



РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ИНСТИТУТ ОКЕАНОЛОГИИ
ИМ. П.П. ШИРШОВА РАН



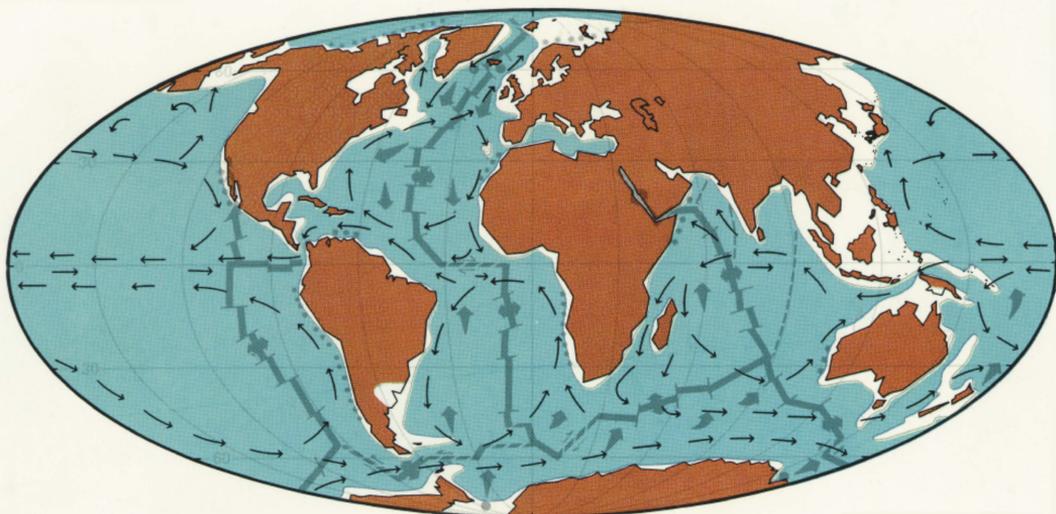
Материалы
XXII
Международной
научной
конференции
(Школы)
по морской
геологии

Москва

2017

ГЕОЛОГИЯ МОРЕЙ И ОКЕАНОВ

Том III



*РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ИНСТИТУТ ОКЕАНОЛОГИИ ИМ. П.П. ШИРШОВА РАН*

**ГЕОЛОГИЯ
МОРЕЙ И ОКЕАНОВ**

**Материалы XXII Международной научной конференции
(Школы) по морской геологии**

Москва, 20–24 ноября 2017 г.

Том III

**GEOLOGY
OF SEAS AND OCEANS**

**Proceedings of XXII International Conference on Marine
Geology**

Moscow, November 20–24, 2017

Volume III

Москва / Moscow
ИО РАН / IO RAS
2017

ББК 26.221
Г35
УДК 551.35

Геология морей и океанов: Материалы XXII Международной научной конференции (Школы) по морской геологии. Т. III. – М.: ИО РАН, 2017. – 352 с.

В настоящем издании представлены доклады морских геологов, геофизиков, геохимиков и других специалистов на XXII Международной научной конференции (Школе) по морской геологии, опубликованные в пяти томах.

В томе III рассмотрены проблемы изучения рассеянного осадочного вещества геосфер, а также исследований по проблемам «Система Белого моря» и «Система Каспийского и Аральского морей».

Материалы опубликованы при поддержке издательства ГЕОС.

Ответственный редактор
Академик А.П. Лисицын

Редакторы к.г.-м.н. Н.В. Политова, к.г.-м.н. В.П. Шевченко

Geology of seas and oceans: Proceedings of XXII International Conference on Marine Geology. Vol. III. – Moscow: IO RAS, 2017. – 352 pp.

The reports of marine geologists, geophysicists, geochemists and other specialists of marine science at XXII International Conference on Marine Geology in Moscow are published in five volumes.

Volume III includes reports devoted to the problems of investigations of dispersed sedimentary matter in geospheres, and the investigations on problems “White Sea system” and “Caspian and Aral seas system”.

Chief Editor
Academician A.P. Lisitzin
Editors Dr. N.V. Politova, Dr. V.P. Shevchenko

ISBN 978-5-89118-758-0
ББК 26.221

© ИО РАН 2017

**Ефимов В.А.¹, Беляев Б.М.¹, Василенко А.Н.¹,
Воронов Д.А.^{2,3}, Ефимова Л.Е.¹, Краснова Е.Д.⁴, Мироненко
А.А.¹, Фролова Н.Л.¹**

(¹МГУ имени М.В.Ломоносова, географический факультет, Москва e-mail: roxifixat@yandex.ru; ²Институт проблем передачи информации им. А.А.Харкевича РАН; ³Институт физико-химической биологии им Белозерского МГУ им.М.В.Ломоносова; ⁴Москва, Биологический факультет МГУ им. М.В.Ломоносова)

**Новые данные гидролого-гидрохимических исследований
стратифицированных водоёмов отделяющихся от моря
Efimov V.A.¹, Belyaev B.M.¹, Vasilenko A.N.¹, Voronov D.A.^{2,3},
Efimova L.E.¹, Krasnova E.D.⁴, Mironenko A.A.¹,
Frolova N.L.¹**

(¹Lomonosov Moscow State University, Geographical Department; ²Institute for Information Transmission Problems RAS; ³A.N. Belozersky Institute of Physico-Chemical Biology MSU; ⁴Lomonosov Moscow State University, Biological Department)

**New data of hydrological and hydrochemical explorations of
stratified water bodies separated from the sea**

Ключевые слова: Белое море, лагуна, меромиктическое озеро, гидрологическая структура, химический состав воды, биогенные элементы, водный сток, Беломорская биологическая станция

В работе представлены новые данные о морфометрии, гидрологической структуре и химическом составе водоёмов находящихся на начальной стадии отделения от моря. Проведено сравнение полученных показателей с изученными ранее меромиктическими озёрами п-ова Киндо. Выявлены основные факторы, влияющие на формирование водных масс в водоёмах.

В настоящее время вдоль побережья Белого моря отмечается постепенное обособление и отделение от моря небольших водоемов. Этот процесс происходит на протяжении длительного времени, поэтому водоемы находятся на разных этапах отделения, что позволяет выявить особенности их гидрологической эволюции.

Изучение отделяющихся водоемов полуострова Киндо продолжается более 10 лет [1, 2]. По результатам сезонных съемок 2014–2016 гг. 8 исследованных озёр были объединены в группы с разной степенью изолированности от моря [3]. Одна группа водоемов давно утратила связь с морем, трансформировавшись в пресноводные озера, в питании которых основная роль принадлежит атмосферным осадкам, поверхностному и подземному стоку. Другая группа водоемов расположена в котловинах, наследующих мелководные морские заливы. Прекращение проникновения в них морских вод при приливах и отсутствие перемешивания приводит к расслоению водной толщи и возникновению в придонных понижениях

застойных зон с более высокой соленостью и постоянной температурой. Изолированность и устойчивая плотностная стратификация вод в этих водоемах усиливают их своеобразие до сверхконтрастности, когда в слое толщиной всего лишь 1 м происходит смена хорошо аэрированных вод на воды с восстановительными условиями и высоким содержанием сероводорода. Прекращение перемешивания и возникновение слоев воды, резко различающихся по физическим и гидрохимическим параметрам, создает условия для увеличения плотности бактериальных сообществ, возникновения сообществ из микроорганизмов, способных к анаэробному фотосинтезу и хемосинтезу. Третья группа водных объектов находится под воздействием морских вод, приток которых максимален во время высоких приливов и ветровых нагонов. В водоемах третьей группы (например, озеро-лагуна у Зеленого мыса) могут наблюдаться колебания уровня воды, периодическая смена водных масс и отсутствие их смены в застойных зонах придонных слоев [3].

Объекты и методы. В сентябре 2017 г. сотрудниками и студентами географического факультета МГУ совместно с сотрудниками ББС им. Перцова были впервые подробно исследованы три отделяющихся от моря водоема, расположенные на юго-восточном побережье Кандалакшского залива: лагуны Глубокая и Мероламбина, озеро Тонисоар (рис.).

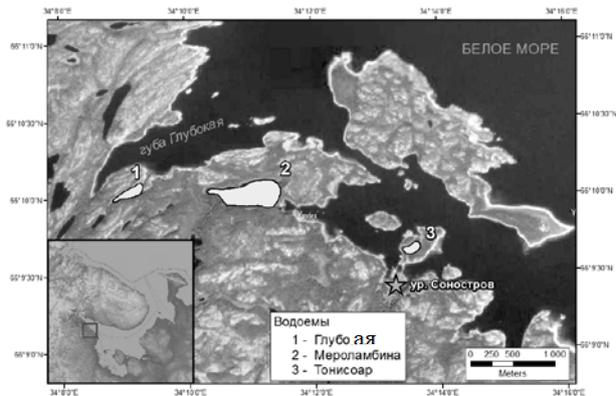


Рисунок. Расположение исследованных озер

В ходе проведения комплексных исследований были выполнены батиметрические съемки водоемов с использованием эхолота Lowrance Elite – 5hdi, построены батиметрические карты. Проведено зондирование водной толщи. Значения pH и Eh определялись при помощи портативного pH-Eh метра. Температуру и электропроводность воды измеряли с помощью полевых кондуктометров YSI Pro30. Концентрация растворённого в воде кислорода определялась оксиметром YSiODO. В глубоководных частях водоемов отобраны, а затем отфильтрованы через мембранный фильтр и

законсервированы пробы воды для последующего определения в них компонентов химического состава. Пробоотбор проводился с помощью погружного насоса с гибким шлангом и размеченным тросом. Лабораторный анализ выполнен согласно методикам, изложенным в [4].

Результаты. Исследованные водоёмы находятся на начальной стадии эволюции морского залива и его превращения в пресноводное озеро. Они заметно различаются по морфометрическим показателям, что оказывает влияние на их гидролого-гидрохимические характеристики. Площадь акватории лагуны Мероламбина почти в 6 раз превышает площадь акватории лагуны Глубокая и в 10 раз – озера Тонисоар. При этом оз. Тонисоар, глубины в котором достигают 10 и более метров, самый глубокий из исследованных водных объектов.

Лагуна Мероламбина характеризуется широким диапазоном солёности (в период исследований – от 1.9 до 17.3‰). Воды лагуны стратифицированы, что обусловлено как заметным воздействием речного стока, так и сильным влиянием приливов. Минимальные значения солёности характерны для поверхностного слоя воды толщиной 1–2.5 м. Распреснённые воды имеют пониженные значения pH и пониженные, относительно нижележащей водной массы температуры, обусловленные притоком более холодных пресных вод с водосбора. Поверхностный слой воды хорошо аэрирован (100% насыщения), что связано с активным перемешиванием. Водная масса, расположенная на глубинах 2.5–5 м практически однородна по всей толще водоема. Солёность вод постепенно возрастает, однако содержание кислорода, температура и pH воды изменяются незначительно. Эта водная масса, вероятно, представляет собой наследованную водную массу предыдущей фазы приливного цикла или предыдущего сезона. Ниже слоя 5.5–8 м залегает глубинная водная масса, теряющая кислород, что связано с процессами деструкции, которые, однако, идут менее интенсивно, чем в других исследованных водных объектах. Отсутствие сероводородного заражения водоема позволяет микроорганизмам развиваться в придонных слоях озера. Для всей водной толщи характерно низкое, по сравнению с другими обследованными водными объектами, содержание фосфатов (как в растворенной, так и во взвешенной форме), а также общего фосфора, максимальная концентрация которого отмечена в придонных слоях водоема (58 мкг/л).

Губа Глубокая – водный объект с широким и высоким порогом. Постоянный приток пресной воды в лагуну почти в 100 раз меньше, чем в лагуну Мероламбина. В период исследования солёность водоема по глубине изменялась от 17.2 до 23.3‰, причем, в верхнем метровом горизонте происходило увеличение показателя на 2.7‰, а ниже (от 1 до 5 м) наблюдалась изогалия. На глубине 5–6 м вновь отмечен рост солёности, а на горизонте 6–8 м – изогалия. Температура воды изменялась с 11.6 у поверхности до 4.6°C в придонных слоях. Содержание растворенного кислорода до глубины 5 м составило 95–80% насыщения, что обусловлено

периодическим перемешиванием водной толщи и деятельностью фитопланктона. Однако, уже ниже 6 м отмечались признаки сероводородного заражения. В придонных слоях воды ощущался характерный запах, а значения Eh изменялись от 300 до -250, что свидетельствует о смене окислительно-восстановительных условий. Для разных зон водоема (с окислительными и восстановительными условиями) характерны и различия кислотности: от слабощелочной (8.2) до нейтральной (6.9). В отличие от лагуны Меролампина, в водах лагуны Глубокая преобладающей формой фосфора оказались фосфаты (как растворенные, так и содержащиеся во взвеси). Концентрации минерального и валового фосфора с глубиной увеличились в 15 и более раз (от 15 у поверхности до более 400 мкг/л у дна). Накопление минерального фосфора в придонных слоях водоема происходит как ввиду отсутствия его потребления, так и поступления из донных отложений в условиях аноксии.

Характерные признаки меромиксии отмечены в воде озера Тонисоар, имеющего с морем периодическую связь. Распределение гидрологических характеристик этого водоема обнаружило заметное сходство с исследованным ранее озером-лагуной у Зелёного Мыса в Кислой губе Белого моря [1–3]. Соленость оз. Тонисоар 19–24‰. Верхний слой (до 2 м) находится под влиянием морских солёных вод, что приводит к постоянному перемешиванию воды. Температура воды в слое постепенно возрастает с 10 до 12°C, содержание кислорода практически не меняется и составляет 100%_{нас.} рН уменьшается в небольшом диапазоне от 8.1 до 7.9. На глубинах 2.5–3.5 м при высокой прозрачности воды (4.1 м) активно развиваются сообщества фотосинтезирующих организмов. Это граница фотического слоя. Отмечено увеличение концентрации O₂ до 122%, рост температуры до 14°C и незначительное возрастание рН. Ниже 3.5 м, в результате протекания процессов деструкции органического вещества происходит уменьшение рН с 7.9 до 7.3. Для нижележащей водной массы характерно постепенное уменьшение концентрации O₂, температуры (до 4°C) и рН. На глубине 7.5 м отмечены смена окислительных условий на восстановительные и сероводородное заражение. Вертикальное распределение содержания форм фосфора схоже с их распределением в лагуне Глубокая, с той разницей, что до глубины 5 м фосфаты полностью отсутствуют, а концентрация валового фосфора составляет менее 15 мг/л и представлена органической формой, что, скорее всего, обусловлено деятельностью живых организмов. Отметим, что общее микробное число в воде оз. Тонисоар наибольшее среди всех исследованных озер. Оно максимально у поверхности и у дна (ок. 5*10⁵ кл/мл). В лаг. Глубокая и Меролампина отмечены величины на порядок меньше, за исключением горизонта 6.5 м (ниже хемоклина) в лагуне Глубокая, где значение данного показателя достигает почти 3*10⁵ кл/мл.

В придонном слое оз. Тонисоар наблюдались концентрации фосфатов, достигающие 130 мкг/л, что почти в 2 раза ниже значений, отмеченных в придонных слоях лаг. Глубокая, органический фосфор также отсутствовал.

Натурный эксперимент (методом трубок Романенко) показал, что потоки минерального фосфора направлены из донных отложений в воду. Минимальная величина потока характерна для лагуны Мероламбина (1.6 мг/л в сут.); максимальная (10.5 мг/л в сут.) – отмечена в оз. Танисаари, где, как и в лагуне Глубокая обусловлена наличием аноксии.

В результате исследований получены новые данные о стратифицированных водоёмах, отделяющихся от Белого моря. Исследованные водоёмы по своим особенностям вертикальной гидрологической структуры близки к озеру-лагуне Зелёный Мыс вблизи ББС МГУ, однако различия морфометрических показателей обуславливают особенности расположения хемоклина и водных масс в водоёмах. В формировании гидрологической структуры лагуны Мероламбина заметная роль принадлежит речному стоку, поступление которого, наряду с влиянием приливов, противодействует формированию меромиксии. Развитие аноксии в придонных слоях стратифицированных водоёмов создает условия для поступления минерального фосфора из донных отложений в воду и накопление при отсутствии его потребления.

Лабораторные исследования и анализ результатов выполнены при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 14-17-00155П), полевые работы проведены при финансовой поддержке РФФИ (проект № 16-05-00548-а).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Краснова Е.Д., Воронов Д.А., Демиденко Н.А. и др. Исследования отделяющихся водоёмов на побережье Белого моря // Комплексные исследования Бабяего моря, полу-изолированной беломорской лагуны: геология, гидрология, биота — изменения на фоне трансгрессии берегов. Труды Беломорской биостанции МГУ, т. 12. Т-во научных изданий КМК Москва, 2016. С. 211–241.
2. Vasil'chuk Y.K., Frolova N.L., Krasnova E.D. et al. Water isotopic-geochemical composition in the Trekhtsvetnoe meromictic lake on the White Sea coast // Water Resources. 2016. V. 43. № 5. P. 828–838.
3. Ефимова Л.Е., Фролова Н.Л., Краснова Е.Д. и др. Гидрохимические особенности водоёмов западного побережья Белого моря: от морских лагун – к меромиктическим озерам // Материалы научной конференции Современные проблемы гидрохимии и мониторинга качества поверхностных вод. Ростов-на-Дону, Т. 1. Ростов-на-Дону, 2015. С. 39–43.
4. Руководство по химическому анализу морских и пресных вод при экологическом мониторинге рыбохозяйственных водоёмов и перспективных для промысла районов Мирового Океана. М.: Изд-во ВНИРО, 2003. 202 с.

The paper presents new data on morphometry, hydrological structure and chemical composition of water bodies on the initial stages of separation from the sea. The main factors influencing the formation of water masses in reservoirs have been identified.