

## РАЗДЕЛ 2. ТРАНСФОРМАЦИЯ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

Краткое сообщение

УДК 574.52

<https://doi.org/10.17072/2410-8553-2022-2-53-60>

**Состав и структура фитопланктона водных объектов с экстремальными условиями  
(Пермский край, Россия)**

**Полина Геннадьевна Беляева<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Институт экологии и генетики микроорганизмов – филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Пермский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук», Пермь, Россия

<sup>1</sup> [belyaeva@psu.ru](mailto:belyaeva@psu.ru), <https://orcid.org/0000-0001-6741-0424>

**Аннотация.** На примере природного (р. Китенка) и искусственного (фильтрационные стоки ПТБО «Софроны» г. Пермь) водных объектов показана значительная трансформация фитопланктона под влиянием антропогенного воздействия. Целью настоящей статьи является оценка трансформации фитопланктона – изменение богатства видов и их экологии, численности и биомассы. В составе фитопланктона были выявлены эвгленовые, зеленые, диатомовые водоросли и цианопрокариоты, характерные для загрязненных эвтрофных вод. Проанализирована перестройка структуры альгоценозов, связанная с увеличением доли цианопрокариот (75% численности и 25% биомассы), эвгленовых (23% численности и 45% биомассы) или зеленых (20% численности и 30% биомассы) водорослей. Показано, что фитопланктон исследованных объектов характеризуется значительными колебаниями численности и биомассы независимо от сроков наблюдения. При чрезмерном антропогенном воздействии обнаружено угнетение альгоценозов, или их полная деградация.

**Ключевые слова:** фитопланктон, загрязнение, антропогенная трансформация, малые водные объекты, промышленные стоки.

**Благодарности:** Работа выполнена в рамках Государственного задания № НИОКТРАААА-А19-119112290008-4.

**Для цитирования:** Беляева П.Г. Состав и структура фитопланктона водных объектов с экстремальными условиями (Пермский край, Россия) // Антропогенная трансформация природной среды. 2022. Т. 8. № 2. С. 53–60. <https://doi.org/10.17072/2410-8553-2022-2-53-60>

## SECTION 2. POLLUTION

Short Communications Article

**Composition and structure of phytoplankton in water objects with extreme conditions  
(Perm region, Russia)**

**Polina G. Belyaeva<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Institute of ecology and genetics of microorganisms of the Perm Research Centre of the Ural Branch Russian Academy of Sciences, Russia.

<sup>1</sup> [belyaeva@psu.ru](mailto:belyaeva@psu.ru), <https://orcid.org/0000-0001-6741-0424>

**Abstract.** On the example of natural (river Kitenka) and artificial (leachate a municipal landfill "Sofony", Perm) water objects under the influence of anthropogenic impact, a significant transformation of phytoplankton was shown. The development of Euglenophyta, Chlorophyta and Cyanoprokaryotf, characteristic of polluted eutrophic waters, was revealed. The reorganization of the structure of algocenoses associated with an increase in the proportion of Cyanoprokaryota (75% of the abundance and 25% of the biomass), Euglenophyta (23% of the abundance and 45% of the biomass) or Chlorophyta (20% of the abundance and 30% of the biomass) algae was analyzed. The phytoplankton of the studied objects are characterized by significant fluctuations in abundance and biomass, regardless of the periods of observation. With excessive anthropogenic impact, inhibition of algocenoses, or their complete degradation, was found.

**Key words:** phytoplankton, pollution, anthropogenic transformation, industrial waste

**Acknowledgments:** the work was carried out within the framework of State Assignment No. НИОКТРАААА-А19-119112290008-4.

**For citation:** Belyaeva, P., 2022. Composition and structure of phytoplankton in water objects with extreme conditions (Perm region, Russia). *Anthropogenic Transformation of Nature*, 8(2), pp. 53–61. <https://doi.org/10.17072/2410-8553-2022-2-53-60> (in Russian)

### Введение

Как известно водоросли способны жить и размножаться в таких условиях, которые на первый взгляд кажутся совершенно непригодными для жизни: в горячих источниках, температура которых достигает иногда почти точки кипения, в арктических водах с минусовой температурой, а также на снегу и льду. Главными факторами, которые влияют на развитие водорослей, являются наличие влаги, света, температурного режима, углерода, органических и минеральных удобрений [7, 10]. Поэтому водоросли вегетируют даже в экстремальных водах.

В планктоне водных экосистемах с экстремальными условиями наблюдается развитие эвгленовых, зеленых водорослей и цианопрокариот, характерных для загрязненных эвтрофных вод [6], массовое развитие получают виды-индикаторы нетоксичного автохтонного и аллохтонного органического загрязнения природных вод [15]. Для стоячих водоемов (лужи, болота и малые водоемы) с большим количеством органических веществ, эти водоросли способны вегетировать во все сезоны года. Они часто дают вспышки развития после внесения ядохимикатов или солей азота и фосфора. Большинство видов выдерживает широкий диапазон pH 5.5–8.8 и температуры от 0 до 30°C. Эти виды также обнаружены в сточных водах предприятий, в искусственных водоемах очистных сооружений сахарных заводов и городской канализации [2, 7, 8, 10]. Например, *Euglena gracilis* Klebs. встречается в больших количествах в гниющих лужах, канавах, в сырой земле рядом с ними, в мелких пресноводных водоемах, сильно загрязненных легко разлагающимися органическими веществами; виды рода *Ankistrodesmus* очень быстро размножаются автоспорами, они интенсифицируют очистку сточных вод в биологических прудах и картах полей фильтрации городских очистных сооружений.

Водные объекты Пермского края в разной степени подвержены антропогенному воздействию. Большинство из них испытывает существенное влияние сточных вод многочисленных предприятий добывающей и перерабатывающей промышленности и сельского хозяйства. Малые водные объекты, в первую очередь реагируют на хозяйственную деятельность человека, так как обладают пониженной способностью к самоочищению и быстрее загрязняются.

На территории края есть водные объекты, которые формируются на антропогенно-преобразованных участках, и являются экстремальным для развития в них биоты. К таким условиям можно отнести воды р. Китенка и стоки загрязненных фильтрационных и инфильтрационных вод ПТБО, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду [6, 12, 13].

Цель работы – изучить состав и структуру фитопланктона природного (р. Китенка) и искусственного (фильтрационные стоки ПТБО «Софроны» г. Перми) водных объектов с экстремальными условиями.

### Материал и методика

Исследования были выполнены в весенний и осенний периоды на водоемах ПТБО «Софроны» в 2011–2014 гг. и в р. Китенка в 2016 г. Отбор и обработку проб фитопланктона, объемом 1 л, проводили по стандартным методикам [7, 9, 11]. Пробы планктона концентрировали фильтрованием с использованием мембранных фильтров «Владипор» с диаметром пор 1.2–3 мкм. Водоросли подсчитывали в камере «Учинская» с использованием микроскопа ZEISS Axiostar Plus (Germany) при 700-кратном увеличении. При их анализе определяли видовой состав, численность и биомассу водорослей, отмечали доминирующие виды, к которым относили виды с относительной численностью или биомассой > 10% от суммарной. Экологическую принадлежность водорослей устанавливали по сводке С.С. Бариновой с соавторами [1]. Для оценки разнообразия использовали индекс Шеннона–Уивера [14].

Водные массы обводного канала полигона твердых бытовых отходов (ПТБО) «Софроны», расположенного в г. Перми. Полигон расположен в 12 км от города и занимает 52 га, достигает в высоту 20–30 м. В «старой холодной секции» ирригационного канала в южной части полигона выявлено более 1000 органических поллютантов, наиболее распространены фенольные соединения, фталаты, фосфаты, кетоны, трептоноиды, трепены, бензойные кислоты, нитрозо-соединения и др. [12, 13]. В воде повышено содержание сульфатов, хлоридов, магния, кальция, натрия, железа и др. металлов, щелочности и общей жесткости. Высоко загрязнение вод по ХПК, аммоний, нитратам, нитритам фосфору общему. Цветность вод высокая.

Река Китенка, приток р. Юг, длиной около 3 км, глубина 0.2–0.8 м, принимает стоки ООО «Юговской комбинат молочных продуктов» («ЮКМП»). Сточные воды молочного комбината придают природным водам белизну и мутность, ослабевающую вниз по течению. Воды реки характеризуются как «очень грязные». Осенью р. Китенка представляла собой мутный поток в виде смеси эмульсионной и суспензионной дисперсных систем. Тогда как в середине мая водные массы р. Китенка были насыщены растворенным кислородом и были намного прозрачнее. Содержание взвешенных веществ в мае выше допустимых норм в 2–3 раза, осенью – в 10–13 раз. По содержанию аммония, нитритов и нитратов воды превышают ПДК и характеризуются как загрязненные или очень грязные (IV – VI класс качества) [6].

### Результаты

**Состав фитопланктона.** Во временных водоемах на территории ПТБО за период исследований идентифицировано 45 таксонов водорослей рангом ниже рода с преобладанием зеленых водорослей (рис. 1), ежегодно отмечается от 3 до 12 таксонов водорослей. Каждый отбор проб (весна и осень 2011–2014 гг.) сопровождается сменой таксономического состава. Зеленые водоросли в разное сроки представлены одноклеточными (*Chlorococcum* spp.) и колониальными хлорококковыми (*Pediastrum duplex* Meyen и

*Ankistrodesmus* sp., *Oocystis borgei* Snow) или вольвоксовыми (*Chlamydomonas*: *C. acuta* Korsh. – доминантный вид, *C. parvula* Gerloff, *C. ehrenbergii* Gorozhankin [Goroschankin], *Chlamydomonas* sp.). Эвгленовые водоросли – *Phacus circulatus* Pochmann, *P. pyrurum* (Ehr.) W. Archer, *P. caudatus* Hübner, *Euglena pisciformis* Klebs, *E. gracilis* Klebs. Реже в 66% проб были обнаружены цианопрокариоты (*Aphanothece*, *Pseudoanabaena*, *Planktolyngbya limnetica* (Lemm.) J. Komárková-Legnerová & G. Cronberg) и криптофитовые водоросли (*Cryptomonas marssonii* Skuja, *Cryptomonas* sp.), еще реже – диатомовые родов *Navicula*, *Nitzschia*, *Surirella*, *Encyonema* и *Achnanthes*.

В реке Китенка разнообразие фитопланктона составило 39 таксонов. Диатомовые водоросли (Bacillariophyta) в фитопланктоне составляют 49% флористического списка и присутствуют в течение всего периода исследований (рис. 1 / fig. 1). Наиболее представлены во флоре *Nitzschia* и *Navicula* (по 5 видов и внутривидовых таксонов), *Fragilaria* (3) и *Stephanodiscus* (3). Второй крупный отдел (20% общего богатства видов) – эвгленовые водоросли: *Euglena* (4 вида), *Trachelomonas* (2) и *Phacus* (2). Зеленые водоросли

представлены 6 таксонами, наиболее распространенными среди них являются представители рода *Chlamydomonas* (3). Цианопрокариоты по богатству видов также как зеленые составляют (15%).

Непосредственно ниже впадения стоков «ЮКМП» водорослевая компонента в реке отсутствует. Ниже по течению сообщество фитопланктона представлено неактивными, выцветшими клетками, иногда с полуразрушенными оболочками. Здесь присутствует только нитчатая *Planktolyngbya* sp. В устье р. Китенки в фитопланктоне идентифицировано 17 таксонов из 4 отделов водорослей. Диатомовые включают 7–10 таксонов в разные сроки отбора проб (*Nitzschia acicularis* (Kütz.) W. Sm., *N. palea* (Kütz.) W. Sm., *N. sigmoidea* (Ehr.) W. Sm., *Fragilaria capucina* Desm.), зеленые – представленные родом *Chlamydomonas* (*C. reinhardtii* Dang., *C. elliptica* Korsh., *C. pseudoperlyti* Pasch.), эвгленовые – пятью крупноразмерными представителями родов *Trachelomonas* и *Euglena*, из цианопрокариот – виды рода *Planktolyngbya*. Такой состав водорослей характерен для стоячих водоемов с большим количеством органических веществ (эвтрофные воды).

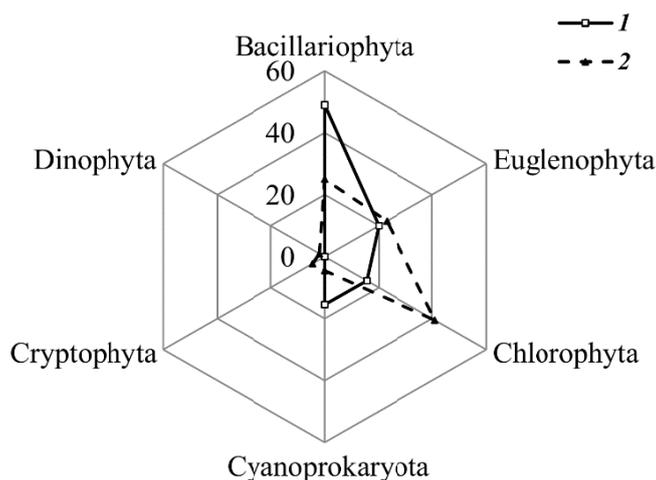


Рис. 1. Структура фитопланктона антропогенно-преобразованных водных объектов.

(Примечание: приведен вклад отделов водорослей (%) в структуру планктона р. Китенка (1) и фильтрационных вод ПТБО «Софроны» (2))

Fig. 1. Structure of phytoplankton of anthropogenically transformed water bodies

(Note: the contribution of algal divisions (%) in structure the plankton of the river is given to river Kitenka (1) and leachate a municipal landfill «Sofrony» (2))

#### Эколого-географический спектр водорослей.

В альгофлоре временных водоемов на территории ПТБО преобладают планктонные формы (33.3%). По географической принадлежности основу флоры составляют космополиты (45%). По отношению к солености – олигогалобы (35%). Среди водорослей, выявленных в составе альгофлоры 53.4% являются показателями сапробности. По отношению к концентрации органических веществ состав водорослей-индикаторов на 22% образован  $\beta$ -мезосапробными формами, на 10% – видами, развивающимися в переходной зоне между  $\beta$ -мезо- и олигосапробной. Водорослей, характеризующих воды высокими показателями сапробности – 17%, с низкими – 4%.

В альгофлоре р. Китенка преобладают планктонно-бентосные виды (28% видового состава). По географической принадлежности основу фитопланктона составляют космополиты (70%). Присутствуют *Surirella grunowii* Kulikovskiy, Lange-Bertalot & Witkovski – бореальный вид и *Crucigenia fenestrata* (Schmidle) Schmidle – голарктический вид, эвглен (*Euglena deses* Ehr., *E. viridis* Ehr.). По отношению к pH среды виды алкалофилы составляют 65% и индифференты – 35%. Среди водорослей, выявленных в составе альгофлоры, 77.5% являются показателями сапробности. По отношению к концентрации органических веществ состав водорослей-индикаторов на 32% образован  $\beta$ -мезоса-

пробными формами, на 10% – олигосапробами, на 23% – видами, развивающимися в переходной зоне между  $\beta$ -мезо- и олигосапробной. Водорослей, характеризующих воды высокими показателями сапробности – 19%, с низкими – 16% (табл. 1 / table 1).

Эколого-географическая характеристика показывает увеличение в фитопланктоне вод с экстремальными условиями широко распространенных видов, индифферентных по отношению к рН и солёности воды, преобладание  $\beta$ -мезосапробов и увеличение доли видов с более высокими показателями сапробности.

Таблица 1

**Эколого-географическая характеристика фитопланктона антропогенно-преобразованных водных объектов**

Table 1

**Ecological and geographical characteristics of phytoplankton anthropogenically transformed water bodies**

Характеристика // Characteristic	% от числа видов*	
	р. Китенка // river Kitenka	водоёмы ПТБО // leachate a municipal landfill
<b>Распространение // Distribution</b>		
Космополиты // Cosmopolites	70	45
Бореальные // Boreal	2	2
Аркто-альпийские // Arctic-alpine	2	2
<b>Галобность // Galobnost</b>		
Галофилы // Halophiles	21	4
Индифференты // Indifferenty	68	27
Мезогалобы // Mezogoloby	5	2
<b>Местообитание // Habitat</b>		
Планктонные // Plankton	13	33
Бентосные // Benthic	25	7
Планктонно-бентосные // Plankton-benthic	28	7
<b>рН приуроченность // рН</b>		
Индифференты // Indifferenty	35	24
Алкалифилы // Alkalify	65	16
<b>Сапробность // Saprobity</b>		
$\alpha$ - $\beta$ -( $\beta$ - $\alpha$ )-мезосапробы // $\alpha$ - $\beta$ -( $\beta$ - $\alpha$ )-mesosaprob	23	10
$\beta$ -мезосапробы // $\beta$ -beta-mesosaprob	32	22
$\alpha$ , $\beta$ - $\alpha$ -( $\alpha$ - $\beta$ ) и $\alpha$ - $\rho$ -( $\rho$ - $\alpha$ ) // $\alpha$ , $\beta$ - $\alpha$ -( $\alpha$ - $\beta$ ) и $\alpha$ - $\rho$ -( $\rho$ - $\alpha$ )- saprob	19	17

\*Примечание:

Процент видов каждой эколого-географической группы дан от общего числа видов

\*Note:

The percentage of species of each ecological and geographical group is given from the total number of species

**Структура фитопланктона.** Структура фитопланктона водных объектов ПТБО «Софроны» г. Перми характеризуется не только различием в составе водорослей, но и в их количественном развитии. Для этих альгоценозов не отмечено сезонных и межгодовых закономерностей изменения состава и количественного развития (рис. 2 / fig. 2), для каждой пробы характерен свой доминантный комплекс видов (табл. 2). В таких пробах чаще других доминируют

зеленые водоросли как хлорококковые (*Chlorella*, *Chlorococcum*), так и вольвоксовые (*Chlamydomonas*: *C. acuta*, *C. incerta* Pascher, *C. Elliptica* Korsh., *C. minima* Korsh.). По биомассе часто (в 72% проб) преобладают эвгленовые (*Phacus pyrum*, *P. caudatum* и *Euglena pisciformis*, *E. gracilis*). Цианопрокариоты (*Aphanothece*) и криптофитовые водоросли (*Cryptomonas marsonii*, *Cryptomonas* sp.) обнаруживаются реже, в 66% проб.

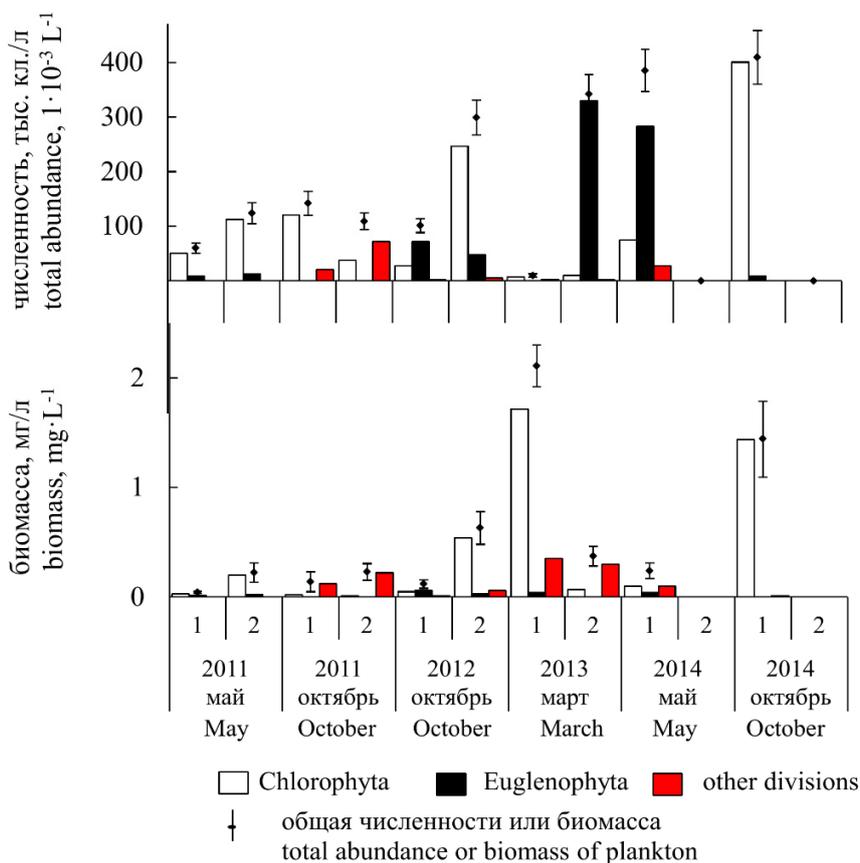


Рис. 2. Вклад отделов водорослей в структуру численности и биомассы в водных объектах на территории ПТБО «Софроны» г. Перми

Fig. 2. The contribution of algal divisions to the structure of abundance and biomass in leachate a municipal landfill «Sofrony»

Таблица 2

Доминантные виды водорослей в водных объектах на территории ПТБО «Софроны» г. Перми

Table 2

Dominant species of algae leachate a municipal landfill «Sofrony»

Сроки отбора // Selection deadlines	Количество таксонов // number of species	Доминантные виды, % // Dominant species, %	
		по численности // abundance	по биомассе // biomass
2011 весна // spring	11	<i>Oocystis borgei</i> (85)	<i>Oocystis borgei</i> (55), <i>Phacus circulatus</i> (25)
2011 осень // autumn	25	<i>Planktolyngbya limnetica</i> (40), <i>Aphanothece sp.</i> (25), <i>Oocystis borgei</i> (13)	<i>Oocystis borgei</i> (42), <i>Phacus circulatus</i> (16), <i>Euglena proxima</i> (10)
2012 осень // autumn	12	<i>Aphanothece sp.</i> (51) <i>Chlorococcum spp.</i> (10)	<i>Phacus pyrum</i> , <i>P. caudatus</i> , <i>Euglena pisciformis</i> , <i>E. gracilis</i> (68)
2013 весна // spring	4	<i>Euglena spp.</i> (43), <i>Ankistrodesmus sp.</i> (40)	<i>Euglena</i> (60), <i>Pediastrum duplex</i> (13)
2013 осень // autumn	5	<i>Planktolyngbya limnetica</i> (67), кокки (10)	<i>Euglena sp.</i> (76)
2014 весна // spring	14	<i>Aphanothece sp.</i> (72)	<i>Chlamydomonas spp.</i> (50), <i>Oocystis borgei</i> (26), <i>Aphanothece sp.</i> (10)
2014 осень // autumn	16	<i>Chlamydomonas acuta</i> (85)	<i>Chlamydomonas acuta</i> (57), <i>Chlamydomonas monadina</i> (36)

В р. Китенка на удалении от стоков ЮКМП сперва понижается доля неактивных выцветших клеток, развиваются нитчатые цианопрокариоты (*Planktolyngbya limnetica*), формирующие 75–99% численности и око-

ло 20–52% биомассы фитопланктона, весной их доля выше (рис. 3 / fig. 3). Ниже по течению присутствуют диатомовые и зеленые водоросли, которые формируют по 1% численности и до 15% биомассы. Индекс

Шеннона был очень низкий, по биомассе достигал 1.45, по численности 1.87. В устье реки Китенка индекс разнообразия увеличивался до 2.38 по биомассе и 2.54 по численности, несмотря на это в фитопланктоне все еще присутствовали неактивные выцветшие клетки. Диатомовые водоросли формировали до 72% биомассы, при доминировании *Navicula tuscula* (Ehr.) Grun. и *Placoneis exigua* (W.Gregory) Mereschkovsky.

Эвгленовые – 10% биомассы за счет 2 родов *Trachelomonas* и *Euglena* (таблица 3 / table 3). Присутствующие в больших количествах *Euglena viridis*, *E. denses* – полисапроб, *Phacus circulatoris*, характерны для сточных вод разных предприятий и биологических очистных сооружений. На данном участке весной отмечается увеличение (в 2.5–3 раза) численности и биомассы фитопланктона.

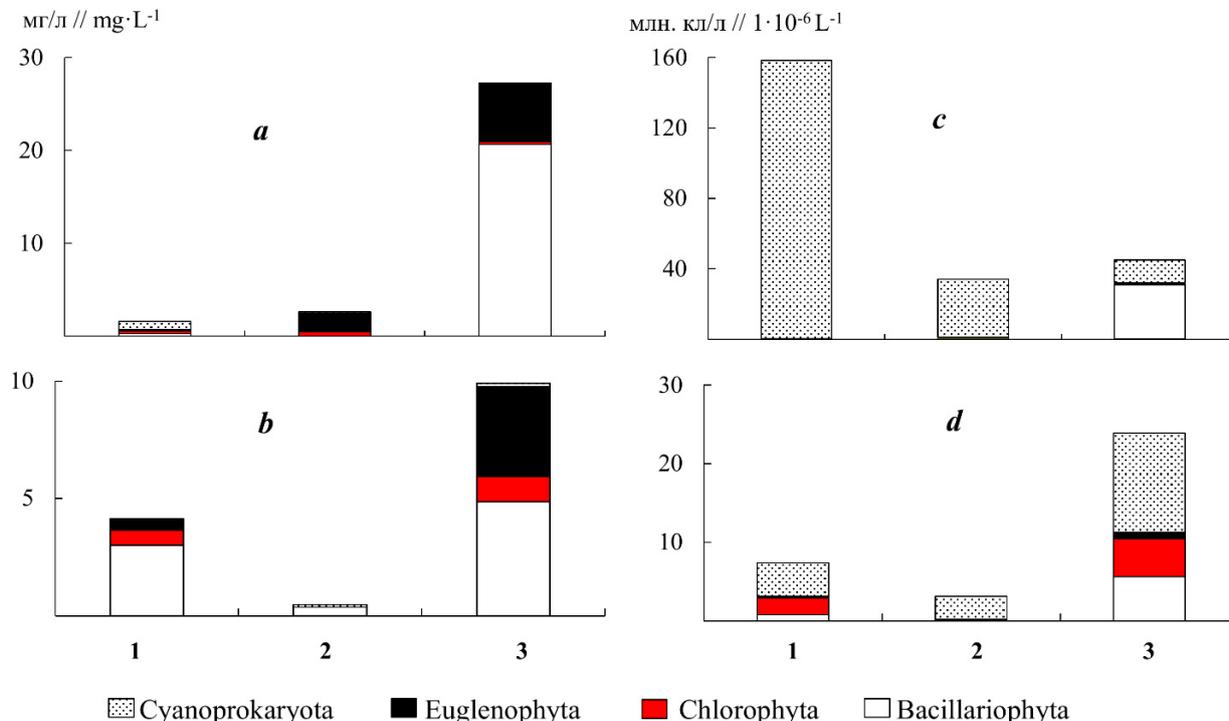


Рис. 3. Вклад отделов водорослей в структуру биомассы (a, b) и численности (c, d) фитопланктона р. Китенки в весенний (a, c) и осенний (b, d) периоды

(Примечание: 1 – р. Китенка ниже стока ОС «ЮКМП»; 2 – устье р. Китенка; 3 – р. Юг слияние с р. Китенкой)

Fig. 3. Contribution of algal divisions to the structure of biomass (a, b) and abundance (c, d) of phytoplankton Kitenka river in spring (a, c) and autumn (b, d) periods

(Note: 1 – the Kitenka river below the runoff of the treatment facilities; 2 – the river mouth Kitenka; 3 – Yug river confluence with the Kitenka river)

Таблица 3

Доминантные виды водорослей р. Китенка

Table 3

Dominant species of algae of river Kitenka

Места отбора проб // Sampling locations	Доминантные виды // Dominant species	
	Май // May	Сентябрь // September
ниже стоков // belowe ffluent stream	<i>Planktolyngbya</i> sp.	<i>Planktolyngbya</i> sp.
среднее течение // middle river	<i>Planktolyngbya limnetica</i> (99%N; 52%B), <i>Chlamydomonas</i> spp. (<1%N; 13%B), <i>Nitzschia</i> sp. (<1%N; 12%B)	<i>Planktolyngbya</i> spp. (57%N; 1%B), <i>Aneumastus tusculus</i> (11%N; 70%B), <i>Chlamydomonas</i> spp. + <i>Pediastrum tetras</i> (30%N; 16%B), <i>Trachelomonas</i> spp. (10%B)
устье реки // river mouth	<i>Planktolyngbya limnetica</i> (95%N; 7%B), <i>Phacus orbiculatus</i> + <i>Euglena viridis</i> (3%N; 5%B), <i>Chlamydomonas reinhardtii</i> (1%N; 7%B)	<i>Planktolyngbya limnetica</i> + <i>Aphanizomenon flos-aqua</i> (93%N; 21%B), <i>Aneumastus tusculus</i> (4%N; 70%B)

### Заключение

По сравнению с фитопланктоном предгорных рек Пермского Предуралья или Камского и Воткинского водохранилищ, где преобладают диатомовые и зеленые водоросли, в планктоне р. Китенка и фильтрационных стоках ПТБО «Софроны» г. Перми наблюдаются изменения в соотношении отделов водорослей, в составе альгофлоры преобладают виды эвгленовых, зеленых водорослей и цианопрокариот, характерных для эвтрофных вод. В ходе исследования автотрофного звена в антропогенно-преобразованных водах в условиях значительного антропогенного воздействия нами показано, что происходит увеличение количественного развития альгоценозов, наблюдается перестройка структуры альгоценозов, связанная с увеличением доли цианопрокариот (75% численности и 25% биомассы), эвгленовых (23% численности и 45% биомассы) или зеленых (20% численности и 30% биомассы) водорослей. При этом каждая проба фитопланктона является специфической, со своим комплексом доминантных видов водорослей. При чрезмерном антропогенном воздействии происходит угнетение альгоценозов, или их полная деградация. На каждом участке альгоценозы характеризуются широко варьирующими значениями численности и биомассы, независимо от сроков наблюдения. Направленные тренды изменения численности и биомассы, характерные для фитопланктона рек и водохранилищ в условиях региона в водах с экстремальными условиями – отсутствуют.

### Список источников

1. Баринаева С.С., Медведева Л.А., Анисимова О.В. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды. Тель-Авив: Pilies Studio, 2006. 498 с.
2. Бачура Ю.М., Храменкова О.М. Водоросли почв полигона твердых бытовых отходов и некоторых улиц г. Гомеля // Весник МДПУ імя І. П. Шамякіна. Біялагічныя навукі. 2011. №3. С. 3–9.
3. Беляева П.Г. Видовой состав и структура фитопланктона Камского водохранилища // Вестник Пермского университета. Биология. 2013. № 3. С. 4–11.
4. Беляева П.Г. Состав и структура фитоперифитона реки Сылва (Пермский край). // Ботан. журн. 2014. Т. 99. № 8. С. 903–916.
5. Беляева П.Г. Многолетняя динамика состава и распределения фитопланктона Воткинского водохранилища (бассейн Камы, Пермский край) // Ботанический журнал. 2018. 103(3): 297–312.
6. Беляева П.Г., Кадочникова П.И., Галямина В.В., Саралов А.И. Влияние сточных вод на гидрохимические, микробиологические и альгологические характеристики малой реки Юг (Пермский край) // Вода: химия и экология. 2017. № 4. С. 22–28.
7. Вассер С.П., Кондратьева Н.В., Масюк Н.П. и др. Водоросли: Справочник. Киев: Наук. думка. 1989. 608 с.
8. Ветрова З.И. Флора водорослей континентальных водоемов Украины. Эвгленофитовые водоросли. Вып. 1. Ч. 2. Киев: Наук. Думка, 1993. 260 с.

9. Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. М.: 1975. 239 с.

10. Определитель пресноводных водорослей СССР. Общая часть. Вып. 1. / под ред. М.М. Голлербаса, В.И. Полянского. М.: Совет. Наука, 1951. 200 с.

11. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений / под ред. В. А. Абакумова. Л.: Гидрометеиздат, 1983. 239 с

12. Шаравин Д.Ю. Разнообразие культивируемых протеобактерий в фильтрационных водах полигона захоронения твердых бытовых отходов // Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН (электронный журнал). 2014. № 3. С. 1–11.

13. Шаравин Д.Ю., Саралов А.И. Предварительное описание нового вида галофильной метилюктерии рода *Methylophaga* из фильтрата полигона захоронения твердых бытовых отходов // Вестник пермского университета. Биология. 2015. Вып. 4. . 346–351.

14. Shannon, Weaver, W. A mathematical theory of communication. Urbana, The University of Illinois Press, 1963. p.25.

15. Sládeček V. System of Water Quality from the Biological Point of View. – Arch. Hydrobiol. Beih. 7. Ergebnisse der Limnologie. 1973. V. 7. 218 p.

### References

1. Barinova, S., Medvedeva, L. and Anisimova, O., 2006. *Bioraznoobrazie vodoroslei – indikatorov okruzhayuthei sredy* [Diversity of algal indicators in environmental assessment]. TelAviv, Pilies Studio. 498 p. (in Russian)
2. Bachura, Y. and Khranchenkova, O., 2011. *Vodorosli pochv poligona tverdykh bytovykh otkhodov i nekotorykh ulits g. Gomelya* [Algae in the soils of the landfill for solid household waste and some streets in the city of Gomel]. *Vesnik MDPU named after I. P. Shamyakina. Bialagichny navuki.* (3). pp. 3–9. (in Russian)
3. Belyaeva, P., 2013. *Vidovoy sostav i struktura fitoplanktona Kamskogo vodokhranilishcha* [Species composition and structure of phytoplankton of the Kama reservoir]. *Bulletin of the Perm University. Biology.* (3). pp. 4–11. (in Russian)
4. Belyaeva, P., 2014. *Sostav i struktura fitoperifitona reki Sylva (Permskiy kray)* [Composition and structure of phytoperiphyton in the Sylva river (Perm territory)]. *Botanical journal.* 99(8). pp. 903–916. (in Russian)
5. Belyaeva, P., 2018. *Mnogoletnyaya dinamika sostava i raspredeleniya fitoplanktona Воткинского водохранилища (basseyn Kamy, Permskiy kray)* [Long-term dynamics of the composition and distribution of phytoplankton in the Воткинск reservoir (Kama basin, Perm region)]. *Botanical journal.* 103(3). pp. 297–312. (in Russian)
6. Belyaeva, P., Kadochnikova, P., Galyamina, V. and Saralov, A., 2017. *Vliyaniye stochnykh vod na gidrokhimicheskiye, mikrobiologicheskkiye i algologicheskkiye kharakteristiki maloy reki Yug (Permskiy kray)* [Influence of wastewater on hydrochemical, microbiological and algological characteristics of the small river Yug (Perm Territory)]. *Water: chemistry and ecology.* (4). pp. 22–28. (in Russian)

7. Vasser, S., Kondrateva, N., Masyuc, N., et al. 1989. *Vodorosli: Spravochnik* [Algae]. Kiev, Naukova Dumka Publ., 608 p. (in Russian)
8. Vetrova, Z., 1993. *Flora vodoroslej kontinental'nykh vodoemov Ukrainy. Evglenofitovy'e vodorosli. Vy p. 1. Ch. 2.* [Algal flora of continental watercourses of Ukraine. Euglenophyta. Vol. 1 Part 2]. Kiev, Naukova Dumka, 260 p. (in Russian)
9. Metodika izucheniya biogeotsenozov vnutrennikh vodoyemov [Methodology for the study of inland waters' biogeocenosis] Moskva. 1975. 239 p. (in Russian)
10. Gollerbach, M. and Polianskii, V., (ed), 1951. *Opredelitel' presnovodnykh vodorosley SSSR. Obshchaya chast'* [Identification guide for freshwater algae of the USSR. Common part]. Moscow. 200 p. (in Russian)
11. Abakumov, V., (ed), 1983. *Rukovodstvo po metodam gidrobiologicheskogo analiza poverkhnostnykh vod i donnykh otlozhenii* [Guide on the Methods of Hydrobiological Analysis of Surface Water and Bottom Sediments], Leningrad, Gidrometeoizdat. 239 p. (in Russian)
12. Sharavin, D., 2014. Diversity of cultivated proteobacteria in a municipal landfill Irrigation canal. *Bulletin of the Orenburg scientific center of the UB RAS*, (3), pp. 1–11. (in Russian)
13. Sharavin, D. and Saralov, A., 2015. Preliminary description of a novel species of halophilic methylobacteria of Methylophaga genus from the landfill leachate. *Bulletin of Perm University. Biology*, (4). pp. 346–351. (in Russian)
14. Shannon, C. and Weaver, W. 1963. A mathematical theory of communication. Urbana, The University of Illinois Press. p. 25.
15. Sladeczek, V., 1973. System of water quality from the biological point of view. *Achieves für Hydrobiologie - Beiheft Ergebnisse der Limnologie*. 7(1), pp. 1–218.

Статья поступила в редакцию 06.10.2022; одобрена после рецензирования 26.10.2022; принята к публикации 07.11.2022.

The article was submitted 06.10.2022; approved after reviewing 26.10.2022; accepted for publication 07.11.2022.