



Научная статья

Таксономическое разнообразие фитопланктона реки Кальмиус и водохранилищ, расположенных на ней

Э.И. Мирненко 

Донецкий национальный университет, 283050, г. Донецк, ул. Щорса, д. 46

eduard_mirnenko@list.ru

Поступила в редакцию: 04.02.2022
Доработана: 02.04.2022
Принята к печати: 12.04.2022
Опубликована онлайн: 12.05.2022

DOI: 10.23859/estr-220204
УДК 574.34

Аннотация. В работе представлены данные о таксономическом разнообразии фитопланктона среднего участка р. Кальмиус и расположенных на ней водохранилищ. Флористический анализ показал наличие в водном биоценозе 291 вида водорослей и 162 внутривидовых таксона, принадлежащих к 8 отделам, 18 классам, 42 порядкам, 66 семействам и 105 родам. По частоте встречаемости доминировали отделы Cyanophyta, Chlorophyta и Bacillariophyta. Индекс Шеннона-Уивера сильнее всего варьировал в Старобешевском водохранилище; коэффициент Серенсена-Чекановского продемонстрировал обособленность альгофлоры его фитопланктона. В Нижнекальмиусском водохранилище установлено закономерное ежегодное повторение доминирующих видов развития альгофлоры.

Ключевые слова: микроводоросли, водный биоценоз, малые реки, Донбасс.

Для цитирования. Мирненко, Э.И., 2022. Таксономическое разнообразие фитопланктона реки Кальмиус и водохранилищ, расположенных на ней. *Трансформация экосистем* 5 (2), 63–73. <https://doi.org/10.23859/estr-220204>

Введение

Водный биогеоценоз (или экосистема) – это природный объект, формирующийся благодаря единству среды и обитающей в ней биоты. Для понимания процессов, проходящих в водной экосистеме, необходимо учитывать как параметры воды, так и показатели биотической части экосистемы (Баринава, 2006). Характеристика развития автотрофного звена сообщества позволяет дать интегральную оценку всего водного объекта. Наиболее показательными являются структурные особенности фитопланктона (число особей, биотическое разнообразие, изменчивость развития во времени и пространстве) (Одум, 1975).

Донбасс – один из самых малообеспеченных пресной водой регионов СНГ. Причиной этого стали большие запасы полезных ископаемых в Донецком угольном бассейне, способствовавшие бурному развитию промышленности и значительной концентрации населения в регионе (Бунтовский, 2015). Река Кальмиус расположена в северной части Приазовья, ее бассейн территориально не выходит за границы центрального Донбасса. Сток реки зарегулирован четырьмя плотинами. Образованные при этом водохранилища используются для нужд населения и промышленности региона.

Близ истока р. Кальмиус в ее верхнем участке расположено Верхнекальмиусское водохранилище

как замыкающий пункт канала Северский Донец – Донбасс. Оно обеспечивает питьевой водой г. Донецк и прилегающие поселки; водный резервуар не принимает городские стоки и не задействован в промышленности (Бунтовский, 2015, Стёпкин, 2008). В среднем участке реки расположены два водохранилища – Нижнекальмиусское и Старобешевское. Первое водохранилище используется для водообеспечения промышленных предприятий города; оно питается за счет ливневых и шахтных вод. Ниже по течению в пгт Новый свет находится Старобешевское водохранилище, выполняющее функцию водоема-охладителя Старобешевской ТЭС. Его водный баланс Старобешевского водохранилища формируется за счет притока вод р. Кальмиус и р. Грузской. Помимо «теплого загрязнения», водохранилище принимает стоки сельскохозяйственных и хозяйственно-бытовых вод, что, как известно, сказывается на состоянии биоты (Скибенко, 2013; Стёпкин, 2008). На нижнем участке р. Кальмиус в 30 км от Азовского моря располагается Павлопольское водохранилище, которое инерционно используется для ирригации близлежащих сельскохозяйственных угодий. Вода имеет высокую минерализацию, загрязнена биогенными веществами и ядохимикатами (Скибенко, 2013; Стёпкин, 2008). Следовательно, по гидрологическим характеристикам р. Кальмиус относится к категории малых рек с высокой степенью антропогенного воздействия (Догановский и Малинин, 2004), что вызывает большой интерес для ее исследования.

Изучение альгофлоры бассейна р. Кальмиус началось в 90-х гг. XX в. Проводимые исследования охватывали отдельные участки реки от истока до устья, а также водохранилища в ее русле. Между тем комплексные исследования всего бассейна реки не проводились. В связи с тем, что существующие данные носят отрывочный характер, необходимо описание полной картины состава и развития

водорослей фитопланктона. Цель работы – установить биоразнообразие фитопланктона на антропогенно измененных участках р. Кальмиус.

Материалы и методы

Исследования проводились на протяжении 2017–2020 гг. Материалом для исследований послужили пробы фитопланктона, которые ежемесячно отбирали в двух водохранилищах (Старобешевском и Нижнекальмиусском) и среднем участке р. Кальмиус. Отбор проб осуществляли по общепринятой методике согласно ГОСТ 51592-2000 (Фомин, 2000). Объем разового отбора воды составлял не менее 1.5 л.

Сгущение проб проводили методом фильтрации под вакуумом при помощи воронки с мембранным фильтром на колбе Бунзена, соединенной с насосом Комовского (Фомин, 2000). Камерную обработку фитопланктона выполняли путем прямого микроскопирования с использованием светового микроскопа Primo Star (Zeiss). Таксономическое определение водорослей проводили по ряду пособий (Голлербах и Полянский, 1951–1960 и др.). Статистическую и графическую обработку полученных результатов осуществляли в программе Statistica 10 и MS Office Excel.

Результаты и обсуждение

В фитопланктоне бассейна р. Кальмиус обнаружен 291 вид и 162 внутривидовых таксона (ввт), принадлежащих к 8 отделам, 17 классам, 42 порядкам, 66 семействам и 105 родам. По видовому составу в фитопланктоне доминировали отделы Bacillariophyta и Chlorophyta (33% и 28% от общего числа видов соответственно).

Согласно Табл. 1, отдел Cyanophyta представлен значительно меньше (19% от общего количества видов и ввт), а отделы Euglenophyta и Ochrophyta суммарно формируют 14% от общего

Табл. 1. Ранговая структура фитопланктона р. Кальмиус, Нижнекальмиусского и Старобешевского водохранилищ.

Отдел	Классы	Порядки	Число таксонов			
			Семейства	Роды	Виды	Ввт
Cyanophyta	1	6	14	24	55	19
Euglenophyta	1	1	3	5	27	16
Ochrophyta	3	4	6	8	14	2
Cryptophyta	1	1	1	1	2	0
Dinophyta	1	3	3	3	7	5
Bacillariophyta	3	12	16	26	95	80
Chlorophyta	5	12	19	33	82	38
Charophyta	2	3	4	5	9	2
ВСЕГО	17	42	66	105	291	162

количества видов и ввт. Cryptophyta, Dinophyta и Charophyta представлены единичными экземплярами и составляют 6% от общего количества видов и ввт.

Анализ систематической структуры фитопланктона по Фотту (Fott, 1971) (Табл. 2) показал, что доминантами по видовому составу являлись семейства Scenedesmaceae (9% от общего количества видов и ввт) с 4 родами (*Coelastrum*, *Scotiellopis*, *Scenedesmus*, *Tetrastrum*) и Naviculaceae (10% от общего количества видов и ввт) с 3 родами (*Caloneis*, *Gyrosigma*, *Navicula*). Превалирующее положение семейств было обусловлено наличием множества космополитных видов. Субдоминантом представлено семейство нитчатых зеленых водорослей Oscillatoriaceae (5% от общего количества видов), включающее 3 рода (*Oscillatoria*, *Lyngbya* и *Phormidium*) и семейства диатомовых Bacillariaceae и Fragilariaceae, которые в совокупности формируют 12% от общего количества видов и ввт.

Флористическое разнообразие фитопланктона бассейна р. Кальмиус насчитывает 66 семейств. По количеству встречаемости видов статистически значимыми (имеющими превышение стандартного отклонения 1.73) определены только 16 семейств, которые в совокупности формируют 71% всего разнообразия фитопланктона (Рис. 1).

Наиболее часто в пробах обнаруживаются следующие виды:

Cyanophyta – *Anabaena spiroides* Kleb.; *Aphanizomenon flos-aquae* (L.) Ralfs; *Microcystis aeruginosa* (Kütz.) Kütz.; *Oscillatoria lacustris* (Kleb.) Geitler; *O. sancta* (Kütz.) Gomont;

Chlorophyta – *Crucigenia tetrapedia* (Kirchn.) West et G.S. West; *Oocystis lacustris* Chodat; *Monoraphidium minutum* (Nägeli) Komárk.-Legn.; *Coelastrum micronium*, Nägeli in A. Braun; *Scenedesmus quadricauda* Meyen; *Ulothrix variabilis* (Kütz.) Kütz.; *Pediastrum boryanum* (Turpin) E. Hegew. in Buchheim et al.;

Bacillariophyta – *Fragilaria intermedia* Lyngb.; *Synedra acus* Kütz.; *S. ulna* (Nitzsch) Ehrenb.; *Diatoma vulgare* Bory.; *Nitzschia longissima* W. Sm.; *N. sigmoidea* (Nitzsch) W. Sm.; *Cymbella lata* Grunow in Cleve; *Navicula viridis* Grunow; *N. pupula* Kütz.; *Stephanodiscus hantzschii* var. *hantzschii* Grunow in Cleve et Grunow; *Melosira varians* C. Agardh;

Charophyta – *Spirogyra varians* Link in C.G. Nees; *Elakatothrix genevensis* (Reverdin) Hindák;

Euglenophyta – *Euglena oxyuris* Ehrenberg; *Trachelomonas caudata* Ehrenberg; *Phacus longicauda* Dujardin;

Ochrophyta – *Dinobryon divergens* O.E. Imhof.

Таким образом, ядро альгофлоры в экосистеме р. Кальмиус было представлено диатомо-

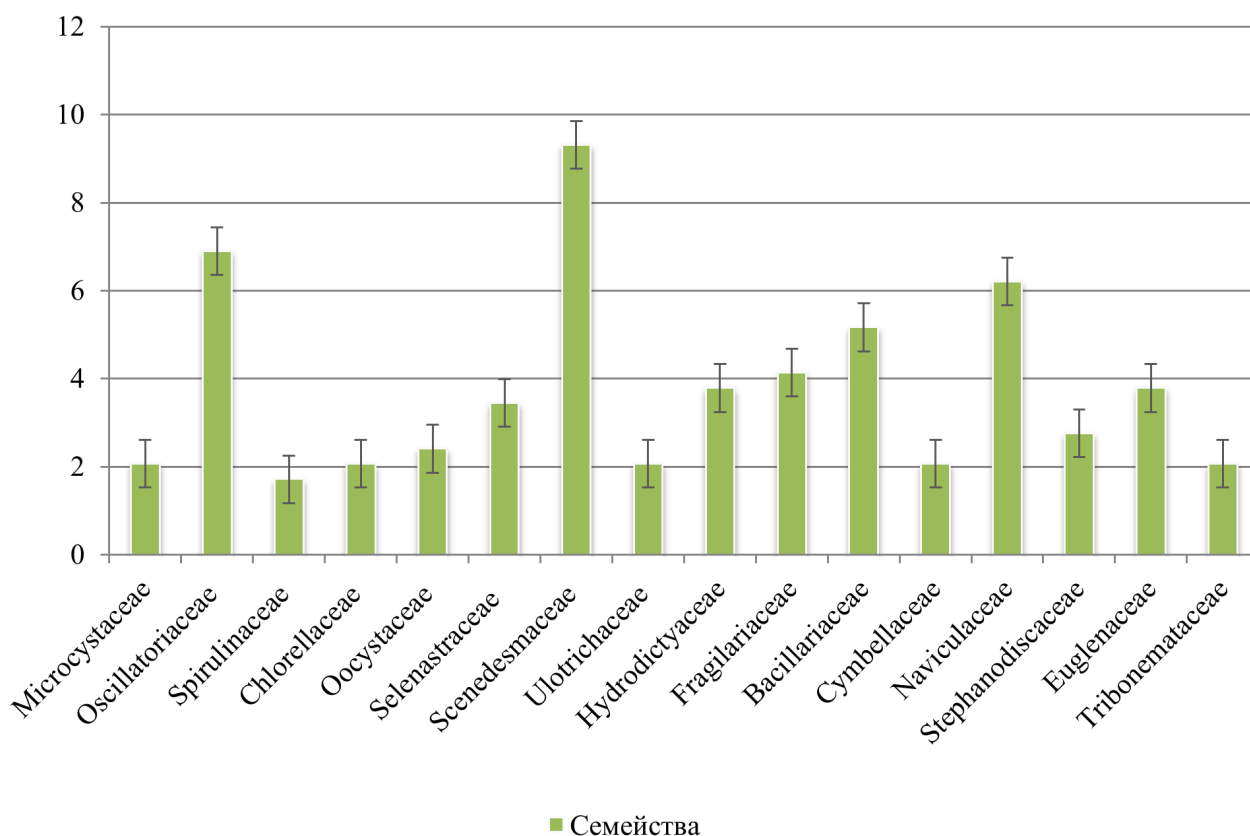


Рис. 1. Количество видов статистически значимых семейств фитопланктона р. Кальмиус, Нижнекальмиусского и Старобешевского водохранилищ.

Табл. 2. Систематическая структура фитопланктона по Фотту (р. Кальмиус, Нижнекальмиусское и Старобешевское водохранилище).

№	Семейство	Роды	% от общего числа	Виды	% от общего числа	ВВТ	% от общего числа
ОТДЕЛ CYANOPHYTA (CYANOBACTERIA. CYANOPROKARIOTA)							
1	Nostocaceae	2	1.9	3	1.03	2	1.23
2	Aphanizomenonaceae	2	1.9	2	0.69	1	0.62
3	Aphanothecaceae	1	0.95	2	0.69	2	1.23
4	Chroococcaceae	3	2.86	4	1.37	0	0
5	Microcystaceae	2	1.9	6	2.06	3	1.85
6	Gomphosphaeriaceae	1	0.95	1	0.34	1	0.62
7	Cyanothecaceae	1	0.95	1	0.34	0	0
8	Oscillatoriaceae	3	2.86	21	7.22	8	4.94
9	Spirulinaceae	1	0.95	5	1.72	1	0.62
10	Hyellaceae	1	0.95	1	0.34	0	0
11	Hydrococcaceae	1	0.95	1	0.34	0	0
12	Merismopediaceae	3	2.86	4	1.37	1	0.62
13	Coelosphaeriaceae	2	1.9	3	1.03	0	0
14	Leptolyngbyaceae	1	0.95	1	0.34	0	0
	ВСЕГО	24	22.86	55	18.90	19	11.73
ОТДЕЛ CHLOROPHYTA							
15	Chlorellaceae	3	2.86	6	2.06	3	1.85
16	Trebouxiophyceae	1	0.95	4	1.37	0	0
17	Chlorellaceae	3	2.86	4	1.37	0	0
18	Oocystaceae	3	2.86	8	2.75	0	0
19	Koliellaceae	1	0.95	2	0.69	0	0
20	Selenastraceae	2	1.90	10	3.44	2	1.23
21	Scenedesmaceae	4	3.81	19	6.53	17	10.49
22	Characiaceae	1	0.95	1	0.34	0	0
23	Radiococcaceae	1	0.95	1	0.34	0	0
24	Chaetopeltidaceae	2	1.90	2	0.69	0	0
25	Chlamydomonadaceae	1	0.95	3	1.03	0	0
26	Ulotrichaceae	2	1.90	6	2.06	2	1.23
27	Ulvaceae	2	1.90	2	0.69	2	1.23
28	Volvocaceae	1	0.95	1	0.34	0	0
29	Chaetophoraceae	1	0.95	1	0.34	0	0
30	Schroederiaceae	1	0.95	2	0.69	0	0
31	Sphaerocystidaceae	1	0.95	1	0.34	0	0
32	Hydrodictyaceae	2	1.90	7	2.41	10	6.17
33	Neochloridaceae	1	0.95	2	0.69	2	1.23
	ВСЕГО	33	31.43	82	28.18	38	23.46

№	Семейство	Роды	% от общего числа	Виды	% от общего числа	БВТ	% от общего числа
ОТДЕЛ CHAROPHYTA							
34	Closteriaceae	1	0.95	2	0.69	1	0.62
35	Desmidiaceae	1	0.95	3	1.03	1	0.62
36	Elakatotrichaceae	1	0.95	1	0.34	0	0
37	Zygnemataceae	2	1.90	3	1.03	0	0
	ВСЕГО	5	4.76	9	3.09	2	1.23
ОТДЕЛ BACILLARIOPHYTA							
38	Eunotiaceae	1	0.95	1	0.34	1	0.62
39	Achnanthaceae	1	0.95	4	1.37	1	0.62
40	Fragilariaceae	1	1.90	12	4.12	10	6.17
41	Tabellariaceae	2	2.86	4	1.37	8	4.94
42	Bacillariaceae	5	1.90	15	5.15	11	6.79
43	Cocconeidaceae	1	0.95	1	0.34	1	0.62
44	Cymbellaceae	1	0.95	6	2.06	5	3.09
45	Gomphonemataceae	1	0.95	3	1.03	1	0.62
46	Rhoicospheniaceae	1	0.95	1	0.34	1	0.62
47	Naviculaceae	3	2.86	21	7.22	16	9.88
48	Pleurosigmataceae	1	0.95	2	0.69	1	0.62
49	Pinnulariaceae	1	0.95	4	1.37	3	1.85
50	Amphipleuraceae	1	0.95	2	0.69	0	0
51	Catenulaceae	4	3.81	7	2.41	9	5.56
52	Stephanodiscaceae	2	1.90	8	2.75	9	5.56
53	Melosiraceae	1	0.95	4	1.37	3	1.85
	ВСЕГО	26	24.76	95	32.65	80	49.38
ОТДЕЛ EUGLENOPHYTA							
54	Euglenaceae	1	0.95	10	3.44	5	3.09
55	Phacidaceae	1	0.95	5	1.72	3	1.85
56	Euglenidae	3	2.86	12	4.12	8	4.95
	ВСЕГО	5	4.76	27	9.28	16	9.88
ОТДЕЛ CRYPTOPHYTA							
57	Cryptomonadaceae	1	0.95	2	0.69	0	0
	ВСЕГО	1	0.95	2	0.69	0	0
ОТДЕЛ DINOPHYTA							
58	Ceratiaceae	1	0.95	1	0.34	3	1.85
59	Peridiniaceae	1	0.95	2	0.69	1	0.62
60	Glenodiniaceae	1	0.95	4	1.37	1	0.62
	ВСЕГО	3	2.86	7	2.41	5	3.09

№	Семейство	Роды	% от общего числа	Виды	% от общего числа	Ввт	% от общего числа
ОТДЕЛ ОСНРОФЫТА							
61	Centrtractaceae	2	1.90	2	0.69	0	0
62	Ophiocytaceae	1	0.95	1	0.34	0	0
63	Pleurochloridaceae	1	0.95	1	0.34	0	0
64	Goniochloridaceae	1	0.95	2	0.69	0	0
65	Tribonemataceae	2	1.90	6	2.06	0	0
66	Dinobryaceae	1	0.95	1	0.34	2	1.23
	ВСЕГО	8	7.62	14	4.81	2	1.23
	ВСЕГО В АЛЬГОФЛОРЕ	105	100	291	100	162	100
	Стандартное отклонение	0.75	11.26	1.73	12.97	3.87	2.39
	Коэффициент вариации	0.48	1.05	0.78	1.24	1.53	1.53

во-протококковым комплексом с незначительным участием синезеленых (Рис. 2).

Важно отметить, что видовой состав фитопланктона по отдельным водохранилищам и участку реки имел значительные отличия. В Нижнекальмиусском водохранилище идентифицировано 216 видов и ввт. Преобладающие отделы Bacillariophyta и Chlorophyta в равной степени формировали 66% альгофлоры (Табл. 3). На долю Cyanophyta приходился 21% участия, остальные отделы составляли менее 10% от общего числа видов и ввт.

В Нижнекальмиусском водохранилище нами установлено неоднородное видовое распределение по отделам фитопланктона, особенно выраженное в летний период. От верхнего участка к плотине наблюдалось снижение числа таксонов. В верхней части водохранилища основу составляли отделы Chlorophyta (*Monoraphidium minutum*, *Scenedesmus quadricauda* и *Pediastrum boryanum*) и Bacillariophyta (*Tabellaria fenestrata* var. *kuetzingiana* Hilse sensu Hust., *Diatoma vulgare* var. *vulgare*, *Melosira varians*, *Tabellaria fenestrata* var. *fenestrata* (Lyngb.) Kütz.), а также наблюдались периодические вспышки развития представителей отделов Dinophyta (*Ceratium hirundinella* f. *hirundinella* (O.F. Müll.) Bergh) и Euglenophyta (*Euglena proxima* P.A. Dang., *Trachelomonas* sp.). Ниже по течению в заводях и мелководьях, а также на приплотинном участке постоянно доминировал отдел Cyanophyta с наиболее часто встречающимися родами *Aphanizomenon*, *Microcystis* и *Anabaena*. Такая картина развития фитопланктона наблюдалась практически весь год, однако в летний период она была выражена наиболее интенсивно. Индекс видового разнообразия Шен-

нона-Уивера варьировал от 0.92 до 1.24 бит/экз (в зимний и летний периоды соответственно) и от 1.98 до 3.12 бит/экз (в весенний и осенний периоды соответственно). Таким образом, в Нижнекальмиусском водохранилище в течение года отмечались периоды упрощения биоразнообразия фитопланктона.

Таксономическое разнообразие Старобешевского водохранилища существенно отличалось от видового состава альгофлоры Нижнекальмиусского водохранилища (Табл. 4). На этом участке бассейна реки преобладал отдел Bacillariophyta (41% от общего числа видов и ввт). Отдел Chlorophyta был представлен меньшим количеством видов (29%). На третьем месте по встречаемости располагался отдел Cyanophyta (18%). Кроме того, стоит выделить периодические вспышки развития представителей отдела Euglenophyta (10% от общего числа видов и ввт).

Таким образом, Старобешевское водохранилище, как и Нижнекальмиусское, является экосистемой, сформированной под влиянием антропогенных факторов (Безносов и Суздалева, 2005). Видовой состав водорослей характеризовался неравномерным пространственным распределением, что обуславливается поступлением подогретых вод. На ряде прибрежных участков доминировали нитчатые синезеленые и колониальные диатомовые водоросли, формирующие до 60% от всего альгоразнообразия. На мелководьях отмечены скопления *Melosira varians*, *Fragilaria capucina* var. *capucina* Desm.; *Ulothrix zonata* (Weber et Mohr) Kütz.; *Enteromorpha prolifera* (O.F. Müll.) J. Agardh; *Lyngbya limnetica* Lemm.; *Phormidium ambiguum* var. *ambiguum* Gomont. Такое распределение обусловлено тем, что нитчатые формы,

образуя сплошные заросли, полностью извлекают из воды значительное количество азота и фосфора, препятствуя развитию других форм водорослей (Безносков и др., 2004). Пелагиаль Старобешевского водохранилища имеет высокое видовое разнообразие: индекс Шеннона-Уивера здесь варьирует от 1.64 до 4.06 бит/экз.

Средний участок р. Кальмиус, расположенный между водохранилищами, почти в 3 раза уступал им по разнообразию таксономического состава (Табл. 5). Максимальным видовым разнообразием отличался отдел Bacillariophyta (46% от общего количества видов и ввт) и Chlorophyta (32% от общего числа видов и ввт). Видовое разнообразие Cyanophyta сократилось более чем в 3 раза по сравнению с обоими водохранилищами. На данном участке реки преобладают перифитонные формы фитопланктона: *Ulothrix variabilis*, *U. tenuissima* Kütz.; *Navicula placentula* (Ehrenb.) Kütz.; *Cymbella cymbiformis* var. *cymbiformis* Ehrenb.; *C. var. tumida* (Ehrenb.) Mills; *Eunotia lunaris* var. *lunaris* (Ehrenb.) Mills; *Pinnularia microstauron* var. *brebissonii* (Kütz.) Rabenh.; *Pinnularia capitata* Ehrb.; *Nitzschia linearis* var. *linearis* W. Sm.; *Surirella spiralis* Kütz.; *Enteromorpha pilifera* (Roth) Ag. Индекс Шеннона-Уивера в данном случае не превышал 2.12 бит/экз.

Таким образом, среди исследуемых водных биоценозов бассейна р. Кальмиус наибольшее таксономическое богатство характерно для Старобешевского водохранилища (371 вид и ввт), меньшее – для Нижнекальмиусского (216 видов и ввт). Водоохранилища характеризовались постоянным доминированием синезеленых водорослей

(Макуха и Мирненко, 2019; Мирненко, 2018, 2019, 2021a, b; Мирненко и Комарова, 2021; Мирненко и Макуха, 2021), которые быстро ассимилируют биогенные вещества, уменьшают количество растворенного кислорода и ингибируют развитие остальных отделов фитопланктона. Кроме того, данный факт косвенно подтверждается спутниковыми снимками (в программе Google Earth Pro), полученными в период исследования (Рис. 3).

Вода в бассейне р. Кальмиус имеет высокую минерализацию, за счет чего в альгофлоре хорошо адаптируются инвазионные морские виды, занесенные преимущественно двумя путями (Дудакова и др., 2015; Мирненко, 2021a, b): первый (и наиболее вероятный) – благодаря миграции птиц с побережья Азовского моря; второй путь связан с деятельностью ветра. Здесь широко распространены инвазионные виды, принадлежащие к отделам Cyanophyta (*Phormidium boryanum*; *Ph. ambiguum* var. *ambiguum*; *Anabaena variabilis* f. *variabilis* Kütz.) и Bacillariophyta (*Amphiprora alata* (Ehrenb.) Kütz.; *A. paludosa* W. Sm.; *Bacillaria paradoxa* J.F. Gmel. in Linne; *Gyrosigma peisonis* (Grunow) Hust. in Pascher; *Navicula digitoradiata* (W. Greg.) Ralfs in A. Pritch.; *Navicula peregrina* var. *peregrina* (Ehrenb.) Kütz.; *Nitzschia vivax* var. *hyperborea* W. Sm.; *Nitzschia longissima* var. *longissima* (Bréb. ex Kütz.) Grun., *Synedra tabulata* (C. Agardh) Kütz.).

За период исследования было обнаружено флористическое сходство фитопланктона согласно коэффициенту Серенсена-Чекановского (Городничев, 2019; Сахарова, 2017). Максимальные результаты отмечены на участках среднего течения р. Кальмиус и Старобешевском водохра-

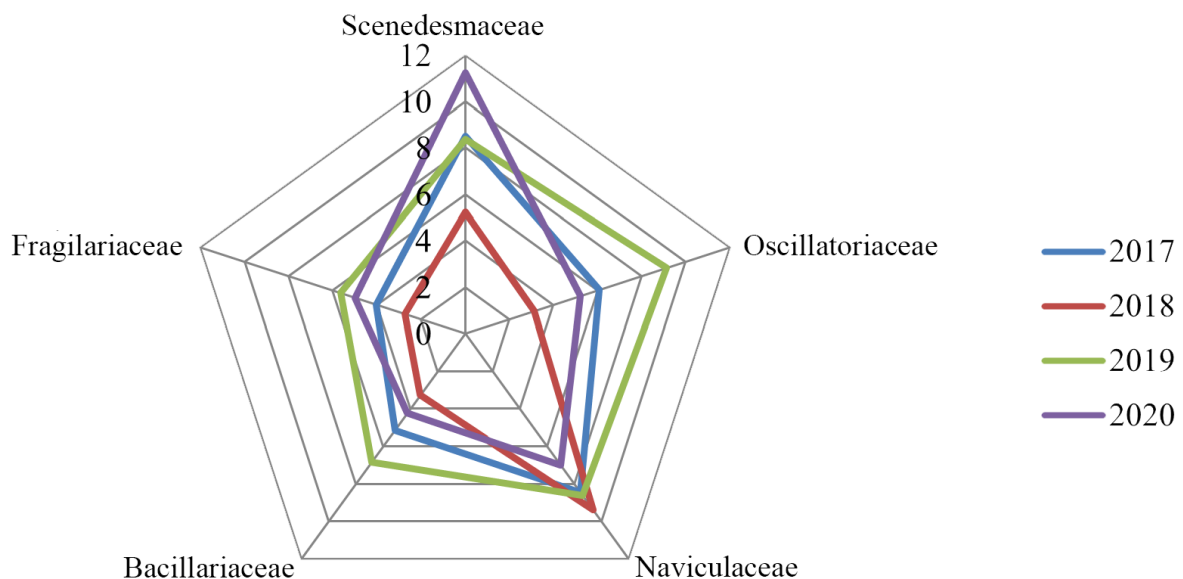


Рис. 2. Многолетняя динамика видового богатства основных семейств фитопланктона р. Кальмиус, Нижнекальмиусского и Старобешевского водохранилищ.

Табл. 3. Таксономический состав фитопланктона Нижнекальмиусского водохранилища.

Отдел	Число видов	Число ввт	Всего	% от общего числа
Cyanophyta	32	13	45	20.83
Euglenophyta	12	5	17	7.87
Ochrophyta	3	2	5	2.31
Dinophyta	4	2	6	2.78
Bacillariophyta	37	34	71	32.87
Chlorophyta	51	21	72	33.33
ВСЕГО	139	77	216	100

Табл. 4. Таксономический состав фитопланктона Старобешевского водохранилища.

Отдел	Число видов	Число ввт	Всего	% от общего числа
Cyanophyta	49	16	65	17.52
Euglenophyta	20	10	30	8.09
Ochrophyta	9	0	9	3.56
Cryptophyta	5	2	7	2.43
Bacillariophyta	89	64	153	41.24
Chlorophyta	81	26	107	28.84
ВСЕГО	253	118	371	100

Табл. 5. Таксономический состав фитопланктона среднего участка р. Кальмиус.

Отдел	Число видов	Число ввт	Всего	% от общего числа
Cyanophyta	9	4	13	10.48
Euglenophyta	6	2	8	6.45
Ochrophyta	1	0	1	0.81
Cryptophyta	2	1	3	2.42
Bacillariophyta	36	21	57	45.97
Chlorophyta	31	9	40	32.26
Dinophyta	1	0	1	0.81
Chrysophyta	1	0	1	0.81
ВСЕГО	87	37	124	100

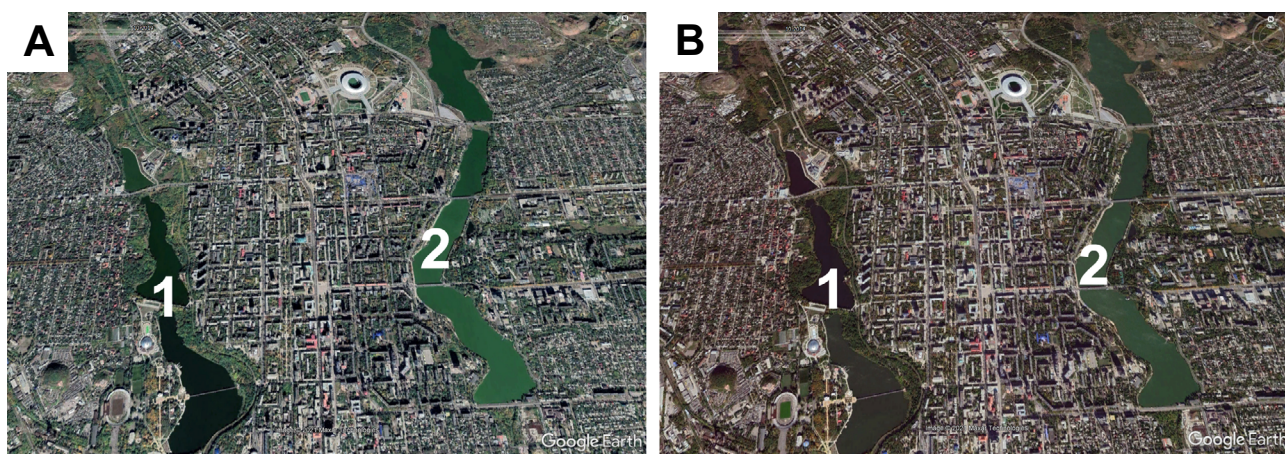


Рис. 3. «Цветение» синезеленых водорослей в Нижнекальмиусском водохранилище. **А** – июнь 2019 г.; **В** – август 2019 г. 1 – Городские пруды; 2 – Нижнекальмиусское водохранилище.

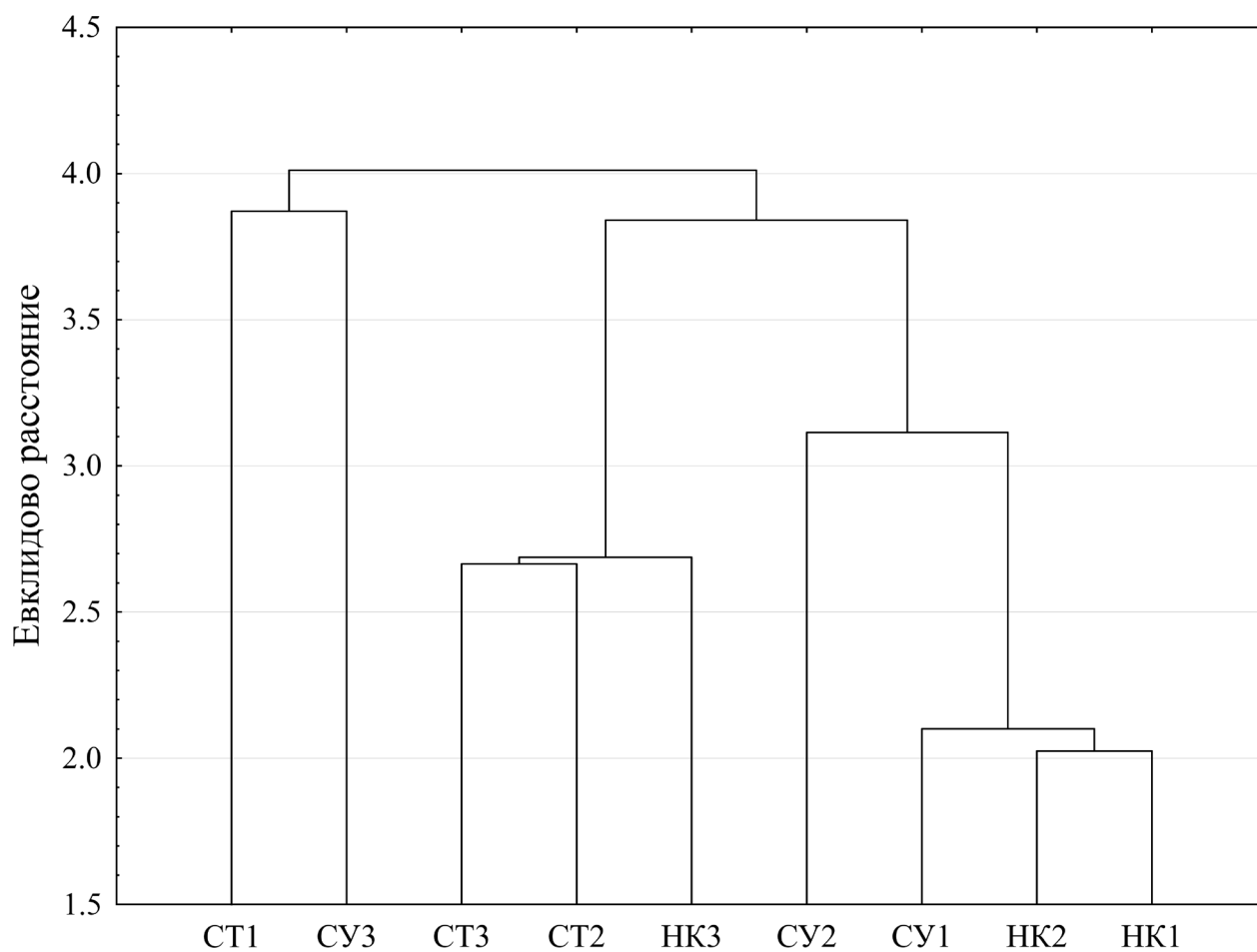


Рис. 4. Дендрограмма флористического разнообразия фитопланктона водоемов бассейна р. Кальмиус в 2019 г. НК – Нижнекальмиусское водохранилище; СТ – Старобешевское водохранилище; СУ – средний участок р. Кальмиус; 1–3 – точки отбора проб.

нилище в 2018–2019 г. (0.71–0.75); наименьшее сходство альгофлоры постоянно наблюдалось в летний период 2017–2020 г. между водохранилищами Нижнекальмиусское и Старобешевское (0.26–0.35)

Кластеризация видового состава показала, что фитопланктон Старобешевского водохранилища (точки СТ1 и СТ3) составляли отдельный кластер, в котором прослеживалось закономерное ежегодное повторение последовательности развития альгофлоры. Остальные исследуемые участки сформировали две группы кластеров, имеющие сходное расстояние (Рис. 4).

Выводы

Таким образом, наиболее разнообразный фитоценоз образовался в Старобешевском водохранилище, что обуславливалось деятельностью Старобешевской ТЭС: сброс подогретых вод в поверхностный слой водоема вызывал искусственное увеличение продолжительности летней стратификации и подавлял сезонную конвекцию кислорода и питательных веществ. Данный факт указывает на увеличение вегетационного периода (Безносков, 2004). Средний участок реки формировал переходную зону. Нижнекальмиусское водохранилище имело меньшее таксономическое разнообразие, что было связано с его морфометрическим строением. Небольшая глубина и обширные площади мелководий подвержены наиболее интенсивному влиянию антропогенного воздействия, что приводит к нарушению биопотенциала всей экосистемы.

Финансирование

Работа выполнена в рамках инициативной научной темы «Функциональная ботаника: экологический мониторинг, ресурсные технологии, фитодизайн» № 0117D000192 на кафедре ботаники и экологии ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет».

ORCID

Э.И. Мирненко  [0000-0002-3625-5326](https://orcid.org/0000-0002-3625-5326)

Список литературы

Баринова, С.С., 2006. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды. Pilies Studio, Тель-Авив, Израиль, 498 с.

Безносков, В.Н., Суздалева, А.Л., 2005. Сукцессионное развитие экосистем техногенных водоемов. *Сборник статей, посвященный 100-летию со дня рождения Н.С. Строганова «Антропогенные влияния на водные экосистемы»*. Товарищество научных изданий КМК, Москва, Россия, 120–129.

Безносков, В.Н., Горюнова, С.В., Кацман, Е.А., Кучкина, М.А., Суздалева, А.Л., 2004. Особенности эвтрофирования водоема-охладителя АЭС. *Сборник научных трудов Российского университета дружбы народов «Актуальные проблемы экологии и природопользования»*. Вып. 5. Ч. 2. РУДН, Москва, Россия, 176–186.

Бунтовский, С.Ю., 2015. История Донбасса. Донбасская Русь, Донецк, Украина, 59 с.

Голлербах, М.М., Полянский, В.И. (ред.), 1951–1960. Определитель пресноводных водорослей СССР: в 14 т. Советская наука, Москва, СССР.

Городничев, Р.М., 2019. Методы экологических исследований. Основы статистической обработки данных. Издательский дом СВФУ, Якутск, Россия, 94 с.

Догановский, А.М., Малинин, В.Н., 2004. Гидросфера Земли. Гидрометеиздат, Санкт-Петербург, Россия, 625 с.

Дудакова, Д.С., Родионова, Н.В., Протопопова, Е.В., Капустина, Л.Л., Бардинский, Д.С., 2015. Состав и динамика гидробионтов литорали бухты Петрокрепость Ладожского озера. *Труды КарНЦ РАН* 2, 53–70.

Макуха, А.О., Мирненко, Э.И., 2019. Количественные показатели фитопланктона в Нижнекальмиусском водохранилище. *Материалы VIII Международной научно-практической конференции «Среда, окружающая человека: природная, техногенная, социальная»*. Брянск, Россия, 46–50.

Мирненко, Э.И., 2018. Токсические Cyanophyta в фитопланктоне Нижнекальмиусского водохранилища. *Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки* 3–4, 162–167.

Мирненко, Э.И., 2019. Особенности эвтрофирования Нижнекальмиусского водохранилища. *Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона* 3–4, 24–30.

Мирненко, Э.И., 2021а. Антропогенная минерализация водных экосистем как фактор трансформации комплексов фитопланктона. *Материалы VI Международной научной конференции «Донецкие чтения 2021: образование, наука, инновации, культура и*

- вызовы современности». Донецк, Украина, 126–128.
- Мирненко, Э.И., 2021b. Факторы сукцессии фитопланктона Нижнекальмиусского водохранилища. Сборник научных трудов по материалам Международной научной экологической конференции, посвященной Году науки и технологий «Проблемы трансформации естественных ландшафтов в результате антропогенной деятельности и пути их решения». Краснодар, Россия, 526–527.
- Мирненко, Э.И., Комарова, А.М., 2021. Перифитон искусственных водоемов г. Донецка. Материалы X Международной научно-практической конференции «Среда, окружающая человека: природная, техногенная, социальная». Брянск, Россия, 70–72.
- Мирненко, Э.И., Макуха, А.О., 2021. Экологическое состояние прудов г. Донецка по содержанию органического вещества. Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона 1–2, 17–22.
- Одум, Ю., 1975. Общая экология. Мир, Москва, СССР, 741 с.
- Сахарова, Е.Г., 2017. Фитопланктон экотонных зон Рыбинского водохранилища. Диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук. Борок, Россия, 133 с.
- Скибенко, А.К., 2013. Путеводитель. Город на берегах Кальмиуса. Норд Пресс, Донецк, Украина, 335 с.
- Стёпкин, В.П., 2008. Полная история Донецка (1779–1991). Апекс, Донецк, Украина, 560 с.
- Фомин, Г.С., 2000. Вода. Контроль химической, бактериальной и радиационной безопасности по международным стандартам. Протектор, Москва, Россия, 838 с.
- Fott, B., 1971. Algenkunde. Auflage 2. Fischer, Jena, Germany, 581 p.

Article

Taxonomic diversity of phytoplankton of the Kalmius River and its reservoirs

Eduard I. Mirnenko 

Donetsk State University, ul. Shchorsa 46, 283050 Donetsk

eduard_mirnenko@list.ru

Abstract. The paper presents data on the taxonomic diversity of phytoplankton in the middle section of the Kalmius River and the reservoirs located on it. Floristic analysis showed the presence in the aquatic biocenosis of 291 species of algae and 162 intraspecific taxa belonging to 8 divisions, 18 classes, 42 orders, 66 families and 105 genera. The divisions Cyanophyta, Chlorophyta, and Bacillariophyta dominated in frequency of occurrence. The Shannon–Weaver index varied the most in the Starobeshevsk Reservoir. The Sorensen–Chekanovsky coefficient evidences the isolation of the phytoplankton algal flora of the Starobeshevsk Reservoir. In the Nizhnekalmius Reservoir, a regular annual repetition of the dominant types of algoflora development has been established.

Keywords: algal flora, water biocenosis, reservoirs, Donbass.