

ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ РЕЖИМ МЕРОМИКТИЧЕСКИХ ВОДОЕМОВ ГУБЫ КАНДА, ОТДЕЛЕННЫХ ОТ БЕЛОГО МОРЯ ДАМБОЙ

Н.А. Демиденко*, А.С. Саввичев**

*Государственный океанографический институт имени Н.Н. Зубова, г. Москва,
demidenko_nikola@mail.ru

**Институт микробиологии имени С.Н. Виноградского РАН, г. Москва, savvichev@mail.ru

HYDROLOGICAL REGIME OF THE MEROMICTIC RESERVOIRS OF THE KANDA BAY, SEPARATED BY THE BARRAGE FROM THE WHITE SEA

N.A. Demidenko*, A.S. Savvichev**

*Zubov State Oceanographic Institute (SOI), Roshydromet, Moscow

**Vinogradsky Microbiological Institute, Research Center of Biotechnology of RAS

Аннотация. Гидрологический режим водоемов губы Канда формируется под влиянием фильтрующей дамбы, которая отделяет морской залив от моря. До строительства дамбы губа была типичным шхерным районом. В настоящее время образовалось несколько водоемов с различными водными массами - пресными, морскими, меромиктическими. Каждый водоем характеризуется своим уровнем и температурно-солевыми режимами.

Ключевые слова: меромиктические водоемы, гидрологический режим, уровни, температура, соленость воды, Белое море.

Введение

Целью исследований гидрологического режима меромиктических водоемов губы Канда Белого моря является оценка изменения природных условий при антропогенном отделении морских заливов для строительства приливных электростанций, опреснения морских бассейнов, развития марикультуры [2, 3, 6]. Меромиктические водоёмы характеризуются наличием анаэробной зоны в монимолимнионе. Анаэробные условия создаются за счет протекания микробных процессов деструкции органического вещества, вызывающих истощение растворённого кислорода.

Регион исследований, объекты и методы

Губа Канда расположена в западной части Кандалакшского залива Белого моря, имеет длинную, извилистую форму. В губу впадает река Канда и множество ручьев. С началом Первой мировой войны резко активизировались работы по созданию железной дороги на Мурман. Строительство железной дороги велось с сентября 1915 по ноябрь 1916 гг. В 1959 г. дамба была расширена и построен второй путь железной дороги [6]. При строительстве автодороги Санкт-Петербург – Мурманск через центральную часть губы Канда была построена еще одна фильтрующая дамба и мост (рис. 1). Водообмен между кутовой частью и остальной губой был резко ограничен. В течение последних десятилетий гидрологический режим губы Канда неоднократно изменяли. Строительство дамб многократно снизило водообмен внутри губы, между губой и морем. Нарушение водообмена приводит к застойным явлениям.

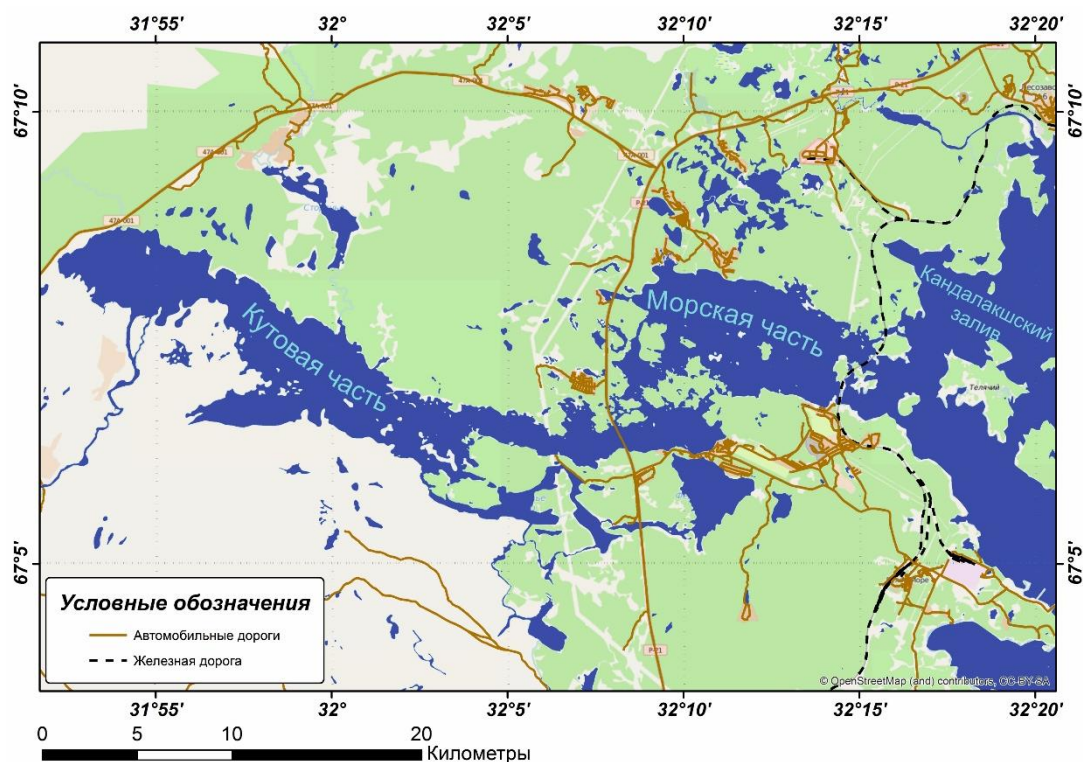


Рис. 1. Карта-схема водоемов губы Канда, дельты р. Канда и прилегающей акватории Кандалакшского залива.

С целью исследования трансформации гидрологического режима, в июле–августе 1984 г. Государственным океанографическим институтом (ГОИ-Ном) [2], а в зимний период в январе-апреле 2015–2019 гг. ГОИ-Ном, Институтом микробиологии РАН и МГУ им. М.В. Ломоносова были выполнены экспедиционные исследования губы Канда [4]. Основное внимание было обращено на выявление условий стратификации и перемешивания вод, а также на определение состояния застойных зон в этом водоеме.

Обсуждение результатов

Исходя из особенностей геоморфологии берегов, искусственных транспортных сооружений и гидролого-гидрохимического режима, акватория губы условно разделена на три части: морскую, центральную и кутовую.

Исследования приливных колебаний уровня воды в акватории Кандалакшского залива и морской части губы Канда проводились с помощью автономных гидростатических датчиков уровня - логгеров с 1 по 9 марта 2016 г. Логгеры лежали на дне в точках измерений, поэтому показывали глубину, уровень и температуру воды. На рисунке 2 приведены совмещенные графики хода уровней и изменения глубины на станции 1 в морской части губы Канда за период квадратурно-сизигийных приливов с 01 по 09 марта 2016 г.

За период измерений в морской части акватории губы Канда в 500 м юго-западнее от водовода фильтрующей дамбы величина квадратурного прилива 4 марта 2016 г. составляла 0,061 м. Величина сизигийного прилива 9 марта 2016 г. составляла 0,125 м. Размах колебаний уровня за период измерения от самой полной воды до самой малой воды составил 0,232 м. В период квадратурных приливов продолжительность подъема уровня в фазу прилива составляет 4 час

05 мин., продолжительность спада уровня в фазу отлива составляет 8 час 20 мин. В сизигийных приливах продолжительность подъема уровня в фазу прилива составляет 4 час 35 мин., продолжительность спада уровня в фазу отлива составляет 7 час 50 мин. Глубина в точке измерений изменялась от 5,37 м в полную воду до 5,15 м в малую воду.



Рис. 2. Совмещенный график хода уровней на ст. 1 в Кандалакшском заливе и ст. 2 в губе Канда в период квадратурно-сизигийных приливов 01-09.03.2016 г.

За период измерений в акватории Кандалакшского залива в 200 м мористее от водовода фильтрующей дамбы величина квадратурного прилива 4 марта 2016 г. составляла 1,081 м. Величина сизигийного прилива 9 марта 2016 г. составляла 2,494 м. В период квадратурных приливов продолжительность подъема уровня в фазу прилива составляет 5 час 25 мин., продолжительность спада уровня в фазу отлива составляет 7 час. В сизигийных приливах продолжительность подъема уровня в фазу прилива составляет 4 час 30 мин., продолжительность спада уровня в фазу отлива составляет 7 час 55 мин. Глубина в точке измерений изменялась от 3,5 м в полную воду до 1,0 м в малую воду.

Характер трансформации приливной волны в морской части губы Канда может быть охарактеризован двумя параметрами: 1) коэффициентом прилива $K_{пр}$ – отношением величины (или амплитуды) прилива в данном пункте измерения в губе Канда к величине (амплитуде) прилива в открытой части акватории Кандалакшского залива; 2) коэффициентом асимметрии приливной волны, где $\tau_{пад}^-$ – время падения уровня во время отливной фазы, $\tau_{рост}^+$ – время роста уровня во время приливной фазы, $\tau_{пр}$ – полный период прилива, в среднем берем 12 час 25 мин. (12,42 час).

Коэффициентом прилива $K_{пр}$ в морской части губы Канда в зимнее время подо льдом составляет 0,056 в период квадратурных приливов, и 0,05 в период сизигии. Коэффициент асимметрии приливной волны $K_{ас}$ в морской части губы Канда в зимнее время составляет 0,68 в период квадратурных приливов, и 0,52 в период сизигийных. Коэффициент асимметрии приливной волны $K_{ас}$ в открытой части акватории Кандалакшского залива в зимнее время подо льдом составляет 0,26 в период квадратурных приливов, и 0,55 в период сизигии.

Характер прилива в вершине залива – полусуточный мелководный. Средняя величина прилива в вершине Кандалакшского залива у порта Кандалакша, который находится в 7,0 км от фильтрующей дамбы через губу Канда составляет 181,2 см, средняя величина квадратурного прилива – 134,4 см, средняя величина сизигийного прилива – 228,0 см. Максимальная величина прилива составила 286,3 см. Время подъема уровня $\tau^+=5,03$ час, время падения уровня $\tau^-=7,38$ час, коэффициент асимметрии местной кривой прилива $K = 0,38$ [7].

Материалы для исследований, полученные в январе 2015 и феврале-марте 2016-2018 гг. с помощью зондирования и отбора водных образцов осуществлялись с поверхности льда. Исследования морской акватории губы Канда показали, что водная толща локальных ям содержит растворенный кислород во всем слое от подлёдного горизонта и до дна, при этом признаки сероводорода отсутствуют в поверхностном слое осадка. Однако в центральной части Федосеевского плёса и кутовой части губы Канда наблюдались все признаки меромиксии [4].

Гидрологическая съемка, проведенная в морской части губы Канда в зимний период в конце января 2015 г., показала, что глубины на гидрологических станциях изменялись от 8 м в западной части плеса до 17 м в центральной части у о. Крокалий. В западной части морского плеса температура воды в поверхностном горизонте, где вода практически пресная, была равной 0°C; в центральной части с повышенной соленостью поверхностных вод составляла – 0,2°C [4]. С глубиной температура воды увеличивалась, и в придонном горизонте достигала 2,8°C.

Соленость воды губы Канда изменяется в широком диапазоне: от 0,2 до 22,2‰. В поверхностном опресненном горизонте сумма ионов постепенно увеличивается от 0,2-0,4 мг/л в кутовой части губы до 3-6‰ у морского плеса. В придонном горизонте соленость вод находится в интервале от 13,8 до 21,9‰. Для всей губы отмечалось сильное опреснение поверхностных слоев: в центральной и кутовой частях в летний период поверхностная соленость обычно не превышала 1,8‰ [5]. В морской части губы поверхностная соленость изменялась от 2,6‰ в западной части до 6,5‰ у фильтрующей железнодорожной дамбы. В придонных слоях соленость достаточно высока, достигая 16,9‰ в отдельных глубоких участках центральной части и 26,5‰ в морской части.

Для вертикального распределения солености было характерно наличие двух основных водных масс: пресноводно-солонатоводного миксолимниона и высокосоленого монимолимниона, разделенных между собою хемоклином. Толщина слоя опресненных вод изменялась в разных районах губы от 1 до 10 м. Эти воды обильно насыщены кислородом (80-100%), хорошо прогреваются в летний период, содержат много углекислоты и органических веществ.

В средней части губы Канда в Федосеевском плесе, отделенного от морского плеса мелководным порогом, также наблюдается двухслойная структура водной массы с пикноклином, залегающем на глубине 7-8 м. Температура воды в верхнем слое около 15°C, концентрация растворенного кислорода – 8-9 мг/л. Под пикноклином температура воды 4°C, соленость 12-14‰, количество рас-

творенного кислорода резко падает, у дна достигая аналитического нуля. В центральной и восточной части Федосеевского плеса в придонном горизонте формируется слой с анаэробными условиями [1, 2].

Глубже 8-10 м залегают высокосоленные воды, являющиеся в кутовой части и центральных плесах почти застойными (рис. 3). Последние практически лишены кислорода (вплоть до его полного отсутствия), насыщены углекислотой (от 57 до 350 мг/л) и в нижних слоях – растворенным сероводородом (до 7-8 мг/л, иногда до 81,5 мг/л). Температура в придонном горизонте оставалась низкой (3,2-4,3°C) в течение года.

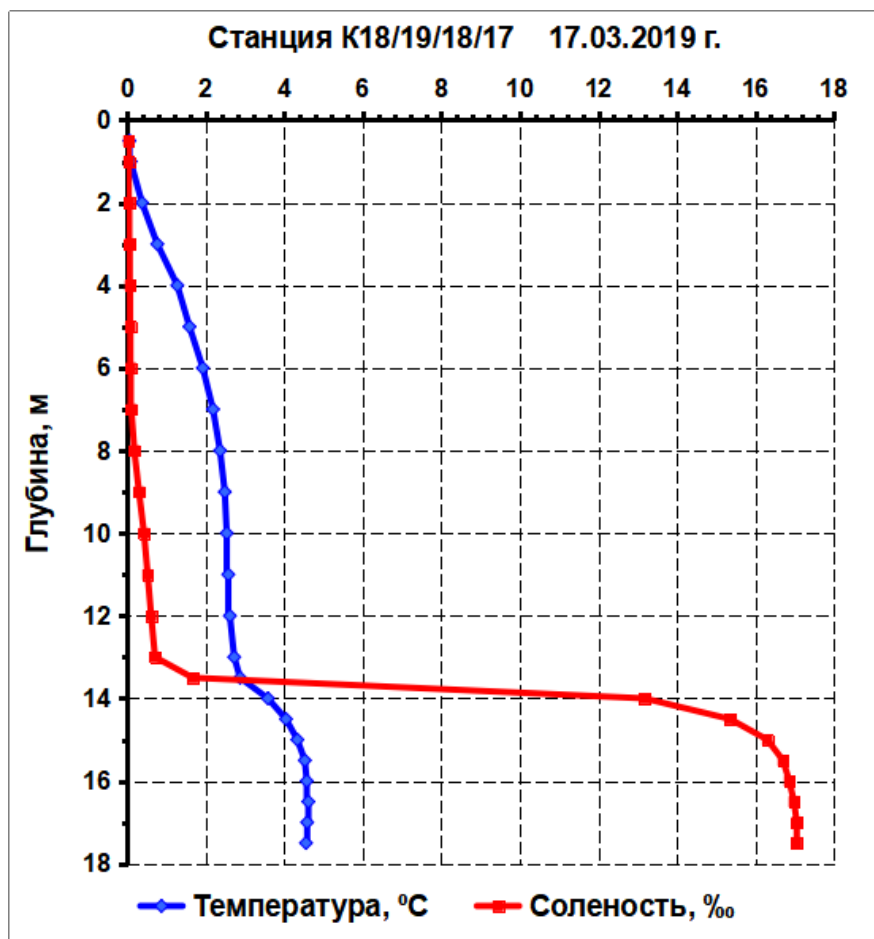


Рис. 3. График хода температуры и солености воды по глубине в кутовой части губы Канда 17.03.2019 г.

Соленость в морской части губы на глубине 4-6 м составляла 18‰, постепенно увеличиваясь ко дну до 23‰. В центральной части губы с увеличением глубины отмечалось очень резкое возрастание солености: от 3-4‰ на глубине 4 м до 15,5‰ на глубине 10 м, достигая в самых глубоких участках 19‰ [5]. В кутовой части губы в придонном горизонте максимальная соленость наблюдалась весной (5‰), осенью (9‰) [1], и зимой 2017-2018 гг. (16,8‰). Единственные обитатели этих вод – анаэробные бактерии. Границы между водными массами особенно резко обозначены в период летней и зимней стратификации. Осеннее и весеннее перемешивание вод приводит к частичному размыванию галоклина и осолонению нижних горизонтов миксолимниона.

Выводы

Гидрологический режим губы Канда – это сложный и сжатый во времени техногенный вариант процесса отчленения от моря системы крупных озер. В связи с хорошо выраженным влиянием антропогенного фактора в формировании современного облика губы Канда, ее можно рассматривать как модель трансформации морского водоема в пресноводный залив. На примере губы Канда можно показать, в каком направлении будут трансформироваться гидрологические и экологические условия и в целом вся экосистема морского залива при его частичной или полной изоляции от моря.

Благодарности

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант 18-05-60021) (экспедиционные исследования).

Литература

- [1] *Галкина Л.А., Позднякова Л.Е., Цееб Т.Я.* Губа Канда и ее обитатели // *Океанология*. 1963. т. 3. № 5. С. 898-906.
- [2] *Друмева Л.Б., Лупачев Ю.В., Лучков В.П., Маврина М.В.* Гидрологические и гидрохимические особенности губы Канда // *Химия и биология морей [Сборник статей]* / Гос. океаногр. ин-т. Под ред. А.И. Симонова. – М.: Гидрометеиздат: Моск. отд-ние, 1987 (222 с. ил.). С. 49-53.
- [3] *Иванов Н.О., Китаев В.П., Чеченков А.В.* Особенности гидрофауны Канда-губы Белого моря // *Итоги и перспективы изучения биологических ресурсов Белого моря*. – Л.: ЗИН АН СССР, 1983. С. 37-44.
- [4] *Саввичев А.С., Демиденко Н.А., Краснова Е.Д., Калмацкая О.В., Харчева А.И., академик РАН М.В. Иванов.* Микробные процессы в губе Канда – меромиктическом водоеме, искусственно отделенном от Белого моря. // *Доклады Академии наук*. – 2017. Т. 474, № 5. – С. 637-641.
- [5] *Смирнова Т.С.* Донная фауна губы Канда Белого моря. // *Гидробиологический журнал*. 1965. т.1. № 4. С. 27-33.
- [6] *Юрченко С.В., Корякин А.С.* Техногенные воздействия на губу Канда, Белое море. // *Экологические проблемы северных регионов и пути их решения: Материалы IV Всерос. науч. конф. с междунар. участием (2–5 октября 2012 г.)*. – Апатиты, 2012. – ч. 2. С.171-173.
- [7] www.esimo.oceanography.ru.

S u m m a r y. The hydrological regime of the Kanda Bay is the result of a well-documented technogenic process of separation from the sea of a system of large lakes, which are connected to the sea in different extent. The Kanda Bay is the only large water body, the dynamics of the separation process of which can be observed at an intermediate stage when freshwater and marine water masses coexist. Using the example of the Kanda Bay, it is convenient to investigate the principles governing the transformation of hydrological conditions in a large sea water body after its partial or complete isolation from the sea.

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