

УДК 574.52 : 581.526.325 (282.247.415)

## ФИТОПЛАНКТОН РАЗЛИЧНЫХ УЧАСТКОВ КАМСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА В ПЕРИОД ЛЕТНЕЙ МЕЖЕНИ

© 2022 Н.Г. Тарасова<sup>1,2</sup>, П.Г. Беляева<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Институт экологии Волжского бассейна РАН –  
филиал Самарского федерального исследовательского центра РАН, г. Тольятти, Россия

<sup>2</sup> Тольяттинский государственный университет, г. Тольятти, Россия

<sup>3</sup> Институт экологии и генетики микроорганизмов УрО РАН, г. Пермь, Россия

Статья поступила в редакцию 15.08.2022

Проведены исследования фитопланктона различных участков Камского водохранилища. Установлено, что на основной акватории водохранилища ведущая роль в видовом богатстве альгофлоры принадлежит диатомовым водорослям. В прибрежье и заливах наиболее разнообразны зеленые водоросли. По сравнению с Камой, Вишера имеет большее значение в формировании альгофлоры водохранилища. Показатели численности фитопланктона определяются развитием диатомовых до г. Добрянка, где расположена Пермская ГРЭС. Сброс подогретых вод в водохранилище стимулирует развитие в водоеме синезеленых водорослей. В формировании общей биомассы фитопланктона наибольшее значение имеют диатомовые водоросли и крупноклеточные представители некоторых других отделов.

*Ключевые слова:* фитопланктон, видовое богатство, численность, биомасса, Камское водохранилище.

DOI: 10.37313/1990-5378-2022-24-5-97-102

*Работа выполнена в рамках государственной темы:*

*«Изменение, устойчивость и сохранение биологического разнообразия под воздействием глобальных изменений климата и интенсивной антропогенной нагрузки на экосистемы Волжского бассейна».*

*Регистрационный номер 1021060107212-5-1.6.20;1.6.19*

### ВВЕДЕНИЕ

Камское водохранилище создано при зарегулировании р. Камы у г. Пермь в 1954-1956 гг. Длина береговой линии водоема более 1400 км, в него впадает 76 притоков первого порядка. Все левобережные притоки – горные, берущие начало на западных склонах Уральского хребта. Для них характерно быстрое течение, перекаты и пороги. Выходя на равнину, они теряют свой горный характер. На многих реках имеются пруды, около 50 из них были созданы 150-200 лет назад, при старинных уральских заводах [1]. Правобережные притоки с более спокойным и размеренным течением. Для них характерны извилистое русло с многочисленными меандрами и протоками, в поймах имеются многочисленные старицы и озера. В низовых участках наиболее крупных притоков образовались заливы, длина которых колеблется от 50 до 170 км – Косьвинский, Иньвинский, Яйвинский, Обвинский, Чусовской. Берега Верхней Камы (до устья

Вишеры) низинные, заболоченные, с большим числом озер на пойме. Все это говорит о формировании в бассейне Камского водохранилища разнообразных гидрологических и гидрохимических условий, которые определяют разнообразие гидробионтов, в том числе и водорослей.

Целью настоящей работы было изучить развитие фитопланктона в различных биотопах Камского водохранилища (русле, правобережной, левобережной литорали и прибрежных участков) и провести сравнение.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Работы на Камском водохранилище проводили в период летней межени 2009 г. Исследовали развитие фитопланктона на русле и в зоне открытой литорали на судоходном участке водохранилища от Пыскора до Тупицы (рис. 1).

Фитопланктон прибрежных участков изучали в левобережье, начиная с незарегулированной части Камы (п. Чепец) до верхнего бьефа Пермской ГЭС, в районе Чусовского залива. Так же исследовали фитопланктон р. Вишера, крупнейшего притока Камы, в районе с. Рябиново. При отборе проб пользовались стандартными гидробиологическими методиками [2]. Материал фиксировали 4% раствором формалина.

*Тарасова Наталья Геннадьевна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории экологии простейших и микроорганизмов. E-mail: tnatag@mail.ru*  
*Беляева Полина Геннадьевна, кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории водной микробиологии. E-mail: belyaeva@psu.ru*



Рис. 1. Карта Камского водохранилища

Концентрировали 0,5 л воды с использованием насоса Комовского через мембранные фильтры с диаметром пор 1 мкм. Биомассу рассчитывали с использованием метода приведенных геометрических фигур.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

### Таксономический состав

Всего за исследуемый период в фитопланктоне Камского водохранилища было встречено 283 вида водорослей из 9 отделов (табл. 1). Наибольшим числом видов, разновидностей и форм отличался отдел диатомовых водорослей. На долю представителей этого отдела приходилось 37% от общего числа видовых и внутривидовых таксонов. Затем следовали зеленые – 31%, синезеленые – 10%, золотистые – 7%, эвгленовые – 6%, динофитовые – 4%, криптофитовые – 3%, стрептофитовые – 1%, желтозеленые и рафидофитовые – по 0,5%. Такое соотношение отделов в таксономическом составе не типично для основной массы пресноводных водоемов, где обычно ведущую роль занимает отдел зеленых водорослей. Это можно объяснить высокими скоростями течения воды, особенно в верхней части водохранилища и низкими ее температурами в нем. Такое предположение подтверждает и тот факт, что подобное соотношение таксономических единиц сохраняется только на русле реки и в зоне открытой литорали. В прибрежье ведущую роль в альгофлоре планктона играли зеленые водоросли.

По данным многолетних наблюдений за фитопланктоном Камского водохранилища установлено, что именно диатомовые водоросли,

начиная с момента начала его изучения, еще на незарегулированной реке (1937 г.), играли ведущую роль в формировании общего видового богатства водорослей [3, 4]. Эта тенденция сохраняется и до сих пор, однако значение диатомовых в общем числе видов, разновидностей и форм водорослей к настоящему времени сокращается [5]. В 1980-85 гг., помимо фитопланктона водохранилища изучали еще и и альгофлору заливов. По результатам этих исследований, ведущую роль в формировании общего видового богатства водорослей водохранилища играли зеленые водоросли [6]. Как сказано выше, в 2009 г. в прибрежной зоне водоема также преобладали зеленые водоросли.

Коэффициент Серенсона, рассчитанный для фитопланктона, развивающегося на различных участках Камского водохранилища, показал, что достаточно высоким сходством характеризуется альгофлора планктона руслового участка и зоны открытой литорали (табл. 2). В прибрежье развивается сообщество водорослей, отличающихся от русловой части и правобережья, но сходное с литоральной зоной левого берега. Все это позволяет нам сделать заключение, что именно в прибрежье Камского водохранилища (особенно в заливах) формируется альгофлора, значительно отличающаяся от альгофлоры водохранилища, причем на уровне крупных таксономических единиц (отделов).

### Показатели количественного развития

Анализ количественного развития водорослей (численности и биомассы) показал, что в формировании общей численности фито-

**Таблица 1.** Таксономический состав альгофлоры планктона различных участков Камского водохранилища в летнюю межень 2009 г.

Отдел	Район исследования				Всего
	Русло	Правый берег	Левый берег	Прибрежье (левый берег)	
Cyanophyta	16	12	11	10	27
Chrysophyta	14	9	12	7	19
Bacillariophyta	59	53	59	45	106
Xanthophyta	0	1	0	1	1
Cryptophyta	2	4	3	2	7
Dinophyta	4	6	7	5	12
Euglenophyta	11	9	7	5	17
Raphidophyta	0	0	0	1	1
Chlorophyta	39	36	46	52	89
Streptophyta	2	0	0	2	4
<b>Итого</b>	<b>147</b>	<b>130</b>	<b>145</b>	<b>130</b>	<b>283</b>

**Таблица 2.** Коэффициент видового сходства Серенсона, рассчитанный для фитопланктона, развивающегося в различных участках Камского водохранилища в летнюю межень 2009 г.

	Русло	Правый берег	Левый берег	Прибрежье (левый берег)
Русло	100	59	68	32
Правый берег	-	100	63	37
Левый берег	-	-	100	61
Прибрежье (левый берег)	-	-	-	100

планктона ведущая роль принадлежала сине-зеленым водорослям, которые, как известно, в летнее время вызывают «цветение» воды пресноводных водоемов. Однако их значительное развитие начинается только от г. Добрянка, где и отмечались максимальные показатели численности фитопланктона и у правого берега и на русле (табл. 3). Возможно, это связано с функционированием Пермской ГРЭС, расположенной в г. Добрянка.

Температура воды, сбрасываемой в водохранилище в среднем на 7-9°C выше. Основное распространение зоны теплового влияния отмечается в водохранилище как вниз, так и вверх по течению [7]. Размеры зоны теплового влияния распространяются на 0,5-1,5 км по течению, на 2-3 км к противоположному берегу и 2,0-6,0 км вниз по течению. Возможно, незначительное повышение температуры вод водохранилища является «пусковым механизмом» развития сине-зеленых водорослей в этом районе, которое затем распространяется и ниже по течению.

Выше по течению ведущая роль в формировании общей численности фитопланктона принадлежала диатомовым водорослям. В месте слияния Камы и Вишеры в Каме преобладали зеленые, а в Вишере – диатомовые водоросли [8]. В Вишере в формировании общей числен-

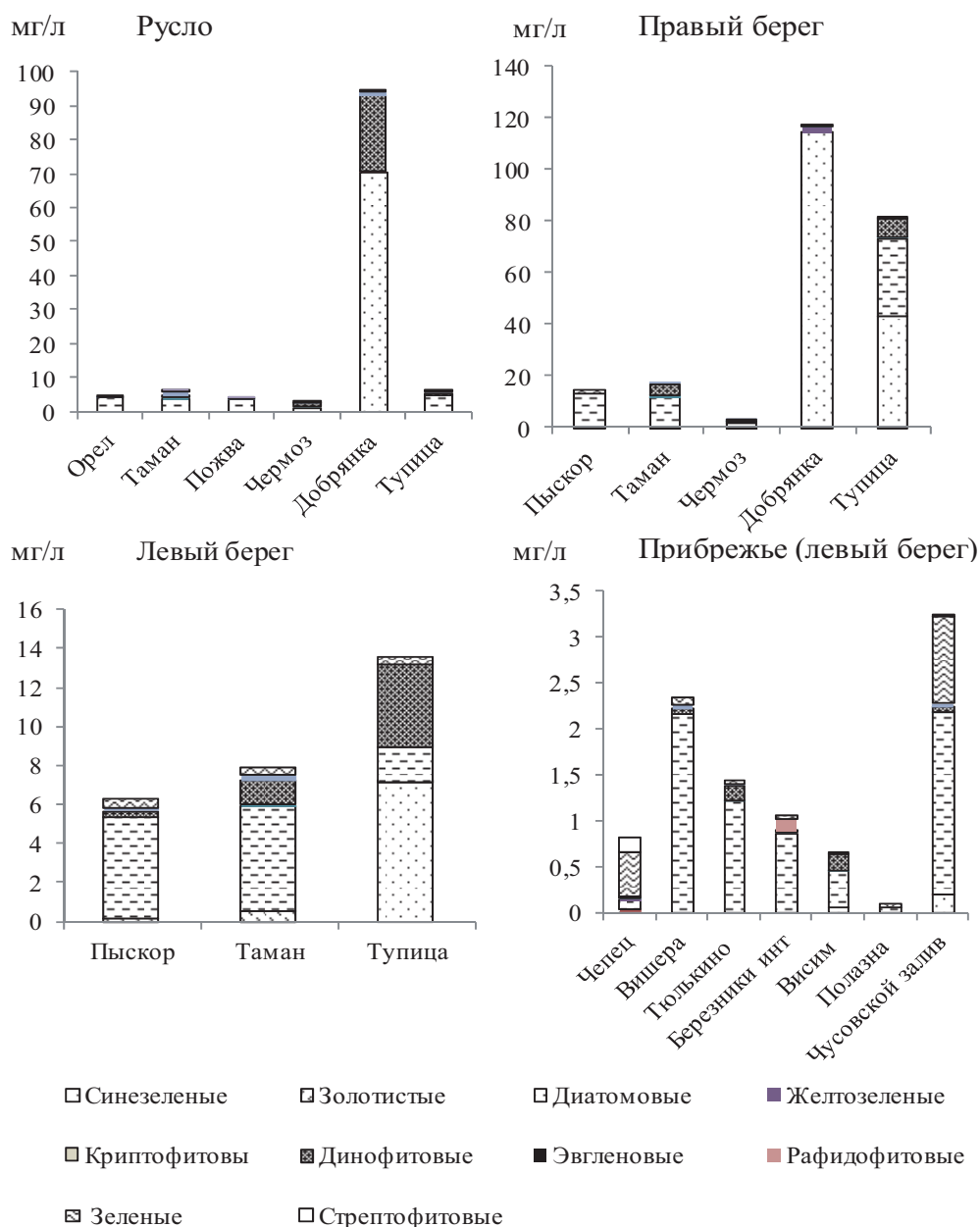
ности и биомассы наиболее значима была диатомовая водоросль *Aulacoseira granulata* (Ehr.) Sim., которая входила в ранг доминирующих практически по всей акватории Камского водохранилища (табл. 4). Т.о. в летнюю межень 2009 г. в формировании альгофлоры планктона Камского водохранилища роль Вишеры была более значима, чем незарегулированной Камы.

От верховьев водохранилища к Добрянке происходит постепенное снижение значимости диатомовых в показателе общей численности фитопланктона и возрастание – цианопрокариот.

В формировании общей биомассы фитопланктона, за исключением района г. Добрянка (где отмечались ее максимальные показатели на акватории), ведущую роль играли диатомовые водоросли. Периодически в ранг доминант входят крупноклеточные водоросли из других отделов (*Euglena spirogyra* Ehr. – эвгленовые; *Ceracium hirundinella* (O.F.M.) Bergh, *Peridinium cinctum* (O. F. M.) Ehr., *P. umbonatum* Stein, *Peridiniopsis elpatiewsky* (Ostenfeld) Bourrelly – динофитовые; *Vacuolaria virescens* Cienk. – рафидофитовые). В незарегулированной Каме лидирующее значение в формировании общей численности и биомассы фитопланктона играли зеленые водоросли.

**Таблица 3.** Динамика численности отдельных отделов водорослей в различных участках Камского водохранилища в летнюю межень 2009 г.

Участок Отдел	Пределы изменения численности фитопланктона, млн кл/л			
	Русло	Правый берег	Левый берег	Прибрежье (левый берег)
Cyanophyta	0,30-546,83	0-1057,40	0,30-88,66	0-4,08
Chrysophyta	0,12-0,672	0-1,00	0,02-1,13	0-0,06
Bacillariophyta	0,750-4,20	0-10,33	0,82-5,40	0,06-2,05
Xanthophyta	0	0-0,75	0	0-0,004
Cryptophyta	0,05-0,50	0-1,82	0-0,27	0,008-0,052
Dinophyta	0-0,50	0-0,25	0,01-0,15	0,004-0,008
Euglenophyta	0,03-0,50	0-0,23	0,01-0,09	0,004-0,02
Raphidophyta	0	0	0	0-0,004
Chlorophyta	0,25-2,03	0-4,73	1,74-2,21	0,02-1,68
Streptophyta	0-0,007	0	0	0,004-0,008
<b>Общая</b>	<b>4,02-549,33</b>	<b>5,55-2117,55</b>	<b>9,45-91,40</b>	<b>0,64-7,28</b>



**Рис. 2.** Вклад отделов водорослей в формирование биомассы фитопланктона в различных участках Камского водохранилища в летнюю межень 2009 г.

**Таблица 4.** Состав доминирующего комплекса видов водорослей на различных участках Камского водохранилища в летнюю межень 2009 г.

Место наблюдения	Доминанты по численности	Доминанты по биомассе
	<b>Русло</b>	
Орел	<i>Unclass.centric</i> (23)*, <i>Cyclotella stelligera</i> Cl. et Grun., <i>Aulacoseira granulata</i> (Ehr.) Sim. (11)	<i>Melosira varians</i> Ag. (19), <i>Cyclotella stelligera</i> Cl. et Grun. (17), <i>Stephanodiscus hantzschii</i> Ehr. (11)
Таман	<i>Aphanizomenon flos-aquae</i> (L.) Ralfs (17), <i>Aulacoseira alpigena</i> (Grun.) Krammer (10), <i>Crucigenia fenestrata</i> (Schmidle) Schmidle (10)	<i>Euglena spirogyra</i> (20), <i>Melosira varians</i> Ag. (19), <i>Fragilaria capucina</i> Desmaz. (10)
Пожва	<i>Aulacoseira subarctica</i> (O. Müll.) Haworth (14), <i>Aulacoseira granulata</i> (11), <i>Unclass.centric</i> (10)	<i>Fragilaria capucina</i> (18), <i>Cyclotella meneghiniana</i> Kütz. (12), <i>Aulacoseira granulata</i> (11)
Чермоз	<i>Anabaena affinis</i> Lemm. (10)	<i>Diatoma tenue</i> Ag. (22), <i>Ceracium hirundinella</i> (13), <i>Peridinium cinctum</i> (12)
Добрянка	<i>Aphanizomenon flos-aquae</i> (74), <i>Anabaena spiroides</i> Klebahn. (11)	<i>Aphanizomenon flos-aquae</i> (43), <i>Anabaena spiroides</i> (24), <i>Ceracium hirundinella</i> (17)
Тупица	<i>Microcystis</i> sp. (24), <i>Anabaena variabilis</i> Kütz. (19)	<i>Fragilaria capucina</i> Desmaz. (25), <i>Stephanodiscus hantzschii</i> (23)
	<b>Правый берег</b>	
Пыскор	<i>Unclass.centric</i> (19), <i>Aulacoseira subarctica</i> (O. Müll.) Haworth (12)	<i>Cymbella lanceolata</i> (Ehr.) V. H. (43)
Таман	<i>Aulacoseira alpigena</i> (14), <i>Aphanothece</i> sp. (11)	<i>Melosira varians</i> (32), <i>Peridiniopsis elpatiewsky</i> (12), <i>Peridinium umbonatum</i> Stein (10)
Чермоз	<i>Aulacoseira alpigena</i> (14), <i>Asterionella formosa</i> Hassall (13), <i>Aulacoseira granulata</i> (11), <i>A. subarctica</i> (10), <i>Aphanizomenon flos-aquae</i> (10)	<i>Ceracium hirundinella</i> (14), <i>Aulacoseira granulata</i> (13), <i>Peridinium cinctum</i> (12), <i>Fragilaria capucina</i> (11), <i>Asterionella formosa</i> (10)
Добрянка	<i>Aphanizomenon flos-aquae</i> (53), <i>Anabaena</i> sp. (13), <i>Anabaena affinis</i> (12), <i>Microcystis</i> sp. (12)	<i>Aphanizomenon flos-aquae</i> (49), <i>Anabaena affinis</i> (20), <i>Anabaena planctonica</i> (14)
Тупица	<i>Aphanizomenon flos-aquae</i> (41), <i>Microcystis</i> sp. (24), <i>Anabaena planctonica</i> Brunnth. (14)	<i>Stephanodiscus hantzschii</i> (35), <i>Anabaena planctonica</i> (21), <i>Aphanizomenon flos-aquae</i> (20)
	<b>Левый берег</b>	
Пыскор	<i>Aphanothece</i> sp. (60)	<i>Stephanodiscus hantzschii</i> (25), <i>Stauroneis anceps</i> Ehr. var. <i>anceps</i> (20)
Таман	<i>Aulacoseira alpigena</i> (13)	<i>Melosira varians</i> (10), <i>Diatoma tenue</i> (10), <i>Peridiniopsis elpatiewsky</i> (10)
Тупица	<i>Aphanizomenon flos-aquae</i> (76), <i>Microcystis pulvereae</i> (Wood) Forti emend. Elenk. (19)	<i>Aphanizomenon flos-aquae</i> (50), <i>Ceracium hirundinella</i> (15)
	<b>Прибрежье (левый берег)</b>	
Чепец	<i>Dictyosphaerium subsolitarium</i> von Goor (31), <i>Crucigenia tetrapedia</i> (Kirchn.) W. et G. S. West (12)	<i>Oocystis borgii</i> Snow (36), <i>Cosmarium obtusatum</i> (Schmile) Schmile (18), <i>Tetrastrum glabrum</i> (Roll) Ahlstr. et Tiff. (10)
Вишера	<i>Aulacoseira granulata</i> (43), <i>Tabellaria fenestrata</i> (Lyngb.) Kütz. (21), <i>T. flocculosa</i> (Roth) Kütz. (10)	<i>Aulacoseira granulata</i> (45), <i>Melosira varians</i> (18)
Тюлькино	<i>Aulacoseira granulata</i> (43), <i>Microcystis pulvereae</i> (13)	<i>Aulacoseira granulata</i> (45), <i>Stephanodiscus hantzschii</i> (21), <i>Peridiniopsis elpatiewsky</i> (21)
Березники	<i>Aulacoseira granulata</i> (43)	<i>Aulacoseira granulata</i> (46), <i>Vacuolaria virescens</i> Cienk. (14), <i>Stephanodiscus hantzschii</i> (11)
Висим	<i>Aphanizomenon flos-aquae</i> (19), <i>Anabaena flos-aquae</i> Bréb. (19), <i>Aulacoseira granulata</i> (17), <i>Microcystis aeruginosa</i> (13)	<i>Fragilaria capucina</i> (45), <i>Peridiniopsis elpatiewsky</i> (27), <i>Aulacoseira granulata</i> (13)
Полазна	<i>Microcystis aeruginosa</i> (Kütz.) Kütz. (31), <i>Kephyrion rubri-claustrii</i> Conrad (21), <i>Aulacoseira granulata</i> (13)	<i>Aulacoseira granulata</i> (30), <i>Chalmydomonas reinhardtii</i> Dang. (22), <i>Cyclotella stelligera</i> Cl. et Grun. (16)
Чусовской залив	<i>Aphanizomenon flos-aquae</i> (21), <i>Microcystis pulvereae</i> (21)	<i>Oocystis borgii</i> (18), <i>Aulacoseira granulata</i> (13), <i>Diatoma tenue</i> (12)

\*В скобках указан процент от общей численности (биомассы) фитопланктона

Т.о. на основании проведенных исследований можно сделать следующие заключения:

- в формировании альгофлоры планктона Камского водохранилища ведущую роль продолжают играть диатомовые водоросли, однако в прибрежье и Чусовском заливе большим разнообразием отличались зеленые водоросли т.е. в прибрежной зоне водохранилища и в заливах формируется альгофлора, значительно отличающаяся по своему составу от альгофлор русловой и литоральной частей водоема;

- большее значение, по сравнению с незарегулированной Камой, на альгофлору водохранилища оказывает Вишера – крупнейший левый приток Камы;

- от верховьев водоема к верхнему бьефу Пермской ГЭС происходит снижение роли диатомовых в формировании общей численности фитопланктона и увеличение синезеленых;

- наибольшего развития синезеленые водоросли получили в районе г. Добрянка, где расположена Пермская ГРЭС и происходит сброс подогретых вод в водохранилище;

- в формировании общей биомассы водорослей ведущая роль принадлежит диатомовым водорослям и крупноклеточным представителям некоторых других отделов.

**Благодарности:** Авторы выражают искреннюю благодарность за обработку проб и обсуждение материала Бурковой Тамаре Николаевне.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Иванова Н.В., Неулыбина А.А., Черных Е.А.* География Пермской области. Пермь, 1984. 134 с.
2. Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. М., 1975. 240 с.
3. *Зиновьев А.П.* Планктон реки Камы в районе от устья р. Вишеры до устья р. Яйвы // Труды Перм. биол. ин-та. Т. VIII. Вып. 3–4. 1939 С. 3–44 + приложение список видов
4. *Таусон А.О.* Водные ресурсы Молотовской области. Молотов: ОГИЗ, 1947. 321 с.
5. *Беляева П.Г.* Пространственно-временные изменения фитопланктона Камского водохранилища //Изв. СамНЦ РАН. 2015. Т. 17. № 4(4). С. 733–738.
6. *Третьякова С.А.* Фитопланктон Камских водохранилищ // Гидробиологическая характеристика водоемов Урала, Академия наук СССР, УрО. Свердловск. 1989. С. 58–69
7. *Калинин В.Г., Минакова О.А., Коноплева Л.Л.* Особенности термического режима Камского водохранилища в районе сброса подогретых вод Пермской ГРЭС // Географический вестник, №3(30), 2014. С. 11–17.
8. *Буркова Т.Н., Тарасова Н.Г.* Фитопланктон прибрежных участков Камских водохранилища летом 2009 г. // Изв. СамНЦ РАН. 2013. Т. 15 № 3 (7). С. 2258–2262.

## PHYTOPLANKTON OF VARIOUS SECTIONS OF THE KAMA RESERVOIR IN THE PERIOD OF SUMMER LOW WATER

© 2022 N.G. Tarasova<sup>1,2</sup>, P.G. Belyaeva<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Institute of Ecology of Volga River Basin RAS –  
Branch of Samara Federal Research Scientific Center RAS, Togliatti, Russia

<sup>2</sup> Togliatti State University, Togliatti, Russia

<sup>3</sup> Institute of Ecology and Genetics of Microorganisms, Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Perm, Russia

Investigations of the phytoplankton in the various sections of the Kama reservoir. It is established that in the main waters of the reservoir leading role in the species richness of the algal flora of the diatoms belong to the algae. In coastal waters and the gulfs most diverse green algae. Compared to the Kama, Vishera is more important in the formation of algal flora of the reservoir. The number of phytoplankton is determined by the development of diatoms to the town of Dobryanka, where is located the Perm GRES. The dumping of heated water in the reservoir stimulates the development in the reservoir cyanoprokaryota. In the formation of the total biomass of phytoplankton the most important are diatoms and large representatives of some other departments.

**Key words:** phytoplankton, species richness, number, biomass, Kamskoe reservoir.

DOI: 10.37313/1990-5378-2022-24-5-97-102

*Natalya Tarasova, Candidate of Biology, Senior Research Fellow. E-mail: tnatag@mail.ru*

*Polina Belyaeva, Candidate of Biology, Research Fellow. E-mail: belyaeva@psu.ru*