



УДК 574.58

ДОМИНИРУЮЩИЕ КОМПЛЕКСЫ ФИТОПЛАНКТОНА В УСТЬЕВЫХ УЧАСТКАХ ПРИТОКОВ ЧЕБОКСАРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА В ЛЕТНИЙ СЕЗОН 2019 ГОДА

Воденеева Екатерина Леонидовна, доцент, к.б.н. доцент кафедры ботаники и зоологии института биологии и биомедицины ФГАОУ ВО ННГУ; м.н.с. Нижегородского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («НижегородНИРО»)

Кулизин Павел Владимирович, аспирант кафедры ботаники и зоологии института биологии и биомедицины ФГАОУ ВО ННГУ

Шарагина Екатерина Михайловна, ведущий инженер кафедры ботаники и зоологии института биологии и биомедицины ФГАОУ ВО ННГУ

Охупкин Александр Геннадьевич, профессор, д.б.н., заведующий кафедрой ботаники и зоологии института биологии и биомедицины ФГАОУ ВО ННГУ

ФГАОУ ВО Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского
603950, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, 23

Нижегородский филиал ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт
рыбного хозяйства и океанографии»

603116, г. Нижний Новгород, Московское шоссе, д. 31

*Работа выполнена при поддержке Русского географического общества в рамках гранта
«Экспедиция Плавучий университет Волжского бассейна» (договор № 07/2020-Р).*

Аннотация. Проанализированы доминирующие комплексы фитопланктона, обнаруженные в летний сезон 2019 г. в устьевых участках некоторых притоков Чебоксарского водохранилища (реки Керженец, Ветлуга, Сундовик, Кудьма и Сура). Общий список доминант был сформирован 26 таксонами рангом ниже рода, которые относились к 7 отделам: Cyanobacteria — 2, Euglenophyta — 1, Miozoa (Dinophyta) — 2, Cryptophyta — 3, Ochrophyta — 1, Bacillariophyta — 13, Euglenophyta — 1, Chlorophyta — 4. В отдельном водотоке общее число доминирующих видов варьировало от 4 (р. Сундовик) до 14 (р. Керженец). Приведен список доминирующих видов с указанием их частоты встречаемости в отдельных водотоках, частоты доминирования и индекса индивидуального доминирования.

Ключевые слова: фитопланктон, доминирующие комплексы, биомасса, частота встречаемости, устьевые участки, притоки, Чебоксарское водохранилище.

Состав доминирующих комплексов фитопланктона, функциональные характеристики и сукцессия массовых видов представляют несомненный интерес при изучении состояния водных экосистем, поскольку именно динамика популяций этих представителей определяет направление изменений количественного развития фитопланктона в целом [1, 2, 3]. При оценке количественного развития альгоценозов особое внимание уделяется биомассе как более существенному показателю продуктивности водоемов. Оценка продукционных возможностей видов позволяет более полно сформировать представление об их эколого-биологических особенностях, способности максимально использовать благоприятные условия, уточняет сведения по экологической валентности и индикаторной значимости отдельных представителей [4].

Цель работы — определить доминирующие комплексы фитопланктона устьевых участков некоторых правобережных (Сура, Кудьма, Сундовик) и левобережных (Керженец, Ветлуга) притоков Чебоксарского водохранилища в летний сезон 2019 г.

Для работы был проанализирован альгологический материал, собранный в устьевых участках исследуемых притоков в июле 2019 г. На крупных притоках (Сура, Ветлуга, Керженец) пробы отбирались с десяти станций, установленных на расстоянии один км друг от друга, на р. Кудьма – с семи станций, на р. Сундовик – с пяти; всего проанализировано 42 пробы. Отбор проб производили в соответствии с методическими рекомендациями Института биологии внутренних вод (ИБВВ) РАН [5]. Фиксацию отобранного материала выполняли йодно-формалинным раствором. Концентрирование фитопланктона осуществляли методом фильтрации с применением отечественных мембранных фильтров марки «МФАС-СПА» (фирма «Владипор») с диаметром пор 1.5–3.0 мкм. Для идентификации водорослей использовали микроскопы PZO (Польша) при 600-кратном увеличении и светопольный микроскоп MEIJI серии MT 4000 при увеличении 1000х. Полный перечень руководств, который использовали при идентификации видового состава, указывался ранее [6]. Названия видов и фамилии авторов приводятся в соответствии с последними данными, опубликованными на мировом альгологическом сайте Algaebase [7].

Для выявления комплекса доминантных форм учитывались виды, биомасса которых составляла 10 % и более от общей биомассы фитопланктона в каждой пробе, взятой из водоема [8]. Для характеристики доминирования использовали показатель «частоты доминирования» [4]:

$$DF = \frac{D}{F} \cdot 100 \quad (1)$$

где F — общее число обработанных проб, D — число проб, в которых биомасса данного вида составляла более 10%.

Порядок доминирования рассчитывали по зависимости:

$$Dt = \frac{DF}{pF} \cdot 100 \quad (2)$$

где DF — частота доминирования, pF — частота встречаемости.

Порядок доминирования, являющийся результатом комбинирования частоты встречаемости и частоты доминирования, формирует представление о роли видов в сообществах, а также позволяет при сопоставлении этого показателя и различных факторов среды выявить наиболее благоприятные условия для существования вида [4].

Список доминирующих видов, отмеченных в исследованных водотоках, был представлен 26 видовыми таксонами, а также таксонами, определенными до рода, что составило 11% от общего видового состава. В группе доминантных форм преобладали диатомовые водоросли – 13 таксонов, что является характерным для водных экосистем лотического типа. Остальные группы водорослей были представлены значительно беднее: зеленые – 4 таксона, криптофитовые – 3, цианобактерии и динофитовые – по 2, эвгленовые и охрофитовые (класс рафидофитовые) – по 1. Наибольшее таксономическое разнообразие среди массовых видов было отмечено для р. Керженец – 14 таксонов из 7 отделов, наименьшее – в р. Сундовик: 4 таксона и одного отдела (диатомеи). Общих для всех исследованных рек доминант не отмечено, наибольшую представленность

имелацентрическая диатомовая водоросль *Aulacoseira granulata*, которая входила в состав доминирующих комплексов фитопланктона в четырех из пяти исследованных водотоков. Остальные представители доминирующих комплексов отмечались в 1–2 водотоках. Это может свидетельствовать о специфичности формирующихся в данных притоках гидрологических, гидрохимических и гидрофизических условий, позволяющих определенным видам реализовывать свои продукционные возможности.

В доминирующих комплексах р. Ветлуги по частоте встречаемости (pF – 100) и частоте доминирования (DF>50) выделялись два вида колониальных центрических диатомей – *Aulacoseira granulata* и *Aulacoseira* cf. *distans* (таблица). Оба представителя являются характерными видами для данного водотока и отмечались в качестве доминирующих видов и ранее в среднем течении реки [9] и в устье [10]. Среди других представителей фитопланктона, входящих в доминирующие комплексы в р. Ветлуге, высокая встречаемость (pF>80) отмечалась для *Stephanodiscus hantzschii*, *Gymnodinium* sp. и *Komma caudata*, однако их частота доминирования не превышала 20.

Таблица

Комплексы доминирующих видов фитопланктона исследуемых водотоков

Притоки	Виды	D	pF	DF	Dt
р.Ветлуга	Диатомовые				
	<i>Aulacoseira</i> cf. <i>distans</i> (Ehrenb.) Simonsen	5	100	50	50
	<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenb.) Simonsen	9	100	90	90
	<i>Stephanodiscus hantzschii</i> Grunow	2	100	20	20
	<i>Aulacoseira ambigua</i> (Grunow) Simonsen	1	30	10	33
	Динофитовые				
	<i>Gymnodinium</i> sp.	2	80	20	25
	Криптофитовые				
	<i>Komma caudate</i> (Geitler) D.R.A.Hill	1	100	10	10
р.Керженец	Цианобактерии				
	<i>Microcystis aeruginosa</i> (Kütz.) Kütz.	1	30	10	33
	Диатомовые				
	<i>Stephanodiscus hantzshii</i>	8	100	80	80
	<i>Stephanodiscus neoastreae</i> Håk. et B. Hickel	2	100	20	20
	<i>Stephanodiscus</i> sp.	2	20	20	100
	<i>Aulacoseira granulata</i>	2	40	20	50
	<i>Melosira varians</i> C. Agardh	1	40	10	25
	<i>Fragilaria</i> sp.	2	90	20	22
	Зеленые				
	<i>Pandorina morum</i> (O. Müll.) Bory	2	60	20	33.3
	Динофитовые				
	<i>Gymnodinium</i> sp.	2	100	20	20
	<i>Unruhndinium kevei</i> [Grigorszky et F. Vasas]	2	90	20	22
	Gottschling				
	Криптофитовые				
	<i>Komma caudata</i>	2	90	20	22
	<i>Cryptomonas</i> cf. <i>ovata</i> Ehrenb.	1	30	10	33
	Эвгленовые				
	<i>Phacus onyx</i> Pochm.	1	10	10	100
	Рафидофитовые				
	<i>Gonyostomum semen</i> (Ehrenb.) Diesing	1	10	10	100
р.Сундовик	Диатомовые				
	<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kütz.	5	100	100	100
	<i>Navicula cryptocephala</i> Kütz.	5	100	100	100
	<i>Amphora ovalis</i> (Kütz.) Kütz.	3	100	30	30
	<i>Gyrosigma acuminatum</i> (Kütz.) Rabenh.	1	90	10	11
р.Кудьма	Диатомовые				

	<i>Cyclotella meneghiniana</i>	7	100	100	100
	<i>Aulacoseira granulata</i>	4	57	29	51
	<i>Stephanodiscus minutulus</i> (Kütz.) Cleve et J.D. Möller	2	100	20	20
	Зеленые				
	<i>Pandorina morum</i>	4	100	57	57
	<i>Carteria</i> sp.	2	71	29	41
	Криптофитовые				
	<i>Cryptomonas</i> sp.	3	86	43	50
р.Сура	Цианобактерии				
	<i>Dolichospermum</i> sp.	2	100	20	20
	Диатомовые				
	<i>Aulacoseira granulata</i>	1	100	10	10
	Зеленые				
	<i>Pandorina morum</i>	7	100	70	70
	<i>Chlamydomonas</i> sp.	6	100	60	60
	<i>Eudorina elegans</i> Ehrenb.	2	70	20	29
	Криптофитовые				
	<i>Cryptomonas</i> sp.	6	100	60	60
	<i>Cryptomonas</i> cf. <i>ovata</i>	5	100	50	50

В устьевом участке р. Керженец на большинстве станций формировались полидоминантные альгоценозы (отмечалось содоминирование 3–4 видов), причем качественный состав этих группировок заметно различался. Высокие значения частоты встречаемости, частоты и порядка доминирования отмечались только для *Stephanodiscus hantzshii* (таблица), причем ценотическая роль этого представителя в сообществах фитопланктона по мере продвижения к месту впадения в р. Волгу снижалась (с 30% общих значений биомассы до 1%). Для других представителей доминирующих комплексов фитопланктона р. Керженец, несмотря на высокую встречаемость (например, рF для *Stephanodiscus neoastreae*, *Gymnodinium* sp. составил 100, для *Fragilaria* sp., *Komma caudate*, *Unruhndinium kevei* – 90) отмечались низкие показатели доминирования, что может свидетельствовать о слабой конкурентной способности этих представителей за общие ресурсы в данный момент. Отмеченный ранее как инвазивный компонент альгоценозов р. Керженец *Unruhndinium kevei* (в предыдущих публикациях отмечался как *Peridiniopsis kevei*) [11] своих максимальных абсолютных и относительных значений биомассы (0,72 г/м³ и 10% соответственно) достигал в устьевой зоне реки, где развивался совместно с другими жгутиковыми водорослями (представителями криптоноад). Характерный доминант среднего течения р. Керженец [12], *Melosira varians*, в составе доминирующего комплекса в устьевом участке была отмечена только на одной станции.

В притоках Сундовик и Кудьмана всем протяжении их устьевых участков формировались альгоценозы с преобладанием центрической диатомовой водоросли *Cyclotella meneghiniana*, являющей индикатором органического загрязнения. Данный вид в обоих водотоках имел 100%-ные встречаемость и частоту доминирования (таблица). Это объясняется влиянием на исследуемые водотоки окских вод, где данный вид часто регистрируется как доминант летних альгоценозов [13]. Величина биомассы данного представителя в р. Сундовик варьировала от 0,37 до 1,49 г/м³. В р. Кудьме формировались более благоприятные условия для развития этого вида, его биомасса здесь изменялась от 0,88 до 5,79 г/м³.

Из других представителей ценотических комплексов в р. Сундовик нужно отметить пеннатные формы диатомовых водорослей, приуроченные к донным группировкам и попадающие в планктонные альгоценозы в условиях турбулентности – *Navicula cryptocephala*, *Amphora ovalis*, *Gyrosigma acuminatum*. Все эти представители имели высокую частоту встречаемости (рF – 90–100%), однако частота доминирования (DF– 100%) и индивидуальный показатель доминирования (Dt – 100) были заметными только у *N. cryptocephala*, абсолютные значения биомассы вида варьировали от 0,14 до

0,39 г/м³. В целом, для данного водотока нужно отметить однотипные ценоотические комплексы, встречающиеся на протяжении всего анализируемого участка, которые регистрировать и в более ранние годы исследования [14].

В реке Кудьме в числе значимых представителей (pF –100, DF– 57, Dt– 57) доминирующих комплексов нужно отметить зеленую вольвоксовую водоросль *Pandorina morum* (биомасса этого вида на отдельных станциях достигала более 4 г/м³), а также *Aulacoseira granulata* (pF –57, DF– 29, Dt– 51) (таблица). Остальные представители доминирующих комплексов этого водотока характеризовались более низкими показателями доминирования, при этом частота их встречаемости варьировала от 70 до 100. Высокие значения частоты встречаемости (pF>70) при низкой частоте доминирования могут свидетельствовать о том, что вид, являясь постоянным компонентом фитопланктона, редко выходит на доминирующие позиции, максимально используя благоприятные условия, складывающиеся в конкретном месте в конкретном водоеме [4].

Основным компонентом доминирующих комплексов в сурских водах стали жгутиковые водоросли: зеленые вольвоксовые (*Pandorina morum* (с биомассой до 10 г/м³ на отдельных станциях), *Chlamydomonas* sp.) и криптонады (*Cryptomonas* sp.), для которых отмечались как высокие показатели встречаемости (pF –100), так и показатели доминирования (DF> 60, Dt> 60). Представители диатомей (*Aulacoseira granulata*) и цианобактерий (*Dolichospermum* sp.), несмотря на встречаемость в каждой точке отбора, доминирующие позиции занимали лишь на отдельных станциях, расположенных в зоне влияния волжских вод, демонстрируя перестройки в сообществах фитопланктона, как это отмечалось и в более ранние годы исследования [10].

Таким образом, в устьевых участках исследуемых притоков Чебоксарского водохранилища в июле 2019 г. выявлено 26 доминирующих видов водорослей. Половина отмеченных видов относились к отделу диатомовых водорослей, что является типичным для водных экосистем речного типа. Наибольшая представленность из этого отдела была отмечена для *Aulacoseira granulata*, которая входила в доминирующие комплексы фитопланктона в четырех водотоках из пяти. Полученные данные по частоте встречаемости и показателям доминирования выявленных массовых видов отражают их экологические особенности, а также потенциальные возможности максимального развития при определенных сочетаниях факторов, что может быть использовано в системе экологического мониторинга водных экосистем.

Список литературы:

1. Reynolds C.S. The ecology of freshwater phytoplankton. Cambridge, – 1984.– 384 p.
2. Трифонова И.С. Экология и сукцессия озёрного фитопланктона. – Л., 1990. – 184 с.
3. Трифонова И.С. Закономерности изменения фитопланктонных сообществ при эвтрофировании озер: Дис. ... д-ра биол. наук в форме научного доклада. – СПб., 1994. – 77 с.
4. Горбулин О.С. Комплексы доминантных форм фитопланктона разнотипных водоемов // Альгология. – 2012. – Т. 22. – № 3. – С. 303-3015.
5. Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов.– М.: Наука, 1975. – 240 с.
6. Воденеева Е.Л., Кулизин П.В. Водоросли Мордовского заповедника (аннотированный список видов). – М.: Изд-во: Объединенная дирекция Мордовского государственного природного заповедника имени П.Г.Смидовича и национального парка «Смольный», 2019. – 62 с. [Флора и фауна заповедников. Вып. 134].
7. Guiry, M.D., Guiry, G.M. 2020. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway.<http://www.algaebase.org>.
8. Охупкин А.Г. Структура и сукцессия фитопланктона при зарегулировании речного стока (на примере р. Волги и её притоков): Дис... д-ра биол. наук. – СПб, 1997.– 280 с.
9. Кулизин П. В., Воденеева Е. Л., Охупкин А. Г. Опыт использования функциональной классификации фитопланктона для оценки качества воды некоторых левобережных

притоков р. Волги (бассейн Чебоксарского водохранилища) // Принципы экологии. – 2020. – № 2. – С. 48–59.

10. Воденеева Е.Л., Кулизин П.В., Шарагина Е.М., Охупкин А.Г. Современное состояние фитопланктона некоторых притоков Чебоксарского водохранилища // Труды 4-й всероссийской научной конференции «Проблемы экологии волжского бассейна («Волга-2019»)), 2019. – Вып. 2. Режим доступа: <http://vf-река-море.рф/>

11. Воденеева Е.Л., Кулизин П.В., Охупкин А.Г. О развитии инвазийного вида *Peridiniopsis kevei* Grigor. Et Vasas (Dinophyta) в среднем течении р. Керженец (Нижегородская область) Труды ГПБЗ «Керженский». – Н. Новгород, 2016. – Т. 8. – С. 68-75.

12. Воденеева Е.Л. Динамика биомассы и доминирующие виды фитопланктона в водных объектах заповедника «Керженский» // Труды ГПБЗ «Керженский». – Н. Новгород, 2006. – Т. 3. – С. 46-57.

13. Okhapkin A.G., Genkal S.I., Sharagina E.M., Vodeneeva E.L. Structure and dynamics of phytoplankton in the Oka river mouth at the beginning of the 21st century // Inland Water Biology, 2014. – Vol. 7. – № 4. – P. 357-365.

14. Воденеева Е.Л., Коломина К.Е., Шарагина Е.М., Кулизин П.В., Охупкин А.Г. Оценка качества воды некоторых правобережных притоков р. Волги (бассейн Чебоксарского водохранилища) с использованием функциональной классификации фитопланктона // Гидробиол. журн. — 2019. — Т. 55, № 6. — С.56-70.

DOMINANT PHYTOPLANKTON COMPLEXES IN THE MOUTH AREAS OF THE CHEBOKSAR RESERVOIR TRIBUTARIES IN THE SUMMER SEASON OF 2019

Ekaterina L. Vodeneeva, Pavel V. Kulizin, Ekaterina M. Sharagina, Alexander G. Okhapkin

Annotation. The dominant phytoplankton complexes found in the summer season of 2019 in the mouth areas of some tributaries of the Cheboksary reservoir (the rivers Kerzhenets, Vetluga, Sundovik, Kudma and Sura) are analyzed. The general list of dominants was formed by 26 taxa with a rank below the genus, which belonged to 7 divisions: Cyanobacteria - 2, Euglenophyta - 1, Miozoa (Dinophyta) - 2, Cryptophyta - 3, Ochrophyta - 1, Bacillariophyta - 13, Euglenophyta - 1, Chlorophyta - 4. In a separate river, the total number of dominant species varied from 4 (Sundovik River) to 14 (Kerzhenets River). A list of dominant species is presented with an indication of their frequency of occurrence in individual river, the frequency of dominance and the index of individual dominance.

Key words: phytoplankton, dominant complexes, biomass, frequency of occurrence, river mouth areas, tributaries, Cheboksary reservoir.