

Мир морских озер

П.П.Стрелков



Остров Кильдин в Баренцевом море описывают так: «На открытом и высоком сем острове летние ночи бывают наипрекраснейшие. Нельзя их препроводить во сне, когда солнце, на горизонте стоящее, облаками бывает не закрыто». Слова эти принадлежат отнюдь не поэту, а ученому и путешественнику XVIII в. Н.Я.Озерецковскому [1]. А вот что сказано в старой лоции — документе, не терпящем сантиментов: «Южный берег острова... очень красив, особенно при закате солнца, когда красноватые глинистые осыпи принимают багряный отсвет и кажутся состоящими из драгоценных камней» [2]. Удивительно, что место, расположенное в таких прекрасных природных декорациях, носит зловещее имя Могильное. Все дело в солнце — в плохую погоду, когда оно скрывается за тучами, пейзаж принимает пугающие обличия. Писатель и капитан В.В.Концевский, переживший у о.Кильдин ужасную бурю и потерпевший кораблекрушение, запомнил его таким: «Сундуки — это такие злобные и коварные камни на восточной оконечности острова Кильдин. Сундуки. А напротив, на материковом берегу, скалистый мыс Три Сестры. Сестры даже зимой черные. Ветер сдувает с отвесных скал снег. Сестры чернеют и сквозь туман, и сквозь метель. Между Сундуками и Тремя Сестрами рейд с веселым названием Могильный»*. А в сотне шагов в глубь острова от берега рейда находится одноименное озеро.

Чудо природы

Об оз.Могильном рассказывают прстранные вещи. Внешне оно обычное, только маленькое — площадью всего 11 га (размер среднего пруда в городском саду). Вода на поверхности — пресная, однако чем глубже, тем она солонее. У дна (на глубине 16 м) ее соленость достигает океанических значений — 32 г/л. Опущенный на глубину металлический батометр (прибор для взятия проб воды) возвращается с черным, как будто вымазанным тушью,

* Подробнее см.: Концевский В.В. Вчерашние заботы. М., 1979.



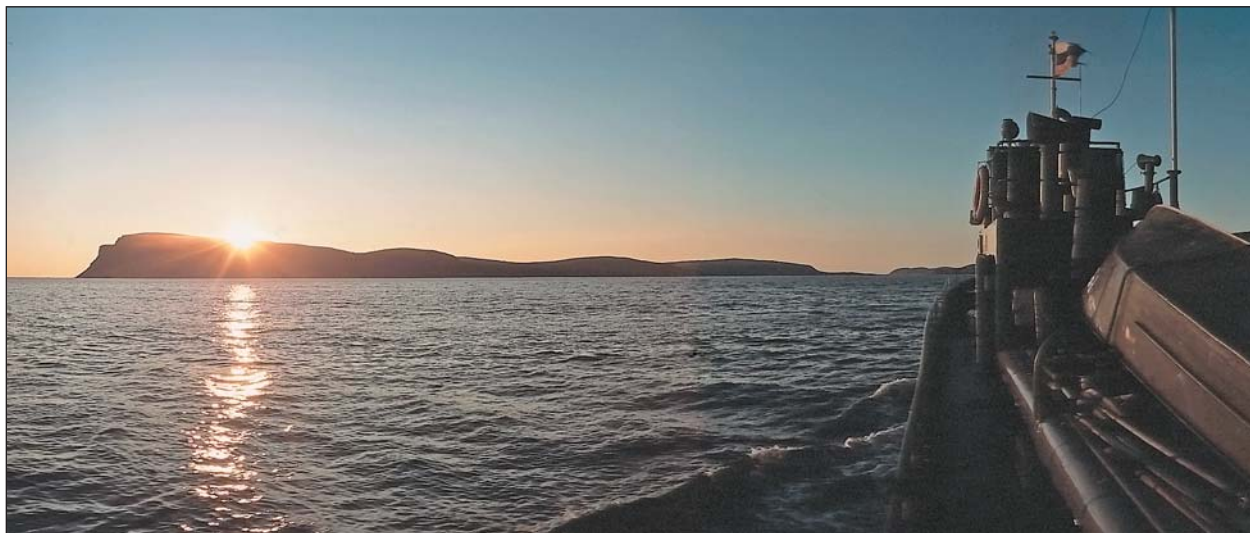
Петр Петрович Стрелков, кандидат биологических наук, доцент кафедры ихтиологии и гидробиологии Санкт-Петербургского государственного университета. Область научных интересов — эволюционная биология морских гидробионтов.

и его содержимое пахнет тухлыми яйцами. Такой запах имеет сероводород — газ, который считается смертельным ядом для всего живого, кроме производящих его бактерий. А с верхней границы сероводородного слоя (с глубины 9 м) батометр приносит воду розового цвета.

Наличие соленой воды в озере подразумевает его связь с морем. Озерецковский полагал, что морская вода заплескивается в озеро во время штормов и высоких приливов. Но оно расположено достаточно далеко от моря — волнам такое расстояние не преодолеть. Оказалось, что морская вода проникает в озеро под землей, на глубине 5—8 м, просачиваясь сквозь толщу рыхлых пород — песка и гальки. Приблизительно на этом уровне и находится в озере слой соленой и насыщенной кислородом воды. Там кишит неожидан-



Карта бухты Могильной о.Кильдин и ее окрестностей, 1594 г. [3]. Озеро Могильное изображено с тремя птицами.



Полночное солнце над о.Кильдин.

Фото М.Л.Федюка

но богатая морская жизнь: водоросли, черви, медузы и самый знаменитый обитатель оз.Могильного — кильдинская треска (*Gadus morhua kildinensis*), подвид атлантической трески, который больше нигде не встречается. Все обитатели озера выглядят необычно, не как их морские сородичи. Известный гидробиолог К.М.Дерюгин так

объяснял научную значимость оз.Могильного: «За долгие тысячелетия существования озера в нем установилось уникальное равновесие в балансе пресных и соленых вод, сложилось своеобразное сообщество... организмов,... эволюционировали новые эндемичные формы животных и растений.<...> До сего времени подобного примера гидробиологического и физико-химического равновесия в водоемах других стран не обнаружено. В современном состоянии оз.Могильное представляет настоящее “чудо природы”... и наше национальное научное сокровище» [4].

Попытаемся с современной точки зрения, не прибегая к возвышенным словам, обсудить явление морских озер — экзотической категории морских систем, к которой относятся и оз.Могильное. Кстати, начать стоит с того, что никаких «красноватых глинистых осыпей» на о.Кильдин нет. Описание в лодии, очевидно, сделано осенью, скорее всего, с борта судна, идущего проливом, который отделяет Кильдин от материкового берега. Южный, подветренный, берег острова покрыт тундровой растительностью, которая осенью становится ярко-красной. Поэтому в погожий осенний день Кильдин как будто пылает на солнце, контрастируя с черными, безжизненными скалами материкового берега.



Камни Сундуки на восточной оконечности о.Кильдин.

Фото М.Л.Федюка

Стратификация и заражение

Из всех особенностей оз. Могильного самые обычные (причем сохраняющиеся круглогодично) — слоистость его вод (стратификация) по солености и другим физико-химическим показателям, неполное перемешивание вод (меромиксис) и сероводородное заражение придонного слоя. В старину люди думали, что морская вода, в отличие от пресной, не протухает, потому что она соленая, как бы консервированная. Однако существует много соленых водоемов, чьи воды отравлены сероводородом, например Балтийское море.

Рассмотрим, как возникает такое заражение и стратификация. В относительно глубокое Балтийское море впадают большие и малые реки, а с океаном оно связано узкими и мелководными проливами. Плотность пресной воды ниже, чем соленой, поэтому она растекается по поверхности — так формируется солевая стратификация. Ей могли бы препятствовать штормы (ветровое перемешивание), зимнее охлаждение поверхностных вод (осенне-зимняя конвекция), приводящее к увеличению их плотности и опусканию на глубину, и, наконец, обновление глубинных вод за счет энергичного притока морской воды. Однако для ветрового перемешивания Балтийское море излишне глубокое, для обильного притока свежих соленых вод — слишком слабо связано с океаном. А для осенне-зимней конвекции оно чересчур опреснено, так как плотность поверхностных вод при любой температуре остается ниже плотности глубинных, более соленых, — отсюда и меромиксис. Связанный со стратификацией градиент плотности воды ограничивает поступление атмосферного кислорода на глубину, где он расходуется на окисление органики. Ее избыток (как результат «естественной работы» экосистемы и антропогенного загрязнения) и дефицит кислорода — раздолье для анаэробных бактерий, которые утилизируют органику с выделением сероводорода. Так возникает заражение глубинных вод.

Среди бактерий, выделяющих сероводород, есть пурпурные — анаэробные фототрофы. Для их жизнедеятельности нужен солнечный свет. Если он достигает сероводородного слоя, там массово развиваются эти бактерии, окрашивая воду в розовый (а при высокой концентрации — в красно-бурый) цвет, как в мелководном озере Могильном. В глубоком же Балтийском море подобных условий нет.



Рейд Могильный в ненастный день. Виден скалистый мыс Три Сестры.

Фото автора

Морские озера

Что же все-таки так называют? Озеро — стабильно существующий во времени и пространстве замкнутый водоем, который больше, а главное глубже, чем пруд, но меньше и мельче моря. Морскими называют озера, которые сообщаются с морем (т.е. они — часть Мирового океана) и где обитают морские животные и растения. В очерченный круг не входят континентальные соленые озера, иногда имеющие морское происхождение; пресные (во времена Дерюгина их в первую очередь и назвали реликтовыми), в которых встречаются животные морского происхождения, — например оз. Байкал; наконец, различные морские лагуны и лиманы. Под данное выше определение попадают морские изоляты и анхиалиновые (околоморские) водоемы.

Морские изоляты — это водоемы, связанные с морем мелководными проливами и имеющие вертикальную стратификацию вод по температуре и солености [5]. К ним, формально, относятся и Балтийское море, и Черное, и многие малые водоемы, в первую очередь — расположенные на побережьях, которые подверглись последнему оледенению и теперь испытывают поднятие. В результате заливы и бухты с порогами на входе постепенно отчленяются от моря, превращаясь в озера.

Если морские изоляты, как правило, встречаются в полярных и приполярных областях, то для тропиков характерны анхиалиновые водоемы. Они сообщаются с морем не на поверхности, а под землей — через тоннели и трещины в карсте или за счет фильтрации воды через рыхлый грунт. Помимо озер и более мелких водоемов к анхиалиновым относят еще открывающиеся выше уровня воды морские пещеры и голубые дыры. (Гуляешь между пальмами тропического острова, видишь озерцо



Баренцевоморская губа Ивановская — лучший пример морских изолятов. Она состоит из нескольких вытянутых бассейнов-ковшей, которые перемежаются порогами, осушаемыми во время отлива. Самый удаленный от устья губы ковш (слева) по стратификации вод идентичен оз.Могильному. Есть в нем и треска.

Фото А.В.Полоскина

или лагуну, ныряешь, а там — бездна, провал в земле, уходящий иногда на сотни метров вглубь, но рано или поздно открывающийся в океан.)

Тропические анхиалиновые озера, будучи туристически привлекательными, в последние десятилетия активно изучаются и рекламируются. А о существовании любых других морских озер часто забывают. Так, на самой подробной карте в «Энциклопедии островов» не показано ни одного морского озера в полярных и приполярных широтах [6]. Однако они существуют! Могильное — единственное известное на Земле полярное анхиалиновое озеро, а морских изолятов довольно много как в Антарктике, так и в Арктике.

«Тресковые» озера

4 июня 1957 г. из пос.Икалуит (о.Баффинова Земля, Канадский Арктический архипелаг) на двух собачьих упряжках выехали Я.Макларен (J. McLaren) с женой. Через двое суток они достигли нужного участка побережья залива Фробишер, где под слоем снега и льда угадывались сложные контуры оз.Огак (от эскимосского «треска»), состоящего из трех бассейнов-ковшей. В 1951 г. Макларен уже был здесь. Девятнадцатилетним студентом в составе научной экспедиции он провел в районе оз.Огак один день. Этого хватило, чтобы подтвердить наличие в озере реликтовой популяции атлантической трески. Данный вид в суровых водах залива Фробишер не встречается, а значит, найденный в озере — это реликт прошлых эпох, когда климат в Арктике был теплее. Теперь Макларен вернулся, чтобы продолжить исследование. Гидробиологи поставили свою палатку в заснеженной пустыне и принялись за изнурительную работу. За четыре месяца они подробно описали арктическое морское озеро [7].

Верхний слой воды был пресным. На глубинах 3—10 м соленость возрастала до 25 г/л и дальше не менялась. С 25—30 м до максимальной отметки в 60 м вода была отравлена сероводородом. Удивительно, но озеро было гораздо теплее, чем море и соседний пресноводный водоем. На глубине 25 м температура достигала 7.5°C. И это подо льдом, в районе, где -10°C — среднегодовая температура воздуха! Макларен предположил, что во время полярного дня солнечные лучи, свободно проходя сквозь поверхностный слой хрустально чистой пресной воды, отдают тепло мутному слою смешанных пресных и соленых вод, а также разогревают дно обширных мелководий. Плотностная же стратификация препятствует вертикальной конвекции, способствуя накоплению тепла на глубине. Вот почему воды морского слоя озера круглый год теплые и в них с прошлых эпох сохранилась теплолюбивая треска. Также в них кишит качественно бедный (всего несколько видов), но количественно богатый планктон — характерное явление для всех морских озер, не только арктических.

Поначалу было неясно, как происходит водообмен между озером и морем, разделенными перемычкой, которая казалась непреодолимой для волн. К июлю лед растаял, а на море наступило время приливов, становившихся с каждым днем все выше. Наконец вода поднялась на головокругительную высоту 8 м, перелилась через перемычку и хлынула в озеро. Приток в него соленой воды, таким образом, происходит всего несколько раз в году, в короткий безледный период. Как показывает опыт изучения морских изолятов в Норвегии, не будь этой подпитки, морское озеро за несколько веков деградировало бы, причем сначала исчез бы промежуточный «жилой» слой соленой аэрированной воды [5].

Треска в озере была длиной до 1.5 м, а весом более 30 кг — такая даже в море редко встречается.

ся. Если в желудках молодых рыб находили беспозвоночных, то у крупных экземпляров — в основном собратьев меньшего размера. Крупные, взрослые рыбы в озере были канибалами. Обескураженные исследователи, выпуская с борта каноэ только что пойманных рыб с особыми плавниковыми метками для оценки численности популяции, видели, как сородичи экспериментальных особей тут же набрасывались на них и убивали. В результате численность трески в озере удалось определить только приблизительно: около 10 тыс. шт. крупнее 30 см, что для арктического водоема площадью 148 га совсем не мало.

Что делает в морских озерах эта крупная океаническая рыба, для которой характерны огромная численность и масштабные миграции? Наверняка этого никто не знает. Похоже, треска неплохо себя чувствует в морских изолятах, причем не только естественных (факт, заслуживающий внимания рыбоводов). Огак и Могильное — не единственные «тресковые» озера. В 2003 г. участники экспедиции, организованной учеником Макларена — Д.Харди, описали еще два морских озера (изолята) на побережье залива Фробишер, в которых водится этот вид, — Квазигиалиминик (от эскимосского «здесь были тюлени») и Тариуярусик («солонатовое»). Есть предварительные данные о подобных озерах в Норвегии, Гренландии и на Новой Земле [8].

Медузовые озера

Палау — архипелаг в Микронезии, состоящий из нескольких сотен островов. Его морские озера облюбовали золотые медузы рода *Mastigias*. Например, одно из них, известное как озеро Медуз, буквально кишит ими. Его площадь — 5 га, а максимальная зафиксированная численность его основных обитателей — 30 млн особей размером в среднем с кулак. Изо дня в день можно наблюдать удивительное зрелище их суточных перемещений [9].

В преддурные часы медузы обнаруживаются у самой поверхности воды ближе к западному берегу озера. Пульсируя, они совершают хаотичные движения. Ровно в шесть часов, когда небо начинает светлеть, поведение медуз резко меняется. Все полчище устремляется навстречу восходящему солнцу. Плывая изо всех сил, за час с небольшим они пересекают озеро (400 м) и оказываются у его восточного берега. Когда тени, которую отбрасывают нависающие над водой мангры, достигают последние особи, они резко тормозят, как будто упершись в стену. Всю первую половину дня, сгрудившись, медузы проводят у границы тени, становящейся все короче. Когда же солнце начинает заходить, они, как привязанные, следуют за ним, пока не вернуться



Д.Харди с треской из оз.Огак.

Фото Д.Харди



Скопление золотых медуз рода *Mastigias* в оз.Медуз у затененного берега.

Фото Л.Белла

обратно к западному берегу, где будут толочься у границы тени, не пересекая ее. И только после заката они перейдут к более естественному для планктонных животных поведению — вертикальным миграциям. Но к шести часам утра следующего дня медузы будут снова у поверхности, с видимым возбуждением ожидая восхода светила. Почему они так поступают?

Поведение золотых медуз объясняют двумя взаимодополняющими гипотезами. Первая, очевидная: все дело в солнце. Эти животные, подобно кораллам, живут за счет одноклеточных симбионтов — водорослей зооксантелл, окрашивающих их ткани в золотистый цвет. Фотосинтезирующим водорослям нужен свет — отсюда стремление медуз удерживаться на освещенных местах. Но настоящие солнцепоклонники восход встречали бы у западного берега, как более освещенного, а закат — у восточного. Медузы же поступают ровно наоборот. Согласно второй гипотезе, медузы, боясь отбрасываемых манграми теней, избегают близкого контакта с берегом. Там, на склизких стволах и корнях мангров, гнездятся злейшие враги золотых медуз — эндемики озер Палау морские анемоны *Entacmaea medusivora*. Видовое название этих актиний — «пожиратели медуз» — говорит само за себя. Поэтому сложное поведение представителей рода *Mastigias* — компромисс между необходимостью быть на свету и одновременно избегать шу-



Морские анемоны *Entacmaea medusivora* и их добыча.

Фото М.Давсона

Таблица

Физические и биологические особенности наиболее изученных морских озер Мирового океана

Свойство озера	Арктика			Антарктика	Средиземноморье			Тропики		
	1	2*	3*	4*	5	6	7	8*	9*	10*
Подземная связь с морем	+	-	-	-	-	+	+	+	+	+
Стратификация	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Меромиксис	+	+	+	+	-	-	+	+	-	+
Розовая вода	+	?	?	-	-	-	+	+	-	+
Низкое биоразнообразие	+	+	+	?	?	+	+	+	?	+
Количественно богатый зоопланктон	+	?	+	+	-	?	+	+	+	+
Атлантическая треска	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-
Сцифоидные медузы	+	?	-	-	+	-	-	+	+	+
Морские анемоны	+	?	?	-	-	+	-	+	+	+
Губки рода <i>Suberites</i>	+	?	?	-	?	-	-	+	+	+
Эндемичные и/или реликтовые формы	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+

Примечания:

1 — оз.Могильное, Россия; 2 — оз.Россфиорд, Норвегия; 3 — оз.Огак, Канада; 4 — оз.Бертон, Антарктика; 5 — Большое озеро, Хорватия; 6 — оз.Вульямени, Греция; 7 — оз.Змаево око, Хорватия; 8 — оз.Ханг Ду I, Вьетнам; 9 — оз.Какабан, Индонезия; 10 — оз.Медуз, Палау. Знак + или - означает наличие или отсутствие признака, ? — данные отсутствуют или противоречивы.

* Системы подобных друг другу озер.

палец врагов. Интересно, что в различных озерах Палау, в зависимости от топографии, освещенности и наличия пожирателей, медузы ведут себя по-разному.

Медузы, анемоны, губки рода *Suberites*, по паре видов ракушек, рыб, иглокожих и крокодилы — вот вся макрофауна морских озер Палау. Эти водоемы анхиалиновые, сообщаются друг с другом и/или с океаном через подземные трещины и каналы в толще кораллового известняка, слагающего архипелаг. Все они стратифицированы, многие заражены сероводородом, в некоторых есть слой розовой воды. Подобные анхиалиновые морские озера найдены во Вьетнаме, на индонезийских островах Калимантан и Папуа и даже в Средиземно-

морье. Удивительно, что эти удаленные друг от друга водоемы похожи не только физическими особенностями (стратификацией, меромиксисом), но и биотой (табл.).

Я не был на озерах Палау, но видел гальку, подернутую корочкой губок, поляны морских анемонов, парящие в прозрачном свете стаи медуз... Даже наблюдал смерть несчастных в щупальцах их врагов. Потому что под водой озеро Могильное, которое я изучал, выглядит так, будто находится не в заполярной тундре, а между пальмами и манграми островов Палау. Только вместо золотых медуз рода *Mastigias* в оз.Могильном обитает арктическая цианея (*Cyanea arctica*), а вместо актиний *E.medusivora* — их родственники *Metridium*



Актинии *Metridium senile* и медузы *Cyanea arctica* из оз.Могильного.

Фото М.Л.Федюка

senile. Губки озера на о.Кильдин относятся к тому же роду *Suberites*, что и тропические жильцы.

Затерянные миры

Помимо стратификации вод и общих представителей фауны (губок, актиний и медуз в анхалиновых озерах и трески — в арктических) разные морские озера роднит их «причудливость»: расположение в чрезвычайно живописных местах, похожие истории о древнем происхождении, уникальном водном балансе, эндемичных животных и растениях, развивавшихся в специфических условиях обитания и в длительной биологической изоляции. Все это можно назвать гипотезой о морском озере как затерянном мире. Разные исследователи независимо друг от друга предполагали, что морское озеро — древняя изолированная стабильная система, эволюционирующая по своим собственным законам. Первым это сказал Дерюгин об оз.Могильном. Не умаляя ценности этой гипотезы, отмечу, что «древность», «изолированность» и «стабильность» — понятия относительные. По результатам исследований, в которых я участвовал, возраст оз.Могильного невелик — от

силы 2000 лет [10, 11]. Оно не абсолютно изолированное, в него проникают организмы из моря (однако неизвестно, приживаются ли). Наконец, за 100 с лишним лет научных наблюдений стратификация вод озера по неясным причинам менялась. Так, толщина «жилого» (соленого и аэрированного) слоя воды во времена Дерюгина (в начале XX в.) составляла 7 м, в 1960-х годах — 4 м, а в 2000-х — 6 м. Вероятно, и другие морские озера тоже не такие древние, стабильные и изолированные, как кажется их исследователям. В любом случае, ни одно морское озеро не может быть старше 8—10 тыс. лет, потому что тогда уровень воды в океане был не таким, как сегодня.

Традиционно интерес к морским озерам был связан с их «экзотичностью». Но этим их значимость не ограничивается. Морские озера — это острова, участки одной среды обитания, со всех сторон окруженные другой средой. Острова океана. Эти на первый взгляд ни на что не похожие водоемы — крошечные реплики больших морских систем. А значит, морские озера — перспективные естественные модели для изучения процессов, происходящих в морях и океанах, которые сами по себе, в силу своих огромных размеров, трудно постижимы. ■

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 07-04-01734-а) и Санкт-Петербургского государственного университета (проект 1.38.253.2014).

Литература

1. *Озерецковский Н.Я.* Описание Колы и Астрахани. СПб., 1804.
2. *Морозов Н.В.* Лоция Мурманского берега Северного Ледовитого океана от островов Вардэ до Белого моря. СПб., 1901.
3. *Linschoten J.H.* Voyage, ofte schip-vaert van Ian Hvyghen van Linschoten van by Noorden om langes Noorwegen de Noortcaep, Laplant, Vinlant, Ruslandt, de Witte Zee, de Custen van Candenoës, Svvetenoës, Pitzora, etc. door de Strate ofte Engte van Nassau tot voorby de revier Oby. Franeker, 1601.
4. *Дерюгин К.М.* Реликтовое озеро Могильное. Л., 1925.
5. *Strøm K.M.* Land-locked waters: hydrography and bottom deposits in badly-ventilated Norwegian fjords with remarks upon sedimentation under anaerobic conditions. Oslo, 1936.
6. *Dawson M.N., Martin L.E., Bell L.J. et al.* Marine lakes // Encyclopedia of Islands. Berkeley, 2009.
7. *McLaren I.A.* Population and production ecology of zooplankton in Ogac Lake, a landlocked fiord on Baffin Island // J. Fish. Res. Board Can. 1969. V.26. P.1485—1559. doi:10.1139/f69-139
8. *Харди Д.С., Рено К.Б., Пономаренко В.П. и др.* Изоляция популяций атлантической трески *Gadus morhua* (Gadiformes) в северных меромиктических озерах — повторяющийся в Арктике феномен // Вопр. ихтиологии. 2008. Т.48. С.179—190.
9. *Dawson M.N., Hamner W.M.* Geographic variation and behavioral evolution in marine plankton: the case of *Mastigias* (Scyphozoa, Rhizostomeae) // Marine Biology. 2003. V.143. P.1161—1174. doi:10.1007/s00227-003-1155-z
10. *Strelkov P., Shunatova N., Fokin M. et al.* Marine lake Mogilnoe (Kildin island, the Barents sea): one hundred years of solitude // Polar Biol. 2014. V.37. P.297—310. doi:10.1007/s00300-013-1431-4
11. *Митяев М.В., Корсун С.А., Стрелков П.П. и др.* Древние береговые линии Восточного Кильдина // Доклады АН. 2008. Т.423. С.546—550.