

СТАТЬЯ

УДК 574.583

**ВИДОВАЯ СТРУКТУРА И ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ
ХАРАКТЕРИСТИКА ФИТОПЛАНКТОННОГО СООБЩЕСТВА
ШЕРШНЕВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА В УСЛОВИЯХ
ВОЗРАСТАЮЩЕГО АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ****Гладкова О.В., Ходоровская Н.И.***ФГБОУ ВО «Челябинский государственный университет», Челябинск, e-mail: olgabio@bk.ru*

Шершневское водохранилище – искусственный пресный водоем, созданный в 1965–1969 гг. на реке Миасс. Водохранилище является единственным источником питьевого и промышленного водоснабжения города Челябинска. Интенсивное и продолжительное техногенное загрязнение водоема ведет к возникновению стрессовых состояний в альгоценозе. В этом случае может происходить замещение видов в сообществе, снижение количества редких видов и усиление доминирования видов с большой численностью. Подобные адаптации направлены на выживание в изменившихся условиях среды. Все это ведет к ослаблению устойчивости фитопланктонного сообщества и в целом водной экосистемы. В работе представлены результаты анализа видовой структуры фитопланктонного сообщества Шершневского водохранилища за 2015–2017 гг., проведено ретроспективное сравнение с данными за 2005–2007 гг., дана эколого-географическая характеристика альгоценоза и оценка качества воды по показателям фитопланктона. Альгофлора исследуемого водохранилища представлена шестью отделами: Cyanophyta, Euglenophyta, Dinophyta, Chrysophyta, Bacillariophyta, Chlorophyta. Доминирующими отделами являются Cyanophyta, Bacillariophyta, Chlorophyta. Сравнительный анализ данных 2005–2007 гг. и 2015–2017 гг. указывает на увеличение доли представителей сине-зеленых и диатомовых водорослей и сокращение видового состава зеленых. Наблюдается смена родового спектра представителей этих групп. Эколого-географическая характеристика по географической приуроченности показывает, что основу альгофлоры составляют виды-космополиты, по приуроченности к местообитанию – планктонные формы, по отношению к рН среды и минерализации – виды-индифференты. Воду южной части Шершневского водохранилища можно отнести к III классу, что соответствует β-мезосапробной зоне самоочищения.

Ключевые слова: Шершневское водохранилище, фитопланктонное сообщество, видовая структура, эколого-географическая характеристика, сапробность

**STRUCTURE OF SPECIES AND ECOLOGICAL-GEOGRAPHICAL
CHARACTERISTICS OF THE PHYTOPLANKTON COMMUNITY
OF SHERSHNEVSKY RESERVOIR IN THE CONDITIONS
OF INCREASING ANTHROPOGENIC IMPACT****Gladkova O.V., Khodorovskaya N.I.***Chelyabinsk State University, Chelyabinsk, e-mail: olgabio@bk.ru*

The Shershnevskoe reservoir an artificial freshwater reservoir created in 1965–1969 on the Miass river. Reservoir is the only source of drinking and industrial water supply for the city of Chelyabinsk. Intense and prolonged anthropogenic pollution of the reservoir, leading to the emergence of stressful conditions in algocenosis. In this case, there may be a substitution of species in the community, a decrease in the number of rare species and an increase in the dominance of species with a large number. Such adaptations are aimed at surviving in the changing environmental conditions. All this leads to a weakening of the stability of the phytoplankton community and the aquatic ecosystem as a whole. The article presents the results of the analysis of the structure of species of the phytoplankton community of the Shershnevsky Reservoir in 2015–2017. Retrospective comparison with 2005–2007 is held. The ecological-geographical algocenosis and the assessment of water quality by phytoplankton are given. Algorflora of the reservoir under study is represented by six groups: Cyanophyta, Euglenophyta, Dinophyta, Chrysophyta, Bacillariophyta, Chlorophyta. The dominant groups are Cyanophyta, Bacillariophyta, Chlorophyta. Comparative analysis of the 2005–2007 period and 2015–2017 indicates an increase in the proportion of blue-green and diatoms algae and the reduction in the species composition of green algae. There is a change in the generic spectrum of representatives of these groups. Ecological-geographical characteristic on geographical distribution shows, that the basis of algoflora are the cosmopolitan species, geographical distribution – plankton forms, in relation to Ph of environment and mineralization – indifferent species. The water of the southern part of the Shershevsky reservoir can be attributed to the III class, which corresponds to the β-mesotrial zone of self-purification.

Keywords: Shershnevskoe Reservoir, phytoplankton community, species structure, ecological-geographical characteristic, saprobity

Качество воды в природных водоемах в значительной степени определяется развитием планктонных водорослей, их таксономическим составом и особенностями сезонной сукцессии. В связи с этим пока-

затели функционирования фитопланктона широко используются при классификации вод по степени их загрязненности.

Видовой состав и количественные показатели фитопланктона позволяют не только

оценить трофический статус водных объектов, но и выявить направления происходящих в них сукцессионных процессов.

В настоящее время водохранилища, находящиеся в городской черте, испытывают все возрастающую антропогенную нагрузку и давление жилой застройки, что является причиной ухудшения их экологического состояния и может привести к изменениям биоценоза таких водоемов.

Материалы и методы исследования

Материалом для работы послужили пробы, отобранные в летние периоды с 2015 по 2017 г. в южной части водохранилища. Исследование проводилось на базе лаборатории биомониторинга Учебного научно-исследовательского центра биотехнологий (УНИЦБТ) ФГБОУ ВО ЧелГУ.

Идентификация видов и составление таксономического списка водорослей осуществлялись в соответствии с определителями [1, 2].

Частоту встречаемости видов оценивали по шестиступенчатой шкале. Эколого-географический анализ проведен с использованием базы данных Бариновой [3].

Индекс сапробности подсчитан по методу Пантле и Букка в модификации Сладечека [3].

Результаты исследования и их обсуждение

Основу видового богатства фитопланктона Шершневского водохранилища составляют представители отделов Chlorophyta, Bacillariophyta и Cyanophyta [4]. В табл. 1 представлен сводный список водорослей Шершневского водохранилища за 2015–2017 гг. Он составил 127 видов, разновидностей и форм, относящихся к 11 классам, 22 порядкам, 41 семейству, 68 родам.

Исследования показали, что основу таксономической структуры альгофлоры южной части водохранилища формируют отделы Chlorophyta, Bacillariophyta и Cy-

anophyta, составляя 89,8% общего видового разнообразия. На рис. 1 представлена структура альгофлоры южной части водохранилища, которая была характерна для летних периодов 2015–2017 гг.

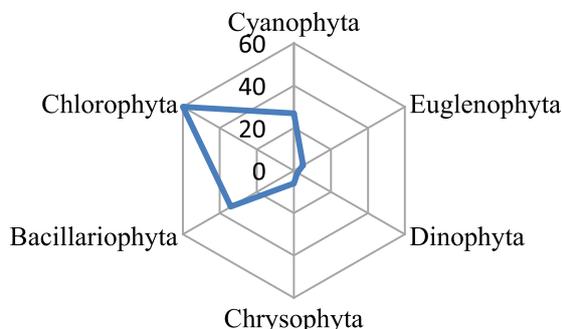


Рис. 1. Структура альгофлоры южной части Шершневского водохранилища за 2015–2017 гг.

На полученной диаграмме видно, что роль отдела Chlorophyta с точки зрения видового богатства более существенна, чем Bacillariophyta и Cyanophyta.

Следует также отметить, что в период с 2015 по 2017 г. происходит незначительное увеличение количества видов фитопланктона, в основном за счет отдела Euglenophyta: его доля увеличивается с 2,3% в 2015 г. до 6,5% в 2017 г. Таксономическая структура отдела Chrysophyta практически не меняется за исследуемый период. Отдел Dinophyta представлен в 2017 г. единично, и вклад его в таксономическую структуру незначителен.

Из табл. 2 видно, что видовой состав ведущих отделов Cyanophyta, Bacillariophyta, Chlorophyta изменяется по годам незначительно. В составе отделов Cyanophyta и Bacillariophyta в период с 2015 по 2017 г. дополнительно выявлено по одному виду. В отделе Chlorophyta количество видов не меняется за данный период.

Таблица 1

Таксономический спектр фитопланктона Шершневского водохранилища за 2015–2017 гг.

Отдел	Класс	Порядок	Семейство	Род	Видов, разновидностей и форм	Доля от общего количества видов, %
Cyanophyta	1	5	11	14	25	19,7
Euglenophyta	1	1	1	3	6	4,7
Dinophyta	1	2	2	2	2	1,6
Chrysophyta	1	1	1	4	5	3,9
Bacillariophyta	3	9	12	19	30	23,6
Chlorophyta	4	8	14	26	59	46,5
Всего	11	22	40	68	127	100

Таблица 2

Динамика таксономической структуры Шершневского водохранилища с 2015 по 2017 г.

Отдел	Количество														
	Классов			Порядков			Семейств			Родов			Видов (таксонов)		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Cyanophyta	2	2	2	3	3	3	8	6	7	12	9	9	15	15	16
Euglenophyta	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	2	5	6
Dinophyta	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	2	0	0	2
Chrysophyta	1	1	1	1	1	2	1	1	2	3	3	4	4	3	4
Bacillariophyta	3	3	3	4	4	4	7	7	8	16	16	17	23	25	23
Chlorophyta	3	3	3	4	4	4	13	12	12	22	22	25	41	38	42
Всего	10	10	11	13	13	14	30	27	31	54	53	60	85	86	92

* Примечание: I – 2015 г., II – 2016 г., III – 2017 г.

Таблица 3

Распределение таксонов по ведущим семействам в 2015–2017 гг.

Семейство	Количество таксонов	Доля от общего количества таксонов, %	Количество родов
1	2	3	4
Cyanophyta			
<i>Oscillatoriaceae</i>	7	5,2	3
<i>Microcystidaceae</i>	5	3,7	1
Euglenophyta			
<i>Euglenaceae</i>	5	3,7	3
Chryzophyta			
<i>Dynobryaceae</i>	5	3,7	3
Dinophyta			
<i>Peridiniaceae</i>	2	1,5	2
Chlorophyta			
<i>Scenedesmaceae</i>	22	16,4	7
<i>Selenastraceae</i>	8	6,0	4
<i>Oocystaceae</i>	6	4,5	3
<i>Chlorellaceae</i>	5	3,7	2
Bacillariophyta			
<i>Naviculaceae</i>	11	8,2	3
<i>Fragillariaceae</i>	8	6,0	4

Спектры ведущих семейств и родов, характеризующих индивидуальные особенности водных экосистем, отражают уровень антропогенной нагрузки на водоемы. Вклад ведущих семейств в альгофлору Шершневского водохранилища в этот период составляет 62,7%.

Основу видового разнообразия за 2015–2017 гг. в отделе Cyanophyta составляют два семейства (табл. 3), которые представлены родами *Anabaena*, *Microcystis* и *Merismopedia*.

Эвгленовые и золотистые водоросли Шершневского водохранилища за исследуемый период представлены каждый одним семейством и стабильно занимают четвертую позицию по количеству ведущих семейств. Среди зеленых водорослей наиболее разно-

образен таксонами порядок Chlorococcales, представленный 7 семействами, 11 родами, 34 видами (23,6% от общего количества видов, разновидностей и форм). Из отдела Bacillariophyta наибольшей насыщенностью таксонами отличаются семейства *Fragillariaceae* и *Naviculaceae*, включающие 14,2% видов от общего флористического списка. Видовое разнообразие динофитовых водорослей формируется за счет семейств *Ceratiales* и *Peridiniaceae*, вклад которых в видовое разнообразие не очень высок.

С целью выявления произошедших изменений в структуре альгоценоза водохранилища были проанализированы имеющиеся результаты исследований видового состава фитопланктона десятилетней давности.

Ретроспективные данные за 2005–2007 гг. показали, что сводный список водорослей Шершневого водохранилища за этот период составлял 90 видов, разновидностей и форм, относящихся к 10 классам, 20 порядкам, 39 семействам, 47 родам. Сравнение таксономической структуры альгофлоры водохранилища летних периодов 2015–2017 гг. и 2005–2007 гг. указывает на тот факт, что ведущими отделами по настоящее время также сохраняются отделы Chlorophyta, Bacillariophyta и Cyanophyta.

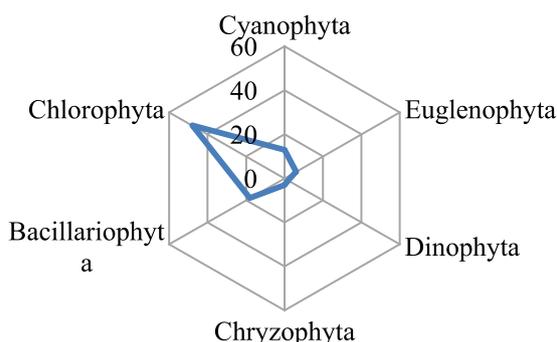


Рис. 2. Структура альгофлоры южной части Шершневого водохранилища за 2005–2007 гг.

Имеющиеся данные за 2005–2007 гг. показали, что в 2015–2017 гг. произошли изменения видового состава, главным образом за счет представителей ведущих отделов фитопланктона. Из рис. 2 видно, что роль отдела Chlorophyta по видовому разнообразию в летние периоды 2005–2007 гг. также была более существенна, чем всех остальных отделов.

В табл. 4 приведены результаты сравнительного анализа таксономического спектра летнего фитопланктона за указанные периоды. Доля видов сине-зеленых водорослей за десять прошедших лет увеличилась с 14,3 до 19,7%, диатомовых – 19,8 до 23,6%, а видовой состав зеленых водорослей сократился с 53,3 до 46,4%. Увеличение доли видов сине-зеленых водорослей и снижение видового разнообразия зеленых в общем количестве видов свидетельствует об увеличении поступления органических веществ в водохранилище и повышении трофического статуса экосистемы водохранилища, что указывает на усиливающееся антропогенное влияние на водоем.

Родовой спектр альгофлоры Шершневого водохранилища, приведенный в табл. 5, показывает изменения, которые произошли в таксономической структуре за исследуемый период.

Таблица 4

Сравнительная характеристика таксономического спектра летнего фитопланктона Шершневого водохранилища за 2005–2007 и 2015–2017 гг.

Отдел	Класс		Порядок		Семейство		Род		Видов, разновидностей и форм	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
Cyanophyta	2	1	2	5	8	11	8	14	13	25
Euglenophyta	1	1	1	1	1	1	3	3	6	6
Dinophyta	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2
Chrysophyta	1	1	2	1	2	2	3	4	3	5
Bacillariophyta	3	3	8	9	11	12	8	19	18	30
Chlorophyta	2	4	6	8	15	13	23	26	48	59
Всего	10	11	20	27	39	41	47	68	90	127

Примечание: I – 2005–2007 гг., II – 2015–2017 гг.

Таблица 5

Родовой спектр альгофлоры Шершневого водохранилища за исследуемые периоды

2015–2017 гг.			2005–2007 гг.		
Ранг	Род	Доля от общего количества таксонов, %	Ранг	Род	Доля от общего количества таксонов, %
1	<i>Scenedesmus</i>	8,6	1–2	<i>Scenedesmus</i>	6,6
2–3	<i>Monoraphidium</i>	3,9		<i>Tetraedron</i>	6,6
	<i>Navicula</i>	3,9	3	<i>Ankistrodesmus</i>	5,6
4–9	<i>Anabaena</i>	3,1	4–6	<i>Phacus</i>	3,3
	<i>Nitzschia</i>	3,1		<i>Closterium</i>	3,3
	<i>Trachelomonas</i>	3,1		<i>Pediastrum</i>	3,3
	<i>Desmodesmus</i>	3,1			
	<i>Oocystis</i>	3,1			
	<i>Tetraedron</i>	3,1			

Таблица 6

Распределение видов, разновидностей и форм водорослей Шершневого водохранилища по эколого-географическим группам

Эколого-географические характеристики	Количество видов-индикаторов	Доля от общей флоры (%)
1	2	3
Географическая приуроченность		
Космополиты	98	64,9
Бореальные формы	6	4,0
Голарктические	6	4,0
Аркто-альпийские формы	1	0,7
Приуроченность к местообитанию		
Бентосные	10	6,6
Планктонно-бентосные	44	29,1
Планктонные	56	37,1
Галобность		
Олигогалоб	1	0,7
Галофил	11	7,3
Индифферент	91	60,3
Галофоб	3	2,0
Отношение к рН		
Ацидофил	2	1,3
Индифферент	24	15,9
Алкалифил	13	8,6
Алкалибионт	2	1,3
Сапробность		
χ , χ -о, о- χ , χ - β – и олигосапробы	6	4,0
о- β , β -о, β – мезосапробы	62	41,1
α , β - α , α - β , о- α , α -о – мезосапробы	16	10,6
р-сапробы	0	0

В 2005–2007 гг. ведущую позицию занимали роды *Scenedesmus* и *Tetraedron*. В 2015–2017 гг. ведущая роль *Scenedesmus* сохраняется, а место *Tetraedron* занимают *Monoraphidium* и *Navicula*. Следует также отметить, что качественно изменяется родовой состав отдела Euglenophyta: в 2005–2007 гг. преобладал род *Phacus*, а в 2015–2017 гг. лидирующие позиции занимает род *Trachelomonas*. В целом можно сказать, что родовой спектр 2005–2007 гг. намного скуднее, чем в 2015–2017 гг.

Эколого-географическая характеристика альгофлоры является методом интегральной оценки общего воздействия природных и антропогенных факторов, которые определяют формирование фитопланктона в определенной водной экосистеме как среде обитания [5]. Результаты распределения видов и внутривидовых таксонов по эколого-географическим группам обобщены в табл. 6.

Таким образом, по географической приуроченности за изучаемый период преобладали космополитные формы (64,9 %).

По приуроченности к местообитанию преобладали планктонные формы водорослей (37,1 %). По отношению к галобности большую часть (60,3 %) составляли индифферентные виды, при этом доля галофилов достигала 7,3 %. По отношению к рН среды наиболее многочисленна группа индифферентов (15,9 %). Нужно отметить, что доля алкалифилов достаточно значительна и составляет 8,6 %. Большая часть видов-индикаторов сапробности (от 41,1 %) – β -, о- β - и β -о-мезосапробы. Доля χ - (обитателей очень чистых вод) и олигосапробов, предпочитающих небольшое содержание легкоокисляемой органики, составляет 4 %. Индекс сапробности, расчет которого производился по методу Пантле-Бука в модификации Сладечка [6], изменялся в узких пределах (2,00–2,50). По классификации, которая предложена С.С. Бариновой с соавт. [3], воду в Шершневом водохранилище в настоящий период можно отнести к III классу, что соответствует β -мезосапробной зоне самоочищения.

Таким образом, проведенные исследования таксономической структуры альгоценоза в 2015–2017 гг. Шершневого водохранилища и сравнительный анализ с ретроспективными данными десятилетней давности показали, что произошло обеднение видового состава отдела Chloophyta, виды которого являются индикаторами чистоты и высокой степени сапробности водоема.

Появление новых видов водорослей отдела Cyanophyta, наоборот, свидетельствует об увеличении поступления органических веществ и повышении трофического статуса экосистемы водохранилища, что говорит об усиливающемся антропогенном влиянии на водоем. Однако на данном этапе происходящие изменения в экосистеме водохранилища имеют обратимый характер и снятие антропогенного влияния возможно, хотя и находится под угрозой.

Список литературы

1. Algaebase [Electronic resource]. URL: <http://www.algaebase.org> (date of access: 25.05.2019).
2. Hindak F. Atlas of Cyanophytes. Bratislava: VEDA, Publishing House of the Slovak Academy of the Sciences, 2008. 254 p.
3. Барина С.С., Медведева О.В., Анисимова О.В. Биоразнообразие водорослей – индикаторов окружающей среды. Тель-Авив, 2006. 498 с.
4. Гладкова О.В., Ходоровская Н.И., Еремкина Т.В. Многолетняя динамика фитопланктона Шершневого водохранилища // Антропогенное влияние на водные организмы и экосистемы: сборник материалов VI Всероссийской конференции по водной экотоксикологии (Борок, 14–17 сентября 2017 г.). Ярославль: Филигрань, 2017. С. 17–20.
5. Игошкина И.Ю. Оценка экологического состояния водоема природного парка «Птичья гавань» (г. Омск) по показателям развития фитопланктона: дис. ... канд. биол. наук: 03.02.08. Омск, 2014. 161 с.
6. Еремкина Т.В. Таксономическая и экологическая характеристика фитопланктона озера Силач (Челябинская область) // Биологические ресурсы водоемов среднего и южного Урала: научное издание. Сб. науч. тр. Уральского НИИ водных биоресурсов и аквакультуры. Екатеринбург: Уральский НИИ водных биоресурсов и аквакультуры, 2013. Вып. 12. С. 36–69.