hegewald (15,9 %). По биомассе преобладали водоросли из отдела Bacillariophyta (60,2 %) (см. табл. 3).

Согласно опубликованным данным [3], в нижнем течении р. Великой в 2011 г. значения биомассы фитопланктона в летний период составляли 1,3 г/м³, весной – 2,0 г/м³, осенью – 0,2 г/м³, что в 1,5–3 раза выше значений биомассы, полученных в настоящем исследовании. Наблюдаемое снижение биомассы фитопланктона к 2015–2016 гг. может быть связано с различными гидролого-гидрохимическими процессами в акватории, которые обусловлены межгодовыми и сезонными флуктуациями, колебанием уровня воды, а также с увеличивающейся антропогенной нагрузкой на водный объект в связи с хозяйственной и рекреационной деятельностью.

Важным показателем экологического состояния водных объектов является их биологическое разнообразие. С помощью индекса Шеннона – Уивера было установлено, что наибольшая выравненность сообществ микроводорослей наблюдалась весной 2016 г., индекс разнообразия составлял 3,67 бит/мг. Наименее выравненными фитопланктонные сообщества были летом и осенью: 3,0 бит/мг и 3,14 бит/мг соответственно. Зимой индекс был равен 3,40 бит/мг. Среднее значение индекса Шеннона – Уивера составило $3,30 \pm 0,30$ бит/мг, что ниже значений индексов разнообразия фитопланктонных сообществ р. Великой, полученных ранее: $3,72 \pm 0,53$ бит/мг в 2011 г., $4,06 \pm 0,54$ бит/мг – в 2012 г. [3].

В результате эколого-географического анализа установлено, что по отношению к местообитанию большинство микроводорослей являлись истинно планктонными (43,2 % от общего числа видов). На долю планктонно-бентосных форм приходилось 25,9 % микроводорослей, бентосных – 8,6 %, обрастателей – 5,0 %. Самой немногочисленной группой были донные формы – 4,4 % от общего числа учтенного во все сезоны года фитопланктона. Данных по местообитанию не было у 12,9 % микроводорослей.

По отношению к солености доминировали индифферентные формы – 52,5 % от общего числа видов. На втором месте находились галофилы – 10,8 %. В меньшем количестве содержались галофобы (2,2 %). Около 35 % обнаруженных микроводорослей информации по данному показателю не имели.

По отношению к pH доминировала группа алкалофилов – 15,8 % от общего числа видов. На долю индифферентных форм приходилось 11,8 % микроводорослей, ацидофилов – 9,2 %. У большинства видов (62,0 %) данных по отношению к кислотности воды не было.

По географическому распространению лидировали космополиты – 60,3 % от общего числа видов. На долю бореальных форм приходилось 4,1 % микроводорослей, голарктических – 2,2 %. Наименьший процент составляли циркумбореальные и арктоальпийские виды (по 0,7 %). У 35,6 % видов данных не зарегистрировано.

Сапробиологический анализ показал, что из 80 видов водорослей-индикаторов сапробиости на долю β -мезосапробионтов приходилось 47,0 %. На долю микроводорослей, предпочитающих чистые воды, приходилось в совокупности 8,4 %, загрязненные воды – 13,3 %.

Индекс сапробиости по Пантле и Букку в летний период составлял 1,99; в осенний – 2,07; в зимний – 2,05; в весенний – 2,08. Средний индекс сапробиости составил $2,05 \pm 0,04$, что свидетельствует об умеренном загрязнении вод устьевой части р. Великой в районе д. Муровицы, что в целом сопоставляется с результатами, полученными ранее. Так, в 2011 г. в нижнем течении р. Великой индекс сапробиости составлял весной 2,14, летом – 2,16, осенью – 2,14, а в летний период 2012 г. – 2,12 [3].

Заключение

Таким образом, за весь период исследования в устьевой части р. Великой в районе д. Муровицы было выявлено 138 видовых и внутривидовых таксонов микроводорослей из 7 отделов: Bacillariophyta, Chlorophyta, Cyanobacteria, Chrysophyta, Cryptophyta, Dinophyta и Euglenophyta. Планктонная альгофлора характеризовалась как диатомово-хлорофитовая с присутствием золотистых водорослей и цианобактерий. Преобладали широко распространенные пресноводные планктонные формы фитопланктона, предпочитающие слабощелочную реакцию среды. Таксономический состав и соотношение эколого-географических групп фитопланктона устья р. Великой являются типичными для водоемов умеренных широт, принадлежащих к Балтийскому бассейну, и довольно схожи с альгофлорой других водоемов Псковской области.

Наиболее близки в видовом отношении были фитопланктонные сообщества в зимний и осенний периоды, индекс Сьеренсена – Чекановского составлял 0,6. Максимальное значение индекса Шеннона – Уивера отмечено в мае 2016 г. (3,67 бит/мг), что указывает на большее разнообразие и выравненность сообщества микроводорослей весной, нежели в другие сезоны.

Показатели численности фитопланктона изменялись в зависимости от времени года: от 232,0 тыс. кл./л в зимний период до 2,07 млн кл./л в летний. Средняя численность фитопланктона составила 1,01 млн кл./л. Значения общей биомассы изменялись от 60,3 мг/м³ зимой до 773,6 мг/м³ летом. Средняя биомасса за весь период исследования была 333,7 мг/м³.

Согласно сапробиологическому анализу по Пантле и Букку воды устья р. Великой соответствуют III классу качества и β -мезосапробиальной зоне самоочищения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Габышев В. А. Водоросли планктона реки Лены в зоне влияния г. Якутска: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Новосибирск, 1999. 16 с.
2. Барина С. С., Медведева Л. А., Анисимова О. В. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды. Тель-Авив: PiliesStudio, 2006. 498 с.
3. Афонина Е. А. Структура и динамика фитопланктона реки Великой: дис. ... канд. биол. наук. СПб., 2015. 168 с.
4. Афонина Е. А. Сезонная динамика фитопланктона реки Великой (Псков, Россия) // Альгология. 2014. Т. 24. № 4. С. 489–503.
5. Вассер С. П., Кондратьева Н. В. и др. Водоросли: справ. Киев: Наук. думка, 1989. 608 с.
6. Садчиков А. П. Методы изучения пресноводного фитопланктона: метод. рук. М.: Университет и школа, 2003. 157 с.
7. Определитель пресноводных водорослей СССР: в 14 вып. М.; Л.: Сов. наука, 1951–1986. Вып. 2–8, 10, 11, 13.
8. Царенко П. М. Краткий определитель хлорококковых водорослей Украинской ССР. Киев: Наук. думка, 1990. 208 с.
9. Коваленко О. И. Флора водорослей Украины. Київ: Арістей, 2009. Т. I. Синьозелені водорості. Вип. 1. Порядок хроококкальні. 397 с.
10. Krammer K., Lange-Bertalot H. Bacillariophyceae. Teil 1. Naviculaceae // Die Süßwasserflora von Mitteleuropa. Bd. 2/1. Stuttgart, New York: Gustav Fischer Verlag, 1986. 876 p.
11. Krammer K., Lange-Bertalot H. Bacillariophyceae. Teil 3. Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae // Die Süßwasserflora von Mitteleuropa. Bd 2/3. Stuttgart, Jena: Gustav Fischer Verlag, 1991. 576 p.
12. Komarek J., Anagnostidis K. Cyanoprokaryota. Teil 1: Chroococcales // Süßwasserflora von Mitteleuropa. Bd. 19/1. Jena; Stuttgart; Lübeck; Ulm, 1998. 548 p.

13. Komarek J., Anagnostidis K. Цианопрокaryota. Teil 2: Oscillatoriales // Süßwasserflora von Mitteleuropa. Bd. 19/2. München, 2005. 759 p.
14. Шмидт В. М. Статистические методы в сравнительной флористике. Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1980. 176 с.
15. Кузьмин Г. В. Таблицы для вычисления биомассы водорослей. Магадан: Изд-во ДВНЦ АН СССР, 1984. 47 с.
16. Одум Е. П. Основы экологии. М.: Наука, 1975. 740 с.
17. Pantle R., Buck H. Die biologische Überwachung der Gewässer und die Darstellung der Ergebnisse // Gasund Wasserbach. 1955. N. 96 (18). 604 p.
18. Унифицированные методы исследования качества вод. М., 1977. Ч. III. Методы биологического анализа вод. Атлас сапробных организмов. 227 с.
19. Баранова С. С., Медведева Л. А. Атлас водорослей-индикаторов сапробности. Владивосток: Дальнаука, 1996. 364 с.
20. Судницина Д. Н. Альгофлора водоемов Псковской области. Псков: ООО «ЛОГОС Плюс», 2012. 224 с.
21. Гецен М. В. Водоросли в экосистемах Крайнего Севера. Л.: Наука, 1985. 165 с.

Статья поступила в редакцию 22.07.2020

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Дрозденко Татьяна Викторовна – Россия, 180000, Псков; Псковский государственный университет; канд. биол. наук; доцент кафедры ботаники и экологии растений, старший научный сотрудник лаборатории комплексных экологических исследований; tboichuk@mail.ru.

Антал Тарас Корнелиевич – Россия, 180000, Псков; Псковский государственный университет; д-р биол. наук; главный научный сотрудник лаборатории комплексных экологических исследований; taras_an@mail.ru.



EVALUATING WATER QUALITY IN VELIKAYA RIVER BY USING PHYTOPLANKTON CHARACTERISTICS

T. V. Drozdenko, T. K. Antal

*Pskov State University,
Pskov, Russian Federation*

Abstract. The article gives the description of the Velikaya River as the largest river in the Pskov region, which collects water from half of region area and in many respects determines not only the water balance of Lake Pskov-Peipsi, but also is a source of anthropogenic pollution of a unique water reservoir. In water resources management the priority is given to studying phytoplankton as the primary link in a trophic chain. Microalgae participate in carbon and energy cycles, self-purification of water bodies, serve as a food resource; they first respond to initial changes in the aquatic ecosystem, thereby being an excellent object for bioindication. The aim of the work was to study the taxonomic composition, quantitative characteristics, and ecological features of phytoplankton in the mouth of the Velikaya River in order to assess quality of the aquatic environment. For the period 2015 - 2016 138 microalgae species were identified, the largest number of which was identified in the late spring (84 species), the smallest - in the autumn (47 species). Planktonic algaeflora of the lower reaches of the Velikaya River can be charac-

terized as diatom-chlorophytic with a minor contribution of cyanobacteria and golden algae. The comparison of phytoplankton composition with the use of the Sierensen-Chekanovsky index showed that species composition is closest between winter and autumn algocenoses (Ks-ch = 0.6). The abundance of phytoplankton in the mouth of the Velikaya River changed in a wide range depending on the season: from 232.0 thousand cells/liter in winter to 2.07 million cells/liter in summer, biomass - from 60.3 mg/m³ in winter to 773.6 mg/m³ in summer. According to the ecological and geographical characterization of the studied water area, widespread freshwater planktonic forms of phytoplankton prevailed, which prefer a weak alkaline water environment. The average saprobity index for Pantle and Bucc was 2.05, which shows a moderate pollution of the lower reaches of the Velikaya River.

Key words: microalgae, phytoplankton, taxon, species composition, abundance, biomass, saprobity index, mouth of the Velikaya River.

For citation: Drozdenko T. V., Antal T. K. Evaluating water quality in Velikaya River by using phytoplankton characteristics. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing Industry*. 2021;1:51-60. (In Russ.) DOI: 10.24143/2073-5529-2021-1-51-60.

REFERENCES

1. Gabyshev V. A. *Vodorosli planktona reki Leny v zone vliianiia g. Iakutsk. Avtoreferat dissertatsii ... kand. biol. nauk* [Plankton algae of Lena River in zone of influence of Yakutsk. Diss.Abstr.... Cand.Bio.Sci.]. Novosibirsk, 1999. 16 p.
2. Barinova S. S., Medvedeva L. A., Anisimova O. V. *Bioraznoobrazie vodoroslei-indikatorov okruzhaiushchei sredy* [Biodiversity of algae-indicators of environment]. Tel'-Aviv, PiliesStudio, 2006. 498 p.
3. Afonina E. A. *Struktura i dinamika fitoplanktona reki Velikoi. Dissertatsiia ... kand. biol. nauk* [Structure and dynamics of phytoplankton of Velikaya River. Diss.... Cand.Bio.Sci.]. Saint-Petersburg, 2015. 168 p.
4. Afonina E. A. Sezonnaia dinamika fitoplanktona reki Velikoi (Pskov, Rossiia) [Seasonal dynamics of phytoplankton of Velikaya River (Pskov, Russia)]. *Al'gologiiia*, 2014, vol. 24, no. 4, pp. 489-503.
5. Vasser S. P., Kondrat'eva N. V. i dr. *Vodorosli: spravochnik* [Algae: reference book]. Kiev, Naukova dumka, 1989. 608 p.
6. Sadchikov A. P. *Metody izucheniia presnovodnogo fitoplanktona: metodicheskoe rukovodstvo* [Methods of studying freshwater phytoplankton: methodological guidance]. Moscow, Universitet i shkola Publ., 2003. 157 p.
7. *Opredelitel' presnovodnykh vodoroslei SSSR: v 14 vypuskakh* [Determinator of freshwater algae in USSR: in 14 issues]. Moscow, Leningrad, Sovetskaia nauka Publ., 1951–1986. Iss. 2–8, 10, 11, 13.
8. Tsarenko P. M. *Kratkii opredelitel' khlorokokkovykh vodoroslei Ukrainskoi SSR* [Brief guide to chlorococcal algae of Ukrainian SSR]. Kiev, Naukova dumka Publ., 1990. 208 p.
9. Kovalenko O. I. *Flora vodorostei Ukraini* [Flora of algae in Ukraine]. Kiïv, Aristei Publ., 2009. Vol. I. Sin'ozeleni vodorosti. Iss. 1. Poriadok khrookokal'ni. 397 p.
10. Krammer K., Lange-Bertalot H. Bacillariophyceae. Teil 1. Naviculaceae [Bacillariophyceae. Part 1. Naviculaceae]. *Die Süßwasserflora von Mitteleuropa. Bd. 2/1*. Stuttgart; New York, Gustav Fischer Verlag Publ., 1986. 876 p.
11. Krammer K., Lange-Bertalot H. Bacillariophyceae. Teil 3. Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae [Bacillariophyceae. Part 3. Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae]. *Die Süßwasserflora von Mitteleuropa. Bd. 2/3*. Stuttgart; Jena, Gustav Fischer Verlag Publ., 1991. 576 p.
12. Komarek J., Anagnostidis K. Cyanoprocaryota. Teil 1: Chroococcales [Cyanoprocaryota. Part 1: Chroococcales]. *Süßwasserflora von Mitteleuropa. Bd. 19/1*. Jena; Stuttgart; Lübeck; Ulm, 1998. 548 p.
13. Komarek J., Anagnostidis K. Cyanoprocaryota. Teil 2: Oscillatoriales [Cyanoprocaryota. Part 2: Oscillatoriales]. *Süßwasserflora von Mitteleuropa. Bd. 19/2*. München, 2005. 759 p.
14. Shmidt V. M. *Statisticheskie metody v sravnitel'noi floristike* [Statistical methods in comparative floristics]. Leningrad, Izd-vo Leningr. un-ta, 1980. 176 p.
15. Kuz'min G. V. *Tablitsy dlia vychisleniia biomassy vodoroslei* [Tables for calculating algae biomass]. Magadan, Izd-vo DVNTs AN SSSR, 1984. 47 p.
16. Odum E. P. *Osnovy ekologii* [Principles of ecology]. Moscow, Nauka Publ., 1975. 740 p.
17. Pantle R., Buck H. Die biologische Überwachung der Gewässer und die Darstellung der Ergebnisse [Biological monitoring of waters and presentation of results]. *Gasund Wasserbach*, 1955, no. 96 (18), 604 p.
18. *Unifitsirovannnye metody issledovaniia kachestva vod* [Unified methods for studying water quality]. Moscow, 1977. Part III. Metody biologicheskogo analiza vod. Atlas saprobnykh organizmov. 227 p.
19. Barinova S. S., Medvedeva L. A. *Atlas vodoroslei-indikatorov saprobnosti* [Atlas of algae-indicators of saprobity]. Vladivostok, Dal'nauka Publ., 1996. 364 p.

20. Sudnitsyna D. N. *Al'goflora vodoemov Pskovskoi oblasti* [Algoflora of reservoirs of Pskov region]. Pskov, ООО «LOGOS Plus» Publ., 2012. 224 p.

21. Getsen M. V. *Vodorosli v ekosistemakh Krainego Severa* [Algae in ecosystems of Far North]. Leningrad, Nauka Publ., 1985. 165 p.

The article submitted to the editors 22.07.2020

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Drozdenko Tatiana Victorovna – Russia, 180000, Pskov; Pskov State University; Candidate of Biology; Assistant Professor of the Department of Botany and Plant Ecology, Senior Researcher of the Laboratory of Integrated Environmental Research; tboichuk@mail.ru.

Antal Taras Kornelievich – Russia, 180000, Pskov; Pskov State University; Doctor of Biology; Leading Researcher of the Laboratory of Integrated Environmental Research; taras_an@mail.ru.

