

ФИТОПЛАНКТОН ОЗЕРА КИСЛО-СЛАДКОЕ, ЧАСТИЧНО ИЗОЛИРОВАННОГО ОТ БЕЛОГО МОРЯ, В МАЕ 2019 Г.

Д.А. Иванова*, И.Г. Радченко*, Д.А. Воронов**, Е.Д. Краснова*

*МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва, da.ivanova99@yandex.ru

**МГУ им. М.В. Ломоносова и ИППИ РАН, г. Москва, da_voronov@mail.ru

PHYTOPLANKTON OF THE KISLO-SLADKOE LAKE PARTIALLY SEPARATED FROM THE WHITE SEA IN MAY 2019

D.A. Ivanova*, I.G. Radchenko*, D.A. Voronov**, E.D. Krasnova*

*Moscow State University of M.V. Lomonosov, Moscow

**Moscow State University of M.V. Lomonosov and Institute for Information Transmission
Problems of RAS, Moscow

Аннотация. Исследована структура фитопланктона в солёном озере Кисло-Сладкое (Карельский берег Белого моря), частично отделившемся от Белого моря, в мае 2019 г. после промывки водоёма морской водой поздней осенью 2018 г. Исследование выполнено после схода ледового покрова. Отмечено начало стратификации водного столба за счёт опреснения поверхностного слоя. Суммарная биомасса фитопланктона варьировала с глубиной от 0,46 до 2,29 г С/м³. Доминировала по биомассе диатомовая водоросль *Chaetoceros invisibilis*, составляя 83-99% от суммарной биомассы фитопланктона.

Ключевые слова: фитопланктон, отделяющиеся от моря солёные озера, стратификация, *Chaetoceros invisibilis*.

Введение

Кисло-Сладкое озеро является одним из меромиктических водоёмов, обнаруженных в окрестностях Беломорской биологической станции им. Н.А. Перцова (66°32'54"N, 33°08'05"E). Раньше оно было морским заливом, имеющим более глубокую центральную часть и отмели по краям, поэтому по мере постгляциального поднятия суши залив стал отделяться от Белого моря. Сейчас это частично изолированный водный объект, то есть заплески беломорской воды происходят только в сизигию [3]. Опреснение поверхностного слоя происходит за счёт таяния льда, солёность которого меньше, чем солёность морской воды, и талых вод с водосбора, некоторый вклад вносит ручей, впадающий в Кисло-Сладкое озеро. Разница в солёности и, следовательно, в плотности воды по вертикали делает невозможным перемешивание водной толщи в летний сезон. Поздней осенью или в начале зимы иногда случается заброс большого количества холодной морской воды, что приводит к промывке водоёма. За последние 10 лет в озере наблюдалась двухгодичная квазицикличность с сохранением стратификации на протяжении двух лет и промывкой раз в два года. Изоляция и специфические гидрологические условия приводят к развитию биоты, отличной от беломорской. Исследования сукцессии фитопланктона в частично изолированных от Белого моря озёрах ранее не проводились. Настоящая работа является продолжением исследования динамики фитопланктона после последней промывки зимой 2018/19 гг. и представляет результаты по структуре фитопланктона после схода ледового покрова 25 мая 2019 г.

Материалы и методы

Для исследования фитопланктона отбирали пробы воды объёмом около 2 л с горизонтов 0,5, 1,5, 2,5, 3,5, 4,0 и 4,3 м (придонный) с помощью погружного насоса Whale Premium Submersible Pump GP1352 (США) и фиксировали формалином с конечной концентрацией 2%. Одновременно на разной глубине измеряли температуру и солёность (кондуктометром YSI Pro), содержание растворённого в воде кислорода (оксиметром YSI Pro ODO) и освещённость (бытовым люксметром AR813A, модифицированным для погружения под воду).

Пробы концентрировали методом обратной фильтрации (диаметр пор 2 мкм). Все пробы просчитывали под микроскопом МИКМЕД-1 (ЛОМО, Россия) при увеличении $\times 300$ и с водной иммерсией при увеличении $\times 600$ в камере Нажотта (объём 0,05 мл). Просчитывали по 3 камеры для каждой пробы. Водоросли по возможности определяли до рода или вида. Для верификации видовой принадлежности диатомовые водоросли просматривали под электронным микроскопом (CAM-Scan). Расчёт биомассы в единицах углерода проводили по объёмам клеток, используя зависимости [7].

Результаты

Вертикальные профили физико-химических параметров.

Температура воды с глубиной снижалась равномерно от $10,8^{\circ}$ до $2,6^{\circ}\text{C}$ (рис. 1). Верхний метровый слой озера был опреснён до 8,4 -17,3‰, а, начиная с глубины 1,5 м до 4,3 м вблизи дна, солёность составляла 29,5-29,6‰ и превышала значение солёности в море примерно на 3,6‰. Содержание растворённого кислорода варьировало от 11,1 до 26,0 мг/л с максимальными значениями на глубинах 1,5-3,0 м, где насыщение кислородом составляло от 181% до 223%. Освещённость с глубиной уменьшалась от 16000 лкс у поверхности до 150 лкс в придонном горизонте 4,3 м.

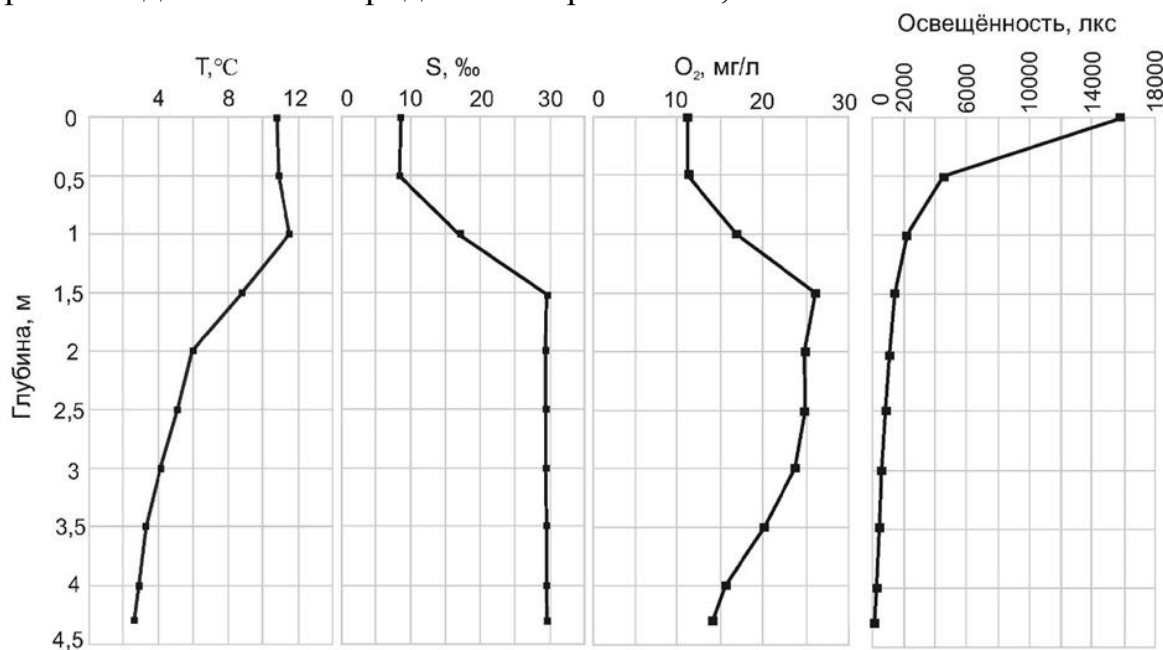


Рис. 1. Физико-химические параметры на разной глубине оз. Кисло-Сладкое 25 мая 2019 г.

Качественный и количественный состав фитопланктона. В ходе исследования 18 таксонов водорослей были определены до рода и вида и принадлежали следующим таксономическим группам: Bacillariophyta (8), Dinophyta (4), Cyanobacteria (5) и Ebrriidae (1). Из них только цианобактерии были представлены пресноводными формами, остальные – морскими. Часть коккоидных и жгутиковых водорослей была не идентифицирована, но просчитана, однако её вклад в суммарное обилие был незначительным.

Суммарная биомасса фитопланктона варьировала от 463-706 мг С/м³ на горизонтах 0,5-1,5 м до 1,75-2,29 г С/м³ на 2,5-4,3 м (рис. 2). Максимум биомассы наблюдался на горизонте 2,5 м. Доминировала на всех горизонтах морская планктонная одиночная диатомовая водоросль *Chaetoceros invisibilis*, составляя 83-99% от суммарной биомассы водорослей.

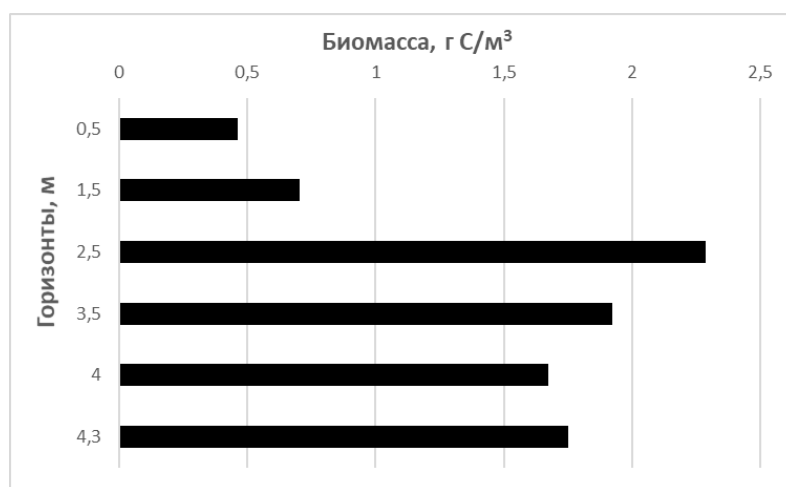


Рис. 2. Суммарная биомасса фитопланктона на разных горизонтах оз. Кисло-Сладкое 25 мая 2019 г.

Обсуждение

В мае 2019 г. в озере Кисло-Сладкое установилась стратификация водного столба, вызванная опреснением поверхностного слоя. Поступление пресной воды в озеро происходило за счёт таяния льда, талых вод и впадающего ручья. При этом фитопланктон был представлен большей частью морскими формами. Основу суммарной биомассы фитопланктона во всей толще воды составляла морская водоросль *C. invisibilis*, достигавшая высокого обилия даже в опреснённом слое. Высокое обилие водоросли способствовало обогащению водной толщи кислородом. Исследований по весеннему фитопланктону Белого моря немного. Полученные нами значения суммарной биомассы фитопланктона соответствуют весеннему цветению [2]. Вид *C. invisibilis* описан недавно [5] и был обнаружен только в Белом и Карском морях [4, 6]. В Белом море встречался в губе Чула Кандалакшского залива в апреле-мае при температуре воды 3-5 (9)°С и ниже и солёности 25-27 (32)‰ [1]. Высокая биомасса данного вида в озере Кисло-Сладкое в мае 2019 г. является результатом отсутствия лимитирования ресурсами: освещённостью и, вероятно, биогенными элементами. Максимум биомассы *C. invisibilis* приходился на более глубокие слои (начиная с 2,5 м), где солёность воды составляла 29,5-

29,6‰, а температура – 2,6-4,5°C. Эти физико-химические параметры воды, по-видимому, были оптимальными для данного вида, следовательно, границы солёности и температуры, при которых может расти *C. invisibilis* шире описанных ранее. Есть вероятность, что *C. invisibilis* более широко распространён в Белом море, однако из-за мелких размеров не замечается исследователями при просмотре в световом микроскопе. При работе со световым микроскопом для обнаружения *C. invisibilis* лучше пользоваться объективом с водной иммерсией при увеличении х600, а для адекватного подсчёта вода в счётной камере должна отстояться, поскольку водоросль оседает очень медленно.

Вывод

Таким образом, в Кисло-Сладком озере после схода ледового покрова в мае 2019 г. установилась стратификация водного столба с опреснённым верхним слоем. Однако фитопланктон в озере был представлен в основном морскими формами со значительным преобладанием редко встречаемой в Белом море водоросли *C. invisibilis*, что соответствует началу изоляционной стадии сукцессии в озере.

Благодарности

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 19-05-00377).

Литература

- [1] Диатомовые водоросли России и сопредельных стран: ископаемые и современные. Т II, вып. 4 / ред. Н.И. Стрельникова. – СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2006. – 180 с.
- [2] *Кокин К.А., Кольцова Т.И., Хлебович Т.В.* Состав и динамика фитопланктона Карельского побережья Белого моря // Ботанический журн. – 1970. – Т. 55, № 4. – С. 499-509.
- [3] *Краснова Е.Д., Воронов Д.А., Демиденко Н.А., Кокрятская Н.М., Пантюлин А.Н., Рогатых Т.А., Самсонов Т.Е., Фролова Н.Л., Шапоренко С.И.* К инвентаризации реликтовых водоемов, отделяющихся от Белого моря // Комплексные исследования Бабьего моря, полуизолированной беломорской лагуны: геология, гидрология, биота – изменения на фоне трансгрессии берегов (Труды Беломорской биостанции МГУ т. 12). – М.: Изд. КМК, 2016. – С. 211-241.
- [4] *Ратькова Т.Н., Сажин А.Ф., Кособокова К.Н.* Одноклеточное население беломорской пелагиали подо льдом в ранневесенний период // Океанология. – 2004. – Т. 44, № 2. – С. 259-266.
- [5] *Gogorev R.M.* A new Chaetoceros species (Bacillariophyta) from Plankton of the Russian Arctic seas and its comparison with species of the section *Simplicia* // Бот. журн. – 2003. – Т. 88, № 4. – С. 82-100.
- [6] *Gogorev R.M., Samsonov N.I.* The genus Chaetoceros (Bacillariophyta) in Arctic and Antarctic // *Novosti Sist Nizsh Rast.* – 2016. – Vol. 50. – P. 56-111.

[7] *Menden-Deuer S., Lessard E.J.* Carbon to volume relationships for dinoflagellates, diatoms, and other protist plankton // *Limnol. Oceanogr.* – 2000. – Vol. 45, № 3. – P. 569-579.

S u m m a r y. The structure of phytoplankton was investigated in a salt lake Kislo-Sladkoe (Karelian coast of the White Sea) partially separated from the White Sea, in May 2019 after flushing by sea water late autumn 2018. The study fixes the moment soon after ice melting. The stratification of water column started caused by the salinity reduction near the lake surface. Total phytoplankton biomass varied in the water column from 0.46 by 2.29 g C/m³. Diatom alga *Chaetoceros invisibilis* dominated, it contributed 83-99% to phytoplankton biomass.

РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМ. А.И. ГЕРЦЕНА
ФАКУЛЬТЕТ ГЕОГРАФИИ
НОЦ «ЭКОЛОГИЯ И РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ»
ИНСТИТУТ ОЗЕРОВЕДЕНИЯ РАН
РУССКОЕ ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО

RUSSIAN STATE PEDAGOGICAL UNIVERSITY OF A.I. HERZEN
FACULTY OF GEOGRAPHY
REC «ECOLOGY AND ENVIRONMENTAL MANAGEMENT»
LIMNOLOGY INSTITUTE OF RAS
RUSSIAN GEOGRAPHIC SOCIETY

**География:
развитие науки и образования
Geography: Development of
Science and Education**

I

Коллективная монография
по материалам ежегодной международной научно-практической
конференции LXXIII Герценовские чтения 22-25 апреля 2020 года

Collective monograph
on the materials of Scientific-Practical Conference
LXXIII Herzen readings 22-25 April 2020

Санкт-Петербург
2020

Рецензенты:

Д.В. Севастьянов, Ал.А. Григорьев

Ответственные редакторы:

С.И. Богданов, Д.А. Субетто, А.Н. Паранина

Редакционная коллегия:

*Д.А. Гдалин, Ю.Н. Гладкий, С.В. Ильинский, В.Ф. Куликов, С.И. Махов, Л.Г. Мачавариани,
В.Г. Мосин, Е.М. Нестеров, Л.А. Пестрякова, В.Д. Сухоруков*

Техническое редактирование:

*А.С. Баранов, М.А. Бахир, В.В. Брылкин, И.М. Греков, А.А. Дмитриева, Ю.А. Кублицкий,
М. Морозова, Р. Паранин, А.Н. Паранина*

География: развитие науки и образования. Том I. Коллективная монография по материалам ежегодной международной научно-практической конференции LXXIII Герценовские чтения, Санкт-Петербург, РГПУ им. А.И. Герцена, 22-25 апреля 2020 года / Отв. ред. С.И. Богданов, Д.А. Субетто, А.Н. Паранина. – СПб: Астерион, Изд-во РГПУ им. А.И. Герцена, 2020. – 498 с.

Geography: development of science and education. Part I. Collective monograph on materials of the scientific and practical conference LXXIII Gertsenovskiy readings, St. Petersburg, RSPU of A.I. Herzen, on April 22-25, 2020 / by ed. S.I. Bogdanov, D.A. Subetto, A.N. Paranina. – St. Petersburg: Asterion, Publ. house of Herzen State Pedagogical University of Russia, 2020. – 498 p.

Коллективная монография «География: развитие науки и образования» отражает результаты работы научно-практической конференции 73 Герценовские чтения, посвященной важной географической дате – 200-летию открытия Антарктиды экспедицией Ф.Ф. Беллинсгаузена и М.П. Лазарева, а также людям, связанным с историей герценовского университета:

150-летию со дня рождения Э.Ф. Лесгафта, 145-летию со дня рождения Г.Г. Шенберга, 140-летию со дня рождения В.Н. Сукачева; 130-летию со дня рождения Б.Н. Городкова, 130-летию со дня рождения В.Н. Васильева, 120-летию со дня рождения А.Д. Гожева, 110-летию со дня рождения А.В. Даринского, 110-летию со дня рождения В.Г. Махлаева, 105-летию со дня рождения П.Г. Сутягина, 100-летию со дня рождения Ю.Д. Дмитриевского, 90-летию со дня рождения Е.В. Максимова, 90-летию со дня рождения И.В. Игнатенко, 90-летию со дня рождения Д.П. Финарова.

Материалы монографии сгруппированы в два тома. Том I включает вступительную теоретическую главу и разделы: 1. физическая география: направления, методы и междисциплинарные исследования; 2. полярные исследования и пути освоения Арктики и Антарктики; 3. современные проблемы теоретической и прикладной лимнологии и гидрологии; 4. эволюционная и историческая география, ритмика процессов и явлений. Том II включает разделы: 1. геоэкология, природопользование и охрана окружающей среды; 2. социально-экономические системы и географические аспекты глобализации; 3. развитие географического образования; 4. регионоведение, краеведение, туризм, природное и культурное наследие.

Материалы публикуются в авторской редакции

ООО «Астерион»

ISBN 978-5-00045-867-9 (общий)

ISBN 978-5-00045-868-6 (1 том)

Изд-во РГПУ им. А. И. Герцена

ISBN 978-5-8064-2885-2

© Издательство «Астерион», 2020

© Издательство РГПУ им. А. И. Герцена, 2020

© Институт озероведения РАН, 2020

© РГО, 2020

© Авторы статей, 2020