

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ВОДОХРАНИЛИЩА СЕСТРОРЕЦКИЙ РАЗЛИВ: ПРОШЛОЕ И НАСТОЯЩЕЕ

Макарова С. В.

ECOLOGICAL STATE OF THE SESTRORETSKY RAZLIV RESERVOIR: THE PAST AND THE PRESENT

Makarova S. V.

Аннотация

Водохранилище Сестрорецкий Разлив, являющееся крупнейшим искусственным водным объектом Санкт-Петербурга, имеет важное экологическое и историко-культурное значение. С 1963 по 2000 г. водоем использовался как источник питьевого водоснабжения г. Сестрорецка. В статье приведены не публиковавшиеся ранее данные по составу и количественным показателям фитопланктона, отражающие экологическое состояние озера в 1993–1998 гг. Биомасса фитопланктона в указанный период варьировала в широких пределах (1,3–65,3 мг/л), составляя в среднем за сезон 14,2–18,3 мг/л. Основную роль играли диатомовые и сине-зеленые водоросли (цианобактерии). Их соотношение в общей биомассе варьировало от года к году и зависело от гидрометеорологических условий. В июле-сентябре регулярно отмечалось «цветение» воды, обусловленное развитием цианобактерий *Aphanizomenon flos-aquae* и видов рода *Microcystis*. Концентрация хлорофилла «а» достигала 226 мкг/л. На основании полученных результатов Сестрорецкий Разлив характеризовался как высокоэвтрофный водоем; в этом статусе он находится и в настоящее время. Представленные материалы важны для оценки динамики негативных изменений экосистемы в целях разработки природоохранных мероприятий.

Ключевые слова: Сестрорецкий Разлив, экологическое состояние, фитопланктон, биомасса, видовой состав, эвтрофирование.

Введение

Водохранилище Сестрорецкий Разлив, расположенное на территории Курортного района Санкт-Петербурга, образовалось в результате строительства плотины на реке Сестре в 1723 г.

Водоем всегда имел важное хозяйственное, экологическое, рекреационное и историко-культурное значение. В период с 1963 по 2000 г. он использовался в качестве источника водоснабжения г. Сестрорецка. В настоящее время озеро является местом любительской рыбной ловли, на его берегах оборудованы пять пляжей.

Abstract

The Sestroretsky Razliv reservoir is the largest artificial water body in Saint Petersburg, having great environmental, as well as historical and cultural importance. In 1963–2000, it was used as a source of drinking water supply for the town of Sestroretsk. Data on phytoplankton abundance and species composition, characterizing the ecological state of the reservoir in 1993–1998, not published earlier, is presented in the article. During that period, the phytoplankton biomass varied in wide limits (1.3–65.3 mg/l), with seasonal mean values reaching 14.2–18.3 mg/l. The main contribution was made by diatoms and blue-greens (cyanobacteria). The ratio of those algae in the total phytoplankton biomass depended on hydrometeorological conditions and varied from year to year. Water bloom formed by *Aphanizomenon flos-aquae* cyanobacteria and *Microcystis* species was regularly noted in July–September. Concentration of chlorophyll a reached 226 µg/l. Based on the obtained results, the Sestroretsky Razliv was characterized as a highly eutrophic water body. It currently maintains the status. The submitted data is important for assessment of negative changes in the ecosystem and development of environmental measures.

Keywords: Sestroretsky Razliv, ecological state, phytoplankton, biomass, species composition, eutrophication.

В 2011 г. на территории, прилегающей к северной части водохранилища, был создан природный заказник «Сестрорецкое болото», включающий также участок акватории площадью 243 га. Основные задачи заказника — сохранение экосистемы крупнейшего болота в черте Санкт-Петербурга, мест гнездования и массовых стоянок водоплавающих и околоводных птиц на Беломоро-Балтийском миграционном пути [1].

Внимание к экологическому состоянию Сестрорецкого Разлива в прошлом было связано, прежде всего, с проблемами водоснабжения. Ре-

жимные гидрохимические наблюдения начали проводиться с момента ввода в эксплуатацию комплекса очистных сооружений городского водопровода в декабре 1962 г. Невысокое качество воды, а также отмечавшаяся тенденция его ухудшения обусловили необходимость проведения экологических исследований водоема [2].

Изучение экосистемы водохранилища впервые было осуществлено в 1980–1981 гг. институтом озероведения (ИНОЗ РАН) [3]. В период 1993–1998 гг. комплексные исследования водного объекта и его притоков (рек Сестра и Черная) велись Государственным гидрологическим институтом (ГГИ) [4, 5].

В последние годы внимание общественности стало привлекать «зарастание и заболачивание» Сестрорецкого Разлива. В 2015–2016 гг. по заказу Комитета по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности администрации Санкт-Петербурга силами специалистов ведущих научно-исследовательских учреждений города (в том числе и упомянутых выше) осуществлялось всестороннее изучение водохранилища с целью разработки рекомендаций по его оздоровлению.

Обращает на себя внимание, что в отчетах и статьях, опубликованных по результатам выполненных работ [6,7], отсутствует какое-либо упоминание об исследованиях ГГИ, проведенных ранее. Тем не менее, любые сведения, характеризующие водный объект в тот или иной временной период, чрезвычайно важны для правильной оценки изменений, происходящих в экосистеме.

В настоящей статье приводятся неопубликованные материалы по составу и количественным характеристикам фитопланктона озера Сестрорецкий Разлив, полученные автором во время работы в ГГИ, что позволяет хотя бы частично восполнить информационный пробел об экологическом состоянии водоема в 1990-х годах, а также современные данные.

Характеристика объекта исследований

Сестрорецкий Разлив является водохранилищем озерного типа. Площадь зеркала составляет 10,6 км², объем водной массы — около 15·10⁶ м³, средняя глубина — 1,6 м. Водный объект имеет треугольную форму; его длина в средней части — 4,5 км, наибольшая ширина — 4 км. В водо-

ем впадают два притока — р. Сестра и р. Черная; площадь водосборного бассейна оценивается в 566 км² [8]. Небольшие глубины способствуют развитию высшей водной растительности (тростник, камыш озерный, осока). Общая площадь заросших участков достигает 153,7 га, что составляет около 15 % акватории [9].

Сестрорецкий Разлив всегда испытывал значительную антропогенную нагрузку. Постепенная вырубка леса по берегам р. Сестры и распашка полей стали причиной размыва дюн и выноса масс песка в водохранилище. В результате его средняя глубина, которая при образовании достигала 6 м, неуклонно снижалась, и в 70-х годах уже не превышала 2 м [2]. Хозяйственное освоение водосбора и сброс неочищенных сточных вод в реки Сестра и Черная (от поселков Белоостров, Песочный, Сертолово, Черная речка) привело к существенному ухудшению экологического состояния озера вследствие развития процессов эвтрофирования и загрязнения.

В 1990-х и 2000-х годах происходила активная застройка прибрежной полосы водоема частными коттеджами. В тот же период началось строительство многочисленных садоводств и жилых комплексов на водосборной территории.

Материалы и методы

Изучение фитопланктона Сестрорецкого Разлива в 1993–1998 гг. осуществлялось в рамках комплексных наблюдений (по гидробиологическим, гидрохимическим и санитарно-микробиологическим показателям), проводившихся отделом гидроэкологических исследований ГГИ.

Пробы фитопланктона отбирались ежемесячно с июня по сентябрь; также имеются данные за май (1993, 1998 г.) и октябрь (1994, 1998 г.). Точки отбора проб располагались вблизи устьев рек Сестра и Черная, центральной и южной частях водохранилища, а в 1997 и 1998 г. — и в районе водозабора Сестрорецкой водопроводной станции (табл. 1).

Количественные пробы фитопланктона объемом 0,5–1 л фиксировали раствором Люголя и концентрировали седиментационным методом. Водоросли подсчитывали в камере Нажотта объемом 0,02 мл под микроскопом Jenaval (Karl Zeiss Jena). Биомассу рассчитывали общепринятым методом геометрического подобия. Всего было собрано и обработано 50 проб фитопланктона.

Таблица 1
Расположение точек отбора проб фитопланктона в водохранилище Сестрорецкий Разлив

№ станции	Местоположение	Годы				
		1993	1994	1995	1997	1998
1	район устья р. Сестра	+	–	+	+	–
2	район устья р. Черная	+	+	+	+	–
3	центральная часть	+	–	+	+	+
4	южная часть	+	+	–	–	–
5	водозабор	–	–	–	+	+

Содержание хлорофилла «а» определяли спектрофотометрическим методом в ацетоновых экстрактах [10].

В 2015–2016 гг. пробы фитопланктона отбирались в районах пляжей «Северный» и «Офицерский».

Результаты и обсуждение

В состав фитопланктона Сестрорецкого Разлива в период 1993–1998 гг. входили водоросли, относящиеся к 7 отделам: синезеленые (цианобактерии) (*Cyanophyta/Cyanobacteria*), криптофитовые (*Cryptophyta*), динофитовые (*Dinophyta*), золотистые (*Chrysophyta*), диатомовые (*Bacillariophyta*), эвгленовые (*Euglenophyta*) и зеленые (*Chlorophyta*).

Весенний фитопланктон был представлен преимущественно диатомовыми водорослями. Доминирующими видами являлись *Aulacoseira islandica* (O. Müll.) Sim., *A. ambigua* (Grün.) Sim., *A. granulata* (Ehr.) Sim., *A. granulata* var. *angustissima* O. Müll., *Melosira varians* Ag. Уже в мае в пробах единично отмечались цианобактерии *Microcystis wesenbergii* Kom. и *Aphanizomenon flos-aquae* (L.) Ralfs. Биомасса планктонных водорослей изменялась по акватории от 6,9 до 22,4 мг/л.

В летне-осенний период основной вклад в биомассу и численность фитопланктона вносили диатомовые водоросли (*A. granulata*, *A. ambigua*, *M. varians*) и цианобактерии *Aphanizomenon flos-aquae*, *Microcystis wesenbergii* Kom., *M. aeruginosa* Kütz. emend. Elenk., *M. viridis* (A. Br.) Lemm., *Anabaena spiroides* Kleb., *A. circinalis* Rabenh., *Woronichinia naegeliana* (Ung.) Elenk. Наиболее разнообразно в летние месяцы были представле-

ны зеленые водоросли, относящиеся к порядку *Chlorococcales*.

В разные годы в число доминирующих видов входили также цианобактерия *Planktothrix agardhii* (Gom.) Anagn. et Kom., зеленая водоросль *Closterium pronum* Breb. (1993 г.), диатомовая *Skeletonema subsalsum* (A. Cl.) Bethge. (1994 г.), динофитовая *Ceratium hirundinella* (O. F. M.) Bergh. (1997 г.).

С июля по сентябрь в озере регулярно отмечалось «цветение» воды, обусловленное вегетацией *Aphanizomenon flos-aquae* и видами рода *Microcystis*.

В целом, в водохранилище Сестрорецкий Разлив развивался комплекс видов, характерных для эвтрофных вод.

Летне-осенняя биомасса планктонных водорослей в период исследований варьировала в широких пределах (табл. 2). Наибольшие значения были зафиксированы в сентябре 1993 г. и августе 1997 г. — соответственно 65,3 и 56,8 мг/л во время «цветения» воды цианобактериями. Средние величины биомассы составили 14,1–18,3 мг/л.

Количественное соотношение основных систематических групп фитопланктона в летние месяцы (июль-август) существенно менялось от года к году (рис. 1).

В 1993 и 1995 гг. основная роль принадлежала цианобактериям, составлявшим в среднем 76,4 и 71 % биомассы соответственно. В 1994 и 1997 гг. их вклад был намного ниже — 32 и 43 %, а 1998 г. отличался абсолютным доминированием диатомовых водорослей (95 %), при этом доля цианобактерий снизилась до 3 %.

По всей вероятности, межгодовая изменчивость показателей была связана с гидрометеорологическими условиями. Как количественные,

Таблица 2
Биомасса фитопланктона водохранилища Сестрорецкий Разлив (июль-сентябрь)

Год	Биомасса, мг/л	
	Диапазон значений	В среднем
1993	2,9–65,3	18,3
1994	10,5–19,7*	–
1995	12,2–18,1	14,2
1997	1,3–56,8	15,2
1998	12,1–19,3	14,1

* Данные за июль.

так и качественные характеристики фитопланктона Сестрорецкого Разлива во многом зависели от температуры воды, ветровой деятельности и водности года, что подтверждается и нашими современными данными.

Так в районе устья р. Сестры в августе 2015 г. при температуре воды 23,9 °С биомасса фитопланктона составляла 31,8 мг/л (цианобактерии — 28,3 %, диатомовые — 70 %). В августе 2016 г. в том же районе при температуре воды 17,5 °С биомасса была существенно ниже — 7,9 мг/л, при этом на цианобактерии приходилось всего 4 %, а на диатомовые — 92 % биомассы, что практически повторяло ситуацию 1998 г. Как известно, лето 2016 г. было аномальным по количеству выпавших атмосферных осадков, что привело к увеличению расходов водотоков и, по всей видимости, к изменению гидрологических условий в водохранилище (по крайней мере, в его северной части, куда впадают реки Сестра и Черная). Известно, что повышение проточности и более интенсивное перемешивание водных масс тормозят развитие цианобактерий, но не препятствуют росту диатомовых водорослей.

Активная вегетация планктонных водорослей в Сестрорецком Разливе продолжалась и в октябре. Доминирующая роль в осеннем фитопланктоне принадлежала диатомовым (в основном *A. islandica*). В 1994 г. в заметных количествах присутствовали также цианобактерии

(*W.naegeliana*, *P. agardhii*); биомасса в южной части водохранилища составила 10,8 мг/л. В октябре 1998 г. цианобактерии отмечены не были; биомасса (в районе водозабора) достигала 14,6 мг/л.

Как уже отмечалось, внимание к экологическому состоянию водохранилища Сестрорецкий Разлив первоначально было связано с вопросами водоснабжения.

Уже в период 60–70-х гг. качество воды было невысоким: цветность, обусловленная присутствием гуминовых веществ, доходила до 141–169 град., максимальные значения окисляемости — до 19,8–26,7 мгО₂/л; в летние месяцы отмечался запах интенсивностью до трех баллов. В 1970-е годы наблюдалось дальнейшее ухудшение качества воды в озере. Мощные и длительные «цветения» создавали механические помехи при водозаборе, а также приводили к появлению различных запахов интенсивностью до 5 баллов, удалить которые удавалось далеко не всегда. В июле 1985 г. и августе 1990 г. из-за сильного запаха, напоминающего гексахлоран, вода после очистки на контактных осветлителях в городскую сеть не поступала, а сбрасывалась в канализацию. В 1996 г. встал вопрос об ограничении использования Сестрорецкого Разлива для нужд водоснабжения. К этому времени цветность воды стала достигать 138–210 град., мутность — 15–28 мг/л, коли-индекс — $2,4 \cdot 10^5$ [2].

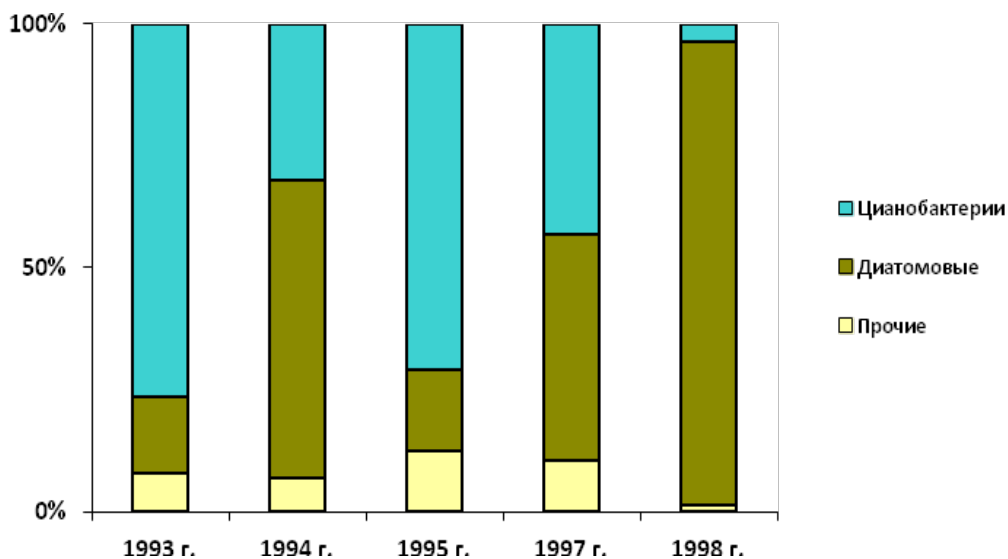


Рис. 1. Доля основных систематических групп в общей биомассе фитопланктона Сестрорецкого Разлива (в среднем за июль-август)

Количественные характеристики фитопланктона и концентрация хлорофилла «а» в районе водозабора Сестрорецкой водопроводной станции по результатам исследований 1997–1998 гг. приведены в табл. 3.

В 1997 г. биомасса планктонных водорослей изменялась в широком диапазоне — от 1,3 до 20,9 мг/л, основной вклад в биомассу (как и на остальной акватории озера) вносили диатомовые водоросли, и лишь в июле в период «цветения» воды доминировали цианобактерии (98 % от общей биомассы). Биомасса в среднем за период июнь–сентябрь составила 12,0 мг/л.

В 1998 г. в течение всего вегетационного сезона, характеризовавшегося более низкими по сравнению с предыдущим годом температурами, преобладали диатомовые водоросли (93,7–98,5 %). «Цветения» воды отмечено не было, а вклад цианобактерий не превышал 5,6 %. Биомасса фитопланктона варьировала от 10,1 до 19,3 мг/л, то есть гораздо менее существенно по сравнению с 1997 г. Среднее значение биомассы равнялось 16,2 мг/л.

Как видовой состав фитопланктона, так и его биомасса в районе водозабора практически не отличались от таковых в других районах озера.

Среднесезонные значения концентрации хлорофилла «а» в 1997 и 1998 гг. составили, соответственно, 51,2 и 49,8 мкг/л. На остальной части акватории Сестрорецкого Разлива концентрация фотосинтетических пигментов в 1997 г. изменялась в пределах 13,1–226,0 мкг/л. Максимальное значение было зарегистрировано в центральной части водоема в августе в момент «цветения» воды.

С сентября 1999 г. Сестрорецкая водопроводная станция была переведена в режим «горячего резерва», то есть включалась в работу только при аварийных ситуациях на водоводе, подающем невскую воду из Петербурга. В 2001 году управление Роспотребнадзора запретило использовать Сестрорецкий Разлив в качестве источника водоснабжения [2].

Результаты исследований, проведенных в период 1993–1998 гг. свидетельствовали о значительных изменениях количественных характеристик фитопланктона, произошедших с начала 1980-х годов. Если в 1980 г. средняя за вегетационный сезон биомасса составляла 5,7 мг/л [3], то в 1990-х ее значения выросли в 3 раза. Среднесезонная концентрация хлорофилла «а» возросла более чем в 4 раза — с 14 мкг/л [3] до 66 мкг/л в 1997 г. Таким образом, за десятилетний период водоем из мезотрофного перешел в статус высокоэвтрофного.

Развитие процессов эвтрофирования Сестрорецкого Разлива было связано главным образом с ростом биогенной нагрузки, поступавшей со стоком рек Сестры и Черной. Если в 1980 г. нагрузка фосфора на водоем оценивалась в 2,2 г/м²·год [3], то в 1990-х годах она увеличилось до 3,0–3,6 г/м²·год, что в 6–7 раз превысило допустимые значения (0,52 г/м²·год). Избыток фосфора, привносимого в водохранилище, ежегодно составлял от 30 до 50 т в зависимости от водности года [5].

По данным ИНОЗ РАН фосфорная нагрузка в 2002 г. достигла 4,5 г/м² в год; на этом фоне среднесезонная биомасса фитопланктона составила 45 мг/л. Резкий скачок биомассы по срав-

Таблица 3

Биомасса фитопланктона и концентрация хлорофилла «а» в районе водозабора Сестрорецкой водопроводной станции

Месяц	Биомасса, мг/л		Доля цианобактерий, %		Хлорофилл «а», мкг/л	
	1997 г.	1998 г.	1997 г.	1998 г.	1997 г.	1998 г.
Май	-	10,1	-	1,8	-	42,4
Июнь	1,3	16,2	1,3	1,8	15,6	51,5
Июль	16,4	14,7	98,1	2,0	68,1	53,0
Август	20,9	19,3	11,3	3,8	83,7	66,4
Сентябрь	9,4	14,5	20,5	5,6	37,4	28,1
Октябрь	-	14,6	-	0,0	-	35,3
В среднем за июнь–сентябрь	12,0	16,2	32,8	3,3	51,2	49,8

нению с предыдущим периодом мог быть обусловлен также гидрометеорологическими факторами — высокими температурами воды и низкой водностью года [11].

Динамика среднесезонной биомассы фитопланктона и биогенной нагрузки в период 1980–2002 гг. приведена на рис. 2.

Основной причиной неблагоприятного экологического состояния Сестрорецкого Разлива являлся сброс неочищенных сточных вод в его притоки — р. Сестра и р. Черная. До недавнего времени ежесуточный объем стоков по данным ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» составлял 13,1 тыс. м³ (или 4,8 млн м³ в год). Большая их часть поступала через р. Черную от поселков Сертолово, Сертолово-2 и Черная речка — почти 11,5 тыс. м³ в сутки. В 2012 г. был проведен ряд мероприятий, направленных на прекращение сброса: строительство ГКНС «Сертолово» и канализационного коллектора пос. Песочный – Новоселки – Северная станция аэрации. В результате поступление сточных вод в озеро должно было сократиться на 58,8 % [12].

Однако при обследовании водоохранных зон Сестрорецкого Разлива и водотоков в 2015–2016 гг. были выявлены места выпуска неочищенных сточных вод (в том числе несанкцио-

нированные) с частных территорий, садоводств и упомянутых выше поселков. Максимальное содержание загрязняющих веществ было обнаружено в сточных водах пос. Черная Речка, сбрасывающихся на рельеф (так как очистные сооружения не функционируют); ручье Сертоловском (приток р. Черной), куда продолжают поступать неочищенные сточные воды от промзоны Сертолово и прудах-отстойниках ливневых вод ЗСД, находящихся в непосредственной близости к р. Черной. Сточные воды поселков Белоостров, Черная Речка и воды ручья Сертоловский являются, кроме того, наиболее опасными в эпидемиологическом отношении — в них обнаружены сальмонеллы группы В и С [8].

Эвтрофированию и загрязнению Сестрорецкого Разлива способствуют также морфометрические и гидрологические факторы — малая глубина и низкая проточность. Численное моделирование полей течений, выполненное специалистами ГГИ в 1990-х годах, показало, что слабые стоковые или стоково-ветровые течения наблюдаются только в северной половине водоема. В южной его части в безветренную погоду формируется застойная зона, а при усилении ветра отмечается слабая циклональная циркуляция

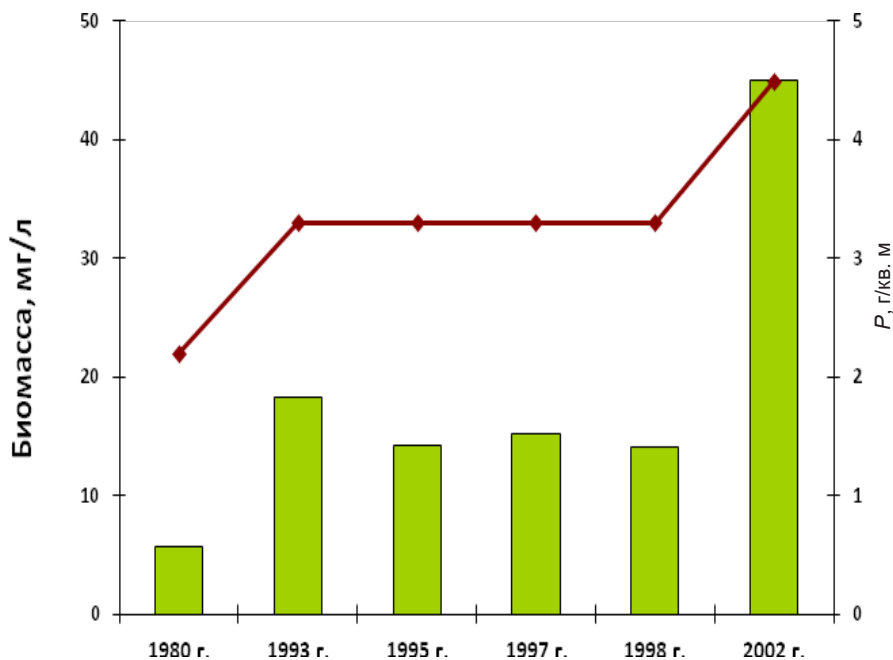


Рис. 2. Межгодовая динамика биомассы фитопланктона (столбики) и нагрузки по фосфору (линия). За 1980 и 2002 г. — данные ИНОЗ РАН [3, 11]

водных масс, что и приводит к накоплению в озере биогенов и загрязняющих веществ [4].

В 1990-х годах наиболее характерными загрязняющими веществами данной водной системы являлись тяжелые металлы (ртуть, хром, никель, цинк, олово, медь, марганец), нефтяные углеводороды (НУВ), хлорорганические пестициды (ХОП) [4]. Об опасном уровне химического загрязнения водной среды свидетельствовало обнаружение опухолеподобных образований на теле планктонных ракообразных [4, 5]. В настоящее время перечень загрязняющих веществ несколько изменился: в нем отсутствуют олово, никель, хром и ХОП, но добавилось железо [8].

Заключение

Водохранилище Сестрорецкий Разлив продолжает испытывать существенную антропогенную нагрузку и характеризуется как высокоэвтрофный водоем. Несмотря на то что озеро больше не используется как источник водоснабжения, качество воды продолжает оставаться серьезной проблемой.

Виды цианобактерий, массово развивающиеся в Сестрорецком Разливе (прежде всего относящиеся к роду *Microcystis*), являются потенциально токсичными, то есть способны синтезировать специфические вещества (цианотоксины), опасные для здоровья человека и животных. В организм цианотоксины могут поступать с питьевой водой, в результате случайного заглатывания клеток водорослей при купании, а также при употреблении в пищу рыбы, выловленной в «цветущей» воде.

По данным Центра экологической безопасности (НИЦЭБ РАН) в озере постоянно определяются различные формы микроцистинов — токсинов, которые могут вызывать тяжелые поражения печени. В июле 2014 г. концентрация микроцистинов достигала высоких значений — 8,2 мкг/л, что представляло вполне реальную опасность для здоровья отдыхающих [13]. В связи с этим нужно информировать население о возможных негативных последствиях контакта с «цветущей» водой, устанавливая информационные щиты на пляжах, как это делается за рубежом.

Кроме того, необходимо более продуманно подходить к организации мест отдыха населения. Крайне неудачным следует признать расположение пляжа «Северный», который нахо-

дится в северо-западном «углу» водохранилища в непосредственной близости к оживленному Приморскому шоссе и кварталам городской застройки. Полузамкнутая акватория способствует формированию благоприятных условий для развития цианобактерий и накоплению загрязняющих веществ, поступающих с прилегающих территорий. Здесь зафиксировано самое высокое по сравнению с другими пляжами микробиологическое загрязнение воды; нормативы по колифагам, термотолерантным (ТКБ) и общим колиформным бактериям (ОКБ) превышались в десятки и сотни раз [14].

На основании результатов исследований 2015–2016 гг. были сформулированы рекомендации по улучшению экологического состояния озера Сестрорецкий Разлив. В частности, предлагается установить постоянные автоматизированные гидрологические посты в устьях рек Сестра и Черная для оценки поступления биогенов и загрязняющих веществ в водоем [15]. Однако, принимая во внимание серьезность экологических проблем, а также ценность и значимость данного водного объекта, целесообразно организовать регулярные комплексные наблюдения (мониторинг) и в самом водохранилище. Исследования в форме спонтанных «набегов» с интервалом в пятнадцать-двадцать лет не позволяют достоверно оценить картину изменений, происходящих в экосистеме, особенно в условиях повышенной изменчивости гидрометеорологического режима, отмечающейся в настоящее время.

Литература

1. Правительство Санкт-Петербурга (2011). Постановление № 169 от 15.02.2011 «Об образовании государственного природного заказника регионального значения «Сестрорецкое болото».
2. Дмитриев, В. Д. (2008). Водоснабжение и водоотведение населенных пунктов Курортного района. СПб.: Новый журнал, 244 с.
3. Стравинская, Е. А. (ред.) (1984). Сохранение природной экосистемы водоема в урбанизированном ландшафте. Л.: Наука, 144 с.
4. Силина, Н. И., Макарова, С. В., Варфоломеева, И. Н., Литова, Т. Э., Березовская, И. Н., Гронская, Т. П. и Максимов, А. А. (1996). Современное экологическое состояние Сестрорецкого Разлива. В: Международное совещание «Проблемы гидробиологии континентальных вод и их малакофауна». СПб: ЗИН РАН, сс. 50–51.
5. Вуглинский, В. С., Гронская, Т. П., Силина, Н. И., Варфоломеева, И. Н. и Макарова, С. В. (1998). Экологичес-

кое состояние внутренних водоемов Санкт-Петербурга. Разведка и охрана недр, № 7–8, сс. 44–46.

6. Григорьев, И. А. и Серебрицкий, И. А. (ред.) (2017). Результаты комплексного экологического обследования озера Сестрорецкий Разлив. В: Охрана окружающей среды, природопользование и обеспечение экологической безопасности в Санкт-Петербурге в 2016 году. СПб.: ООО «Сезам-Принт», сс. 76–100.

7. Серебрицкий, И. А. (ред.) (2017). Тема номера: Сестрорецкий Разлив. Окружающая среда Санкт-Петербурга, № 2 (4), сс. 8–64.

8. Алексеев, Л. П., Задонская, О. В., Дворников, В. Г. и Дубровская, К. А. (2017). Экологическое состояние водохранимых зон Сестрорецкого Разлива и его притоков. Окружающая среда Санкт-Петербурга, № 2 (4), сс. 33–39.

9. Распопов, И. М. (2010). Высшая водная растительность водохранилища Сестрорецкий Разлив в Курортном районе г. Санкт-Петербурга. Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии, т. 19, № 3, сс. 133–139.

10. Абакумов, В. А. (ред.) (1983). Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений. Л.: Гидрометеиздат, 239 с.

11. Трифонова И. С., Павлова О. А., Афанасьева А. Л. и Станиславская Е. В. (2015). Летний фитопланктон водохранилища Сестрорецкий Разлив по многолетним наблюдениям. Известия Самарского научного центра Российской академии наук, т. 17, № 5 (2), сс. 522–526.

12. ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» (2012). Пресс-релиз. [online] Доступно по ссылке: www.vodokanal.spb.ru/files/press_reliz/postuplenie_neochiwennyh_stochnyh_vod.doc [дата обращения: 03.12.2018].

13. Воякина, Е. Ю., Чернова, Е. Н., Русских, Я. В. и Жакковская, З. А. (2015). Сезонная динамика цианобактерий и их метаболитов в эвтрофных водоемах г. Санкт-Петербурга. В: Международная конференция «Актуальные проблемы планктонологии». Калининград: Изд. КГТУ, сс. 37–38.

14. Невско-Ладожское бассейновое водное управление (2015). Схема комплексного использования и охраны водных объектов (СКИОВО). Книга 2. Оценка экологического состояния и ключевые проблемы бассейнов рек и озер бассейна Финского залива (от границы Российской Федерации с Финляндией до северной границы бассейна реки Невы). [online] Доступно по ссылке: http://www.nord-west-water.ru/upload/skiovo/fz_136/skiovo_fz_136_book_2.pdf [дата обращения: 03.12.2018].

15. Герасимов, А. В., Голубков, С. М., Задонская, О. В., Педченко, А. П., Поздняков, Ш. Р., Решетов, В. В., Рябчук, Д. В. и Филиппов, Н. Б. (2017). Рекомендации по экологическому оздоровлению озера Сестрорецкий Разлив. Окружающая среда Санкт-Петербурга, № 2 (4), сс. 62–64.

References

1. Government of Saint Petersburg (2011). Postanovleniye No. 169 ot 15.02.2011 *Ob obrazovanii gosudarstvennogo prirodnogo zakaznika regionalnogo znacheniya "Sestroretskoye boloto"* [Resolution No. 169 dd. 15.02.2011 Concerning establishment of the state natural reserve of regional significance "Sestroretsk Swamp"] (in Russian).

2. Dmitriev, V. D. (2008). *Vodospabzheniye i vodootvedeniye naseleennykh punktov Kurortnogo rayona* [Water supply and

wastewater disposal in settlements of Kurortny District]. Saint Petersburg: Novyj Zhurnal, 244 p. (in Russian).

3. Stravinskaya, Ye. A. (ed.) (1984). *Sokhraneniye ekosistemy vodoema v urbanizirovannom landshafte* [Preservation of a natural ecosystem of a reservoir in the urbanized landscape]. Leningrad: Nauka, 144 p. (in Russian).

4. Silina, N. I., Makarova, S. V., Varfolomeyeva, I. N., Litova, T. E., Berezovskaya, I. N., Gronskaya, T. P., Maksimov, A. A. (1996). *Sovremennoye ekologicheskoye sostoyaniye Sestroretskogo Razliva* [Current ecological state of the Sestroretsky Razliv]. In: *Mezhdunarodnoe soveshhanie "Problemy gidrobiologii kontinental'nykh vod i ikh malakofauna"* [International Conference "Problems of Hydrobiology of Continental Waters and Their Malacofauna"]. Saint Petersburg: Zoological Institute of the Russian Academy of Sciences, pp. 50–51 (in Russian).

5. Vuglinsky, V. S., Gronskaya, T. P., Silina, N. I., Varfolomeeva, I. N., Makarova, S. V. (1998). *Ekologicheskoye sostoyaniye vnutrennykh vodoyemov Sankt-Peterburga* [Ecological state of Saint Petersburg inland reservoirs]. *Prospect and Protection of Mineral Resources*, No. 7–8, pp. 44–46 (in Russian).

6. Grigoryev, I. A., Serebritsky, I. A. (ed.) (2017). *Rezultaty kompleksnogo ekologicheskogo obsledovaniya ozera Sestroretsky Razliv* [Results of an integrated environmental investigation of Sestroretsky Razliv Lake]. In: *Okhrana okruzhayushchey sredy, prirodopolzovaniye i obespecheniye ekologicheskoy bezopasnosti v Sankt-Peterburge v 2016 godu* [Environmental protection, natural resource management and assurance of environmental safety in Saint Petersburg in 2016]. Saint Petersburg: Sezam-Print, pp. 76–100 (in Russian).

7. Serebritsky, I. A. (ed.) (2017). *Issue topic: Sestroretsky Razliv. Okruzhayushhaya sreda Sankt-Peterburga*, No. 2 (4), pp. 8–64 (in Russian).

8. Alekseyev, L. P., Zadonskaya, O. V., Dvornikov, V. G., Dubrovskaya, K. A. (2017). *Ekologicheskoye sostoyaniye vodokhrannykh zon Sestroretskogo Razliva i ego pritokov* [Ecological state of water protection zones of Sestroretsky Razliv and its tributaries]. *Okruzhayushhaya sreda Sankt-Peterburga*, No. 2 (4), pp. 33–39 (in Russian).

9. Raspopov, I. M. (2010). *Vysshaya vodnaya rastitel'nost vodokhranilishcha Sestroretsky Razliv v Kurortnom rayone g. Sankt-Peterburga* [High aquatic vegetation of the Sestroretsky Razliv reservoir in Kurortny District of Saint Petersburg]. *Samarskaya Luka: problemy regionalnoy i globalnoy ekologii*, vol. 19, No. 3, pp. 133–139 (in Russian).

10. Abakumov, V. A. (ed.) (1983). *Rukovodstvo po metodam gidrobiologicheskogo analiza poverkhnostnykh vod i donnykh otlozheniy* [Guide to methods of the hydrobiological analysis of surface waters and bottom sediments]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 239 p. (in Russian).

11. Trifonova, I. S., Pavlova, O. A., Afanasyeva, A. L., Stanislavskaya, Ye. V. (2015). *Letniy fitoplankton vodokhranilishcha Sestroretsky Razliv po mnogoletnim nablyudeniyam* [Summer phytoplankton of Sestroretskiy Razliv on long-term observations]. *Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*, vol. 17, No. 5 (2), pp. 522–526 (in Russian).

12. State Unitary Enterprise "Vodokanal of Saint Petersburg" (2012). Press-release. Available at: www.vodokanal.spb.ru/files/

press_reliz/postuplenie_neochiwennyh_stochnyh_vod.doc (in Russian).

13. Voyakina, Ye. Yu., Chernova Ye. N., Russkikh, Ya. V., Zhakovskaya, Z. A. (2015). *Sezonnaya dinamika tsianobakteriy i ikh metabolitov v evtrofnykh vodoyomakh g. Sankt-Peterburga* [Seasonal dynamics of cyanobacteria and their metabolites in eutrophic water bodies of Saint Petersburg]. In: *Mezhdunarodnaya konferentsiya "Aktualnye problemy planktonologii"* [International Conference "Topical Issues of Planktology"]. Kaliningrad: Publishing Office of the Kaliningrad State Technical University, pp. 37–38 (in Russian).

14. Neva–Ladoga Basin Water Management Department (2015). *Skhema kompleksnogo ispolzovaniya i okhrany vodnykh obyektov (SKIOVO). Kniga 2. Otsenka ekologicheskogo sostoyaniya i klyuchevye problemy basseynov rek i ozyor basseyna Finskogo zaliva (ot granitsy Rossiyskoy Federatsii s Finlyandiei do severnoy granitsy basseyna reki Neva)* [Plan of multi-purpose utilization and protection of water bodies. Book 2. Assessment of the ecological state and key issues of river and lake basins of the Gulf of Finland basin (from the border between Russia and Finland to the northern border of the Neva River basin)]. Available at: http://www.nord-west-water.ru/upload/skiovo/fz_136/skiovo_fz_136_book_2.pdf (in Russian).

15. Gerasimov, A. V., Golubkov, S. M., Zadonskaya, O. V., Pedchenko, A. P., Pozdnyakov, Sh. R., Reshetov, V. V., Ryabchuk, D. V., Filippov, N. B. (2017). Rekomendatsii po ekologicheskomu ozdorovleniyu ozera Sestroretsky Razliv [Recommendations for environmental improvement of the Sestroretsky Razliv Lake]. *Okruzhajushhaja sreda Sankt-Peterburga*, No. 2 (4), pp. 62–64 (in Russian).

Автор

Макарова Светлана Витальевна, канд. биол. наук, доцент

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, Санкт-Петербург, Россия

E-mail: s.v.makarius@mail.ru

Author

Makarova Svetlana Vitalievna, Ph. D. in Biology, Associate Professor

Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, St. Petersburg, Russia

E-mail: s.v.makarius@mail.ru