

МОРСКИЕ МЕРОМИКТИЧЕСКИЕ ОЗЕРА: ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ

А.Н. Строганов, Н.Н. Луговой, Е.В. Пономарева

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

На основе материалов из литературных источников, а также собственных исследований рассматриваются особенности формирования структуры вод прибрежных меромиктических озер бассейнов Северного Ледовитого, Тихого, Атлантического океанов. Анализируются отличительные черты в формировании и состоянии водного

баланса меромиктического озера на о-ве Кильдин в Баренцевом море, обеспечивающие его относительную стабильность в течение длительного периода.

Водоёмы с устойчивой вертикальной стратификацией воды (за ними благодаря исследовательским работам И. Финденегга и Дж. Э. Хатчинсона закрепилось наименование меромиктических) (Краснова, 2021), возникающей вследствие различий в плотности ее слоев, представляют собой важный и привлекательный для гидрологических, биологических, палеогеологических, палеогеографических и др. исследований природный феномен. Меромиктический водоём часто является и объектом охраны природной среды в связи с тем, что в силу специфичности экологических условий в таких водоёмах создаются условия для формирования эндемичной фауны. Например, такой таксон подвидового уровня, входящий в Красную книгу России, как кильдинская треска из озера Могильного, благодаря целой системе адаптаций сформировал в очень небольшом для активного мигранта водоёме устойчивую, продуктивную, хотя и малочисленную популяцию.

В плане исследования эволюционных процессов, изучения формирования биоразнообразия наибольший интерес представляют экзогенные прибрежные морские меромиктические водоёмы в форме лагунных (водоём, отделенный от моря наносной косой с узким проливом), фиордовых (залив, отделенный от моря узкой мелководной протокой и разделенный поперечными порогами на отдельные водоёмы с разным уровнем вертикальной стратификации и поступлением пресной воды из впадающей в кустовой зоне реки), ковшовых (глубоководный водоём, соединенный с морской акваторией узким, длинным, мелководным проливом) озер, плотностная стратификация в которых образуется как результат перекрытия морской воды пресным стоком; при этом в большинстве случаев в придонной зоне формируется бескислородный слой (Лаппо, 1945; Показеев, Филатов, 2002).

Различного типа меромиктические озера известны в прибрежных зонах бассейнов Атлантического, Тихого, Северного Ледовитого океанов. Так, например, на Большом Соловецком острове в Белом море длительное время исследуется ковшовое озеро Долгое. На побережье и островах Кандалакшского залива Белого моря известен целый ряд меромиктических озер лагунного типа (лагуна на м. Зеленом, озеро на о. Тонисоар, вершина губы Глубокой около о-ва Соностров и др.) (Краснова, 2021). На Аландских о-вах (Финляндия) в Балтийском море известны несколько меромиктических озер лагунного типа. Это достаточно большие озера площадью от 60 и до 200 га и глубинами от 18 до 35 м (Nakala, 2004).

В литературных источниках, описывающих особенности биологии озерной трески, дается характеристика меромиктических прибрежных водоёмов на Баффиновой Земле (Канада). Так, меромиктическое фиордовое озеро Огак (площадь 148 га, глубина 40 м) с выраженной слоистостью (опресненный, морской и бескислородный сероводородный слой) опресняется за счет подтока из реки, а подпитка морской водой происходит регулярно единожды в месяц за счет высоких сизигийных приливов (высота приливов в весенний период достигает 12 м). Сходная структура обеспечения пресными и морскими водами в другом озере на Баффиновой Земле под названием Квазигалиминик (площадь около 1000 га, глубина 38 м). В меромиктическом ковшовом озере Тариярусвик (площадь 540 га, глубина 80 м) обеспечение пресной водой за счет небольших ручьев, а обеспечение морской водой также за счет высоких приливов (Hardie, 2003; Hardie et al., 2008).

Много полуизолированных лагун с разной степенью опреснения, в том числе меромиктических, известно на восточном берегу Камчатки, на о-ве Сахалин. Так, кардинальные изменения произошли в структуре вод лагунного оз. Тунайча (площадь

17400 га, глубина 34 м) после изоляции его намывной косой от акватории Охотского моря. В настоящее время водоем имеет двуслойную структуру с хемоклином на глубине 15 м и сероводородом под ним в концентрации до 300–320 мкг/л, постоянная связь с морской акваторией залива Мордвинова осуществляется через обмелевшую протоку. При этом через эту протоку в оз.Тунайча заходит большое количество морских и проходных рыб от наваги и сельди до кеты и горбуши. Пресная вода поступает в озеро за счет нескольких рек (Саматов и др., 2002; Полупанов, Лабай, 2016; Полупанов и др., 2016; Никитин, Метленков, 2016).

Таким образом, все упоминавшиеся прибрежные меромиктические озера характеризуются сходной схемой обеспечения структурированности водной толщи. Пресная вода приносится реками и ручьями, поступление морской воды идет по поверхности либо постоянно через протоки, либо периодически с высокими приливами. При этом североатлантический и северотихоокеанский регионы обладают определенными отличиями, обусловленными их ледниковой историей. Если материковые зоны атлантического побережья в период последнего оледенения «просели», испытывая воздействие многометровых ледниковых масс, а теперь находятся в процессе гляциоизостатического поднятия, то азиатское побережье Северной Пацифики ледникового воздействия такой мощности не испытывало и, соответственно, находится в стационарном состоянии. Этим, в частности, объясняется то, что здесь, практически, отсутствуют озера фиордового типа и ухудшение связи с морскими акватории происходит за счет расширения намывных кос, а не сопровождается поднятием преграждающих порогов, как это наблюдается и на побережье Белого моря, и побережье Балтийского моря, а также и в североамериканском регионе.

На фоне изложенного в значительной степени выделяется специфика формирования структуры водной массы небольшого прибрежного меромиктического озера Могильного (площадь 10 га, глубина 17м) на о-ве Кильдин в Баренцевом море, демонстрирующего в этом свою уникальность.

Коренные породы на о-ве Кильдин представлены позднепротерозойской терригенной осадочной толщей. Многочисленные гранитные валуны, рассеянные по поверхности острова, могли быть принесены тем же ледником, что покрывал Кольский полуостров. Этот ледниковый покров представлял собой северо-восточную оконечность Скандинавского ледникового щита, достигшего наибольшего развития 20–18 тыс. лет назад, гляциоэвстатическая регрессия в это время в Баренцевоморском регионе составляла $-90 \div -100$ м. (Митяев, Корсун, 2010). Используя данные этих авторов, Н.Н. Луговым предлагается оригинальная трактовка формирования перемычки и отделения озера от моря. Юго-восточный край террасового сегмента сформирован единым довольно крупным галечным древним береговым валом длиной 2,2 км и шириной местами более 100 м. Абсолютные отметки его гребня около 15 м над уровнем моря, что позволяет датировать его формирование временем среднеголоценовой трансгрессии тапес (около 6 тыс. лет назад). Западная оконечность этого вала примыкает к южному краю котловины оз. Могильного, а перемычка озера является его продолжением. Опираясь на эти факты, можно предположить, что вышеописанные береговой вал и сегмент террасы являются остатками некогда единой формы – окаймляющей косы, сформированной во время трансгрессии тапес и отделившейся от моря лагуну – будущую котловину оз. Могильного. Таким образом, оно впервые сформировалось как изолированный водоем уже 6 тыс. лет назад. Ядро современной перемычки озера представляет собой абразионный останец древней косы, с признаками современной пляжевой аккумуляции. По морфологическим признакам современного перехлеста морских вод через гребень перемычки уже не происходит. Принимая во внимание высоту штормового заплеска в 3 м и высоту гребня перемычки в 4,5 м, а также скорость

относительного подъема территории в позднем голоцене в 3-6 мм/год (Митяев, Корсун, 2010), можно вычислить, что перемычка перестала перехлестываться волнами довольно давно, около 500 - 250 лет назад.

Непреодолимая в современный период даже для штормовых волн и самых высоких приливов перемычка, имея значительную ширину, отличается высокими фильтрационными свойствами (коэффициент фильтрации ее породы принимают в пределах 520 куб.м/сутки). Видимо, формирование основания перемычки под ледниковым воздействием (с присутствием валунного материала разной окатанности, гравийно-галечниковых прослоев при отсутствии включений ракушечника и песка (Реликтовое озеро Могильное, 1975) создало условия для высокой фильтрационной способности, в результате чего по настоящее время сохраняется интенсивный обмен вод в системе озеро-море. При этом параметры этого обмена, по крайней мере, в последние более, чем 100 лет, сохраняются достаточно постоянными. За счет интенсивной фильтрации морских и пресных вод через тело перемычки, как и в конце XIX века, начале-середине XX века (Дерюгин, 1925; Реликтовое озеро Могильное, 1975), так и в наше время сохраняются амплитуды и периодичность приливно-отливных явлений в озере Могильном, что подтвердили наши измерения динамики уровня озера: амплитуда составляла 7-8 см, а максимальный отлив и максимальный прилив в озере, по сравнению с Кильдинской салмой, запаздывали приблизительно на 3 часа. В определенной степени устойчивое состояние озера подтверждают данные о его размерах. Площадь озера Могильного, определенная нами в июле 2012 г. с использованием данных GPS-навигации, составляла 104659 кв.м. Ранее на основе метода планиметрирования был получен похожий результат 106600 кв.м (Реликтовое ..., 1975; Строганов и др., 2015).

Таким образом, по типу являясь лагунным, озеро Могильное формирует свою структуру несколько отличным образом, чем упоминаемые выше озера. Если поступление пресных вод поверхностное, то морская вода поступает не по поверхности, а методом фильтрации сквозь перемычку. В таких условиях озеро Могильное, находясь, как и другие озера североатлантических и арктических побережий, в условиях послеледникового поднятия, тем не менее сохраняет свою меромиктическую структуру, а не переходит в пресноводную (голомиктическую) фазу, как это происходит со многими прибрежными озерами.

Литература

Дерюгин К.М. Реликтовое озеро Могильное // Тр. Петергоф. естественно-науч. ин-та. 1925. №2. 98 с.

Лаппо С.Д. Справочная книжка полярника: Краткие сведения об океанографии, климате, животном мире и населении Арктики. М.: Главсевморпути, 1945. 423 с.

Митяев М.В., Корсун С.А. Геолого-геоморфологическое и неотектоническое строение восточной части острова Кильдин // Геоморфология. 2010. №1. С. 77-86.

Никитин В.Д., Метленков А.В. Структура ихтиоценозов, численность и биомасса рыб // Водная биота озера Тунайча (южный Сахалин) и условия ее существования. Южно-Сахалинск: Сахалинский НИИ рыбного хозяйства и океанографии, 2016. С. 200-203.

Полупанов П.В., Лабай В.С. Физико-географический очерк // Водная биота озера Тунайча (южный Сахалин) и условия ее существования. Южно-Сахалинск: Сахалинский НИИ рыбного хозяйства и океанографии, 2016. С.26-32.

Полупанов П.В., Лабай В.С., Золотухин Е.Г. Гидрологический очерк // Водная биота озера Тунайча (южный Сахалин) и условия ее существования. Южно-Сахалинск: Сахалинский НИИ рыбного хозяйства и океанографии, 2016. С.33-38.

Показеев К.В., Филатов Н.Н. Гидрофизика и экология озер. Т.1. Гидрофизика. М.: Физический факультет МГУ, 2002. 276с.

Реликтовое озеро Могильное. Л.: Наука, 1975. 298 с.

Саматов А.Д., Лабай В.С., Мотылькова И.В., Могильникова Т.А., Заварзин Д.С., Ни Н.К. Краткая характеристика водной биоты оз. Тунайча (Южный Сахалин) в летний период // Труды СахНИРО. 2002. Т. 4. С. 258-269.

Строганов А.Н., Криксунов Е.А., Зуйкова Н.В., Мухина Н.В., Бурменский В.А., Семенова А.В., Шадрин А.М. 2015. Особенности биологии кильдинской трески *Gadus morhua kildinensis* Derjugin, 1920 (Gadidae) // Биология моря. Т. 41. С. 395-402.

Hakala A. Meromixis as a part of lake evolution; observations and a revised classification of true meromictic lakes in Finland // Boreal Env. 2004. Res. 9 P. 37-53.

Hardie D.C. The Evolutionary Ecology of Arctic Fishes // Arctic. 2003. V. 56. №4. P. 430-433.

Hardie D.C., Renaud C.B., Ponomarenko V.P., Mukhina N.V., Yaragina N.A., Skjæraasen J.E., Hutchings J.A. The Isolation of Atlantic Cod, *Gadus morhua* (Gadiformes), Populations in Northern Meromictic Lakes - A Recurrent Arctic Phenomenon // Journal of Ichthyology. 2008. V. 48. №3. P. 230-240.

MARINE MEROMICTIC LAKES: FORMATION FEATURES

A.N. Stroganov, N.N. Lugovoy, E.V. Ponomareva

Based on literature sources and our own research, the article examines the formation features of the water structure of coastal meromictic lakes in the Arctic, Pacific, and Atlantic Ocean basins. Distinctive features in the formation and state of the water balance of the meromictic lake on Kildin Island in the Barents Sea, ensuring its relative stability over a long period, are analyzed.

THE MINISTRY OF SCIENCE AND HIGH EDUCATION OF THE RUSSIAN FEDERATION
DEPARTMENT OF EARTH SCIENCES OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES
NORTHERN WATER PROBLEMS INSTITUTE OF THE KARELIAN RESEARCH CENTRE
OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES
THE INSTITUTE OF LYMNOCY OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES
ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF TATARSTAN
RESEARCH INSTITUTE FOR PROBLEMS OF ECOLOGY AND MINERAL WEALTH USE
OF TATARSTAN ACADEMY OF SCIENCES
THE MINISTRY OF ECOLOGY AND NATURAL RESOURCES OF THE REPUBLIC OF TATARSTAN
STATE COMMITTEE OF THE REPUBLIC OF TATARSTAN ON BIOLOGICAL RESOURCES
INSTITUTE FOR URBAN DEVELOPMENT OF THE REPUBLIC OF TATARSTAN
VOLGA-KAMA STATE NATURAL BIOSPHERE RESERVE
BRANCH OF THE RUSSIAN GEOGRAPHICAL SOCIETY IN THE REPUBLIC OF TATARSTAN
UNESCO CHAIR «APPLICATION OF THE FUNDAMENTAL PRINCIPLES OF THE EARTH CHARTER
TO CREATE A SUSTAINABLE COMMUNITY»

LAKES OF EURASIA: PROBLEMS AND SOLUTIONS

**PROCEEDING
III INTERNATIONAL CONFERENCE
Kazan, May 20 – 23, 2025**

**KAZAN
2025**

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ОТДЕЛЕНИЕ НАУК О ЗЕМЛЕ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
ИНСТИТУТ ВОДНЫХ ПРОБЛЕМ СЕВЕРА КАРЕЛЬСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА РАН
АКАДЕМИЯ НАУК РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН
ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ ЭКОЛОГИИ И НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ АН РТ
МИНИСТЕРСТВО ЭКОЛОГИИ И ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН ПО БИОЛОГИЧЕСКИМ РЕСУРСАМ
ИНСТИТУТ РАЗВИТИЯ ГОРОДОВ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН
ВОЛЖСКО-КАМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПРИРОДНЫЙ БИОСФЕРНЫЙ ЗАПОВЕДНИК
ОТДЕЛЕНИЕ РУССКОГО ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА В РЕСПУБЛИКЕ ТАТАРСТАН
КАФЕДРА ЮНЕСКО «РАЗВИТИЕ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ПРИНЦИПОВ ХАРТИИ ЗЕМЛИ ДЛЯ
СОЗДАНИЯ УСТОЙЧИВОГО СООБЩЕСТВА»

ОЗЕРА ЕВРАЗИИ: ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

**МАТЕРИАЛЫ
III МЕЖДУНАРОДНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
г. Казань, 20 – 23 мая 2025 г.**

КАЗАНЬ
2025

УДК 556.55(4/5)(063)

ББК 26.222.6

О-46

Редакционная коллегия

Р.Р. Шагидуллин, Н.Н. Филатов, Д.В. Иванов

Рецензенты:

Академик РАН, доктор географических наук,
советник директора по научной работе, главный научный сотрудник
Санкт-Петербургского научного центра РАН

В.А. Румянцев,

Член-корреспондент АН РТ, доктор химических наук,
профессор Казанского (Приволжского) федерального университета

В.З. Латыпова

Озера Евразии: проблемы и пути их решения. Материалы III международной конференции (г. Казань, 20–23 мая 2025 г.). Казань: Издательство Академии наук РТ, 2025. 991 с.

ISBN 978-5-9690-1336-0

В книге представлены результаты теоретических исследований, практического использования, охраны и управления ресурсами озер Евразии. Рассмотрены Великие озера Евразии: Байкал, Ладожское, Онежское, Телецкое, Чаны и разнообразные озера Арктики и субарктики, бореальной и аридной зон. Основной акцент при организации конференции и подготовке сборника был сделан на то, чтобы рассмотреть наиболее актуальные вопросы лимнологии и возможные пути решения теоретических и практических проблем озер на обширной территории Евразии с учетом необходимости развития тесного международного сотрудничества. Важной задачей конференции является консолидация ученых разных стран Евразии, БРИКСа для получения новых научных знаний, объединение усилий для решения практических проблем трансграничных озерно-речных систем, обоснования возможного перераспределения водных ресурсов, обоснование рационального использования и охраны озер Евразии.

This volume of collected papers was compiled of the proceedings of the III International Conference «Lakes of Eurasia: Problems and Solutions», Kazan, 20-23.05.2025. The volume presents the results of theoretical studies, practical use, conservation and resource management of various lakes of Eurasia. Great Eurasian lakes (Baikal, Ladoga, Onego, Teletskoye, Chany) and diverse lakes of the arctic and subarctic regions, the boreal and arid zones are considered. The key idea in organizing the conference and preparing these proceedings was to address the most pressing issues of limnology and offer potential solutions for theoretical and practical problems of lakes in the vast territory of Eurasia, keeping in mind the need for close international cooperation. An important mission for the 1st conference is to consolidate the efforts of scientists from different Eurasian and BRICS countries in obtaining new knowledge and handling the real problems of transboundary lake-river systems, substantiating possible redistributions of water resources, sustainable management and conservation of Eurasian lakes.

УДК 556.55(4/5)(063)

ББК 26.222.6

ISBN 978-5-9690-1336-0

© Институт проблем экологии и
недропользования АН РТ, 2025
© Изд-во АН РТ, 2025

**ОЗЕРА ЕВРАЗИИ:
ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ**

**МАТЕРИАЛЫ
III МЕЖДУНАРОДНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
г. Казань, 20 – 23 мая 2025 г.**

Материалы публикуются в авторской редакции.

Подписано в печать 12.05.2025 .
Формат 60х84 $\frac{1}{16}$. Бумага офсетная.
Гарнитура «Таймс». Печать цифровая.
Усл. печ. л. 62,0. Тираж 125 экз. Заказ № 147.

Отпечатано с готового оригинал-макета
в типографии Orange Key
г. Казань, ул. Некрасова, д. 38

