

Новые данные гидролого-гидрохимических исследований стратифицированных водоёмов отделяющихся от моря.

Василенко Александр Николаевич, Беляев Борис Михайлович, Ефимов Василий Антонович, МIRONENKO Анастасия Александровна

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

Северо-западное побережье Белого моря испытывает в настоящее время постепенное гляциоизостатическое поднятие, обуславливающее отделение от моря мелководных заливов. В образующихся водоемах, благодаря взаимодействию пресных и соленых вод, начинаются процессы меромиктизации – образования неперемешивающихся озер с пресными и солеными слоями. Поскольку геологические процессы протекают медленно, современные отделяющиеся водоемы находятся на различных стадиях превращения в меромиктические озера, что позволяет выделить и изучить их гидрологические особенности на различных стадиях отделения от моря.

С 2014 г студентами и сотрудниками кафедры гидрологии суши географического факультета МГУ, совместно с сотрудниками ББС МГУ и биологического факультета МГУ проводятся регулярные экспедиции, целью которых является изучение гидролого-гидрохимических особенностей этих уникальных водных объектов, расположенных в окрестностях ББС МГУ. За эти годы в этом районе было выделено 3 типа озер.

Представленные в большом количестве пресные водоемы, давно отделившиеся от моря.

Меромиктические озера, недавно утратившие связь с морем, наследующие котловины мелководных заливов. В придонных слоях этих водоемов, в условиях отсутствия перемешивания образуются застойные, соленые, гомотермические, анаэробные водные массы. В них устанавливаются восстановительные химические условия, сообщества фотосинтезирующих организмов сменяются сообществами хемосинтезирующих. При этом, пресные слои таких водоемов могут быть насыщены и даже пересыщены кислородом. На границе пресных и соленых вод, в хемоклине, обычно образуются значительные сообщества микроорганизмов. Порой их плотность настолько велика, что образуются цветные слои (в зависимости от цвета преобладающих бактерий или водорослей).

Отделяющиеся от моря в настоящее время водоемы, в которые происходит поступление морских вод при приливах и штормах. Эти водоемы могут перемешиваться при больших поступлениях соленых вод. Определенную часть времени в них наблюдается стратификация и формируется сероводородное заражение. Состояние этих водоемов зависит от гидрометеорологических и гидрогеологических условий конкретного периода и от стадии отделения от морской акватории.

Данные и методы

В сентябре 2017 г были проведены исследования новых водоемов, расположенных в юго-восточной части Кандалакшского залива, в окрестностях урочища Соностров (рис. 1).

Было проведено обследование 3-х водоемов, различных по своим морфометрическим характеристикам и имеющих различную интенсивность связи с морем. Причем, все 3 объекта находятся на более ранних стадиях отделения, чем озеро Кисло-Сладкое и лагуна на Зеленом мысу. На всех водоемах были проведены промерные работы, выполнены

гидрологические съемки [Наставления..., 1972] и отобраны пробы воды для последующего гидрохимического анализа [Руководство по химическому анализу..., 2003].

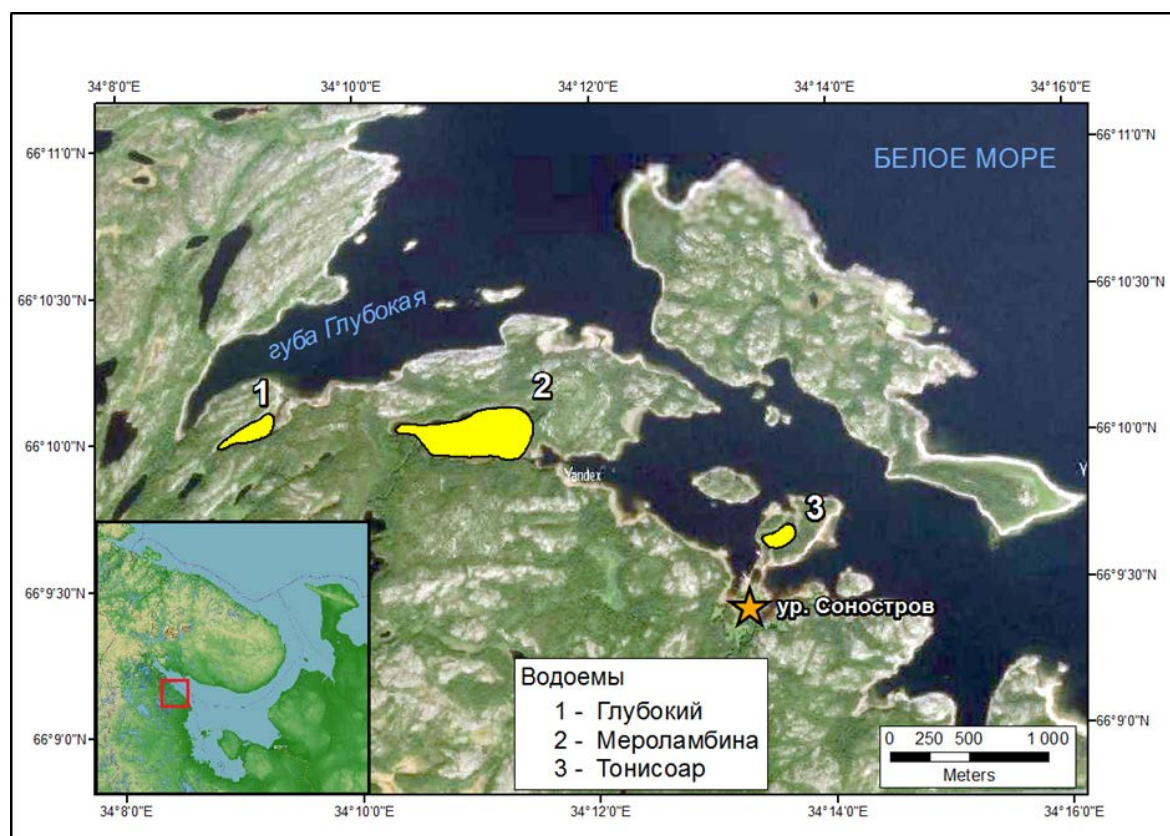


Рис. 1. Карта-схема района работ.

Результаты

Морфометрические характеристики исследованных водоемов представлены в таблице 1. Существует сходство в строении котловин: наличие значительных по площади отмелей и одной котловины с максимальной глубиной.

Таблица 1. Морфометрические характеристики исследованных водоемов.

Название водоема	Протяжённость береговой линии l , м	Длина L , м	Максимальная ширина $B_{\max}$, м	Максимальная глубина $H_{\max}$, м	Средняя глубина $H_{\text{ср}}$, м	Площадь водного зеркала, м^2
Мероламбина	2040	870	330	8,7	4,8	189500
Тонисоар	560	230	110	10,1	3,9	20100
Глубокий	900	400	120	9,4	4,0	33400

В водоём Мероламбино впадает приток с расходом $7,71 \text{ м}^3/\text{с}$. Через перемычку происходит сток величиной $5,45 \text{ м}^3/\text{с}$. В прилив в озеро поступает вода с расходом около $14,7 \text{ м}^3/\text{с}$. В таких условиях в озеро формируется 3 водные массы. Поверхностная, распресненная, выхоленная, полностью насыщенная кислородом. Данная водная масса формируется взаимодействием пресных и соленых вод осеннего периода. Глубже (до глубины 5 м) залегает водная масса практически однородная по температуре, солености и

относительному содержанию растворенного кислорода (более 80%). По всей видимости, она сформирована при иных соотношениях пресных и соленых вод в данной эстуарии. В придонном горизонте находится наиболее соленая, охлаждающаяся ко дну водная масса с понижением относительного содержания растворенного кислорода до 21,4%.

Предположительно, водные массы водоема формируются при различных соотношениях величин прилива и речного стока в различные сезоны года. С учетом принадлежности водоема к более крупному заливу Белого моря, а также достаточно значительного пресного стока в рассматриваемом районе, соленость, а, следовательно, плотность вод прилива может изменяться в довольно значительных пределах. Соответственно, водоем может перемешиваться полностью или частично, в пределах одной-двух водных масс, в зависимости от солености и температуры поступающих морских вод.

В гидрологическом отношении водоем Мероламбина представляет собой блокированный стратифицированный микроприливной эстуарий лагунного типа малой реки [Горин и др, 2012]

Озеро Тонисоар – бесприточный водоем, расположенный на острове, имеющий площадь водосбора близкую к площади акватории. В водоеме выделено 2 водные массы. Опресненная и выхоложенная поверхностная (до глубины 2,5 м). А также охлаждающаяся ко дну с практически одинаковой соленостью – глубинная. Подобное разделение характерно для отделяющихся водоемов окрестностей ББС МГУ. На границе водных масс наблюдается повышение относительного содержания растворенного кислорода до 120% (по сравнению с полным насыщением на поверхности). На глубинах 7-9 м расположена аноксигенная зона.

Водоем Глубокий имеет приток величиной около 30 л/с и превышающий его сток (0,2-0,5 м³/с). Во время прилива наблюдается значительный приток морской воды через перемычку. В период исследования соленость водоема по глубине изменялась от 17,2 до 23,3 ерс, причем, в верхнем метровом горизонте происходило увеличение показателя на 2,7 ppt, а ниже (от 1 до 5 м) наблюдалась изогалия. На глубине 5-6 м вновь отмечен рост солености, а на горизонте 6-8 м - изогалия. Температура воды изменялась с 11,6 у поверхности до 4,6°С 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 озере сформировались 5 водных масс. Пресная и выхоложенная поверхностная (0-0,5 м) на плесе при впадении притока. Более соленая поверхностная, покрывающая большую часть водоема. Однородная соленая водная масса, заполняющая большую часть чаши водоема (1-5 м). На глубинах 5-6 м располагается термоклин и хемоклин. Глубже расположена соленая и холодная бескислородная водная масса. Формирование этой структуры связано с характеристиками приливов, морфометрическими характеристиками озера, а также влиянием пресного стока и атмосферных осадков.

Показатели pH и Eh в водоёмах варьируются от слабощелочных в поверхностном слое, до слабокислых в придонном слое. Для озёр Тонисоар и Глубокое характерно постепенное падение величины pH ко дну в результате увеличения интенсивности процессов деструкции. Показатели Eh свидетельствуют о переходе от окислительных к восстановительным условиям в придонных слоях, что связано с их сероводородным заражением. В лагуне Мероламбина величины pH меняются согласно выделенным водным массам. Для всех озёр

характерно уменьшение рН в поверхностном слое, вследствие поступления кислых пресных вод.

Распределение биогенных элементов в водоёмах имеет свойственную меромиктическим водоёмам структуру. Содержание фосфора увеличивается от поверхности ко дну. При этом, у дна преобладает минеральная форма. Отсутствие потребления приводит к значительному накоплению фосфора (до 470мг/л). Значительная доля фосфора в придонных слоях (около 40-50%) находится в связанном с частицами взвеси состоянии. В водоёмах происходит поступление минерального фосфора из донных отложений. Наибольшая интенсивность этого процесса отмечена в оз. Глубокое и достигает 10мг/л/сут. Концентрации кремния имеют стандартное для меромиктических озёр распределение в озере Тонисоар и постепенное понижение концентраций в водоёмах Мероламбино и Глубокое. Это связано со значительным влиянием морских водных масс на гидрологический режим последних.

Заключение

В результате исследований получены новые данные о стратифицированных водоёмах, отделяющихся от Белого моря.

Исследованные водоёмы близки озеру-лагуне Зелёный Мыс, однако различия морфометрических показателей обуславливают особенности расположения хемоклина и водных масс в водоемах.

В формировании гидрологической структуры лагуны Мероламбино заметная роль принадлежит речному стоку, поступление которого, наряду с влиянием приливов, противодействует формированию в нем меромиксии.

Развитие аноксии в придонных слоях стратифицированных водоемов создает условия для поступления минерального фосфора из донных отложений в воду и накопление при отсутствии его потребления.

Благодарность

Полевые работы, лабораторные исследования и анализ результатов проведены при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 14-17-00155).

Список литературы

Горин С.Л., Михайлов В.Н. Новые определения, районирование и типизация устьевых областей рек и их частей – эстуариев. Водные ресурсы, 2012, том 39, №3, с. 243-257

Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Выпуск 7. Часть I. Гидрометеорологические наблюдения на озерах и водохранилищах (3-е издание, переработанное и дополненное), 1972.

Руководство по химическому анализу морских и пресных вод при экологическом мониторинге рыбохозяйственных водоемов и перспективных для промысла районов Мирового Океана. М.: Изд-во ВНИРО, 2003. 202 с.