

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ М.В. ЛОМОНОСОВА
БИОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ
БЕЛОМОРСКАЯ БИОЛОГИЧЕСКАЯ СТАНЦИЯ -
ИМЕНИ Н.А. ПЕРЦОВА

МАТЕРИАЛЫ

научной конференции
«Морская биология, геология, океанология -
междисциплинарные исследования на морских
станциях»,
посвященной 75-летию
Беломорской биологической
станции им. Н.А. Перцова
27 февраля – 1 марта 2013 года



Москва ❖ 2013

УДК 592: 574.5 (268.46)

Материалы научной конференции «Морская биология, геология, океанология – междисциплинарные исследования на морских станциях», посвященной 75-летию Беломорской биологической станции МГУ (Москва, МГУ им. М.В. Ломоносова, 27 февраля — 1 марта 2013 г.): Тезисы докладов.— М.: Товарищество научных изданий КМК, 2013.— 368 с. Электронная версия.

В сборник включены тезисы докладов, подготовленные участниками XII научной конференции Беломорской биостанции им. Н.А. Перцова Биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова с международным участием: «Морская биология, геология, океанология — междисциплинарные исследования на морских станциях» (27 февраля — 1 марта 2013 г.). Конференция посвящена 75-летию биостанции. Представлены результаты исследований в области биологии, геологии, географии и комплексных работ, выполненных на морских станциях России и за рубежом, в том числе на Беломорской биостанции МГУ.

*Издание подготовлено при финансовой поддержке РФФИ
(грант 13-04-06015-з)*

ISBN 978-5-87317-894-0

© БС МГУ, 2013
© Т-во научных изданий
КМК, издание, 2013

О.М. Горшкова¹, А.В. Краснушкин¹, С.В. Пацаева²,
А.В. Харчева², Д.А. Хунджуа², В.И. Южаков²

1 — Географический ф-т, 2 — Физический ф-т МГУ
им. М.В. Ломоносова

Берега и дно Кандалакшского залива Белого моря поднимаются со средней скоростью 0,5 см/год (Пантюлин, Краснова, 2011). Из-за быстрого поднятия Карельского берега Белого моря, которое началось после схода ледника 11 тысяч лет назад и продолжается в настоящее время, существенно меняются очертания берегов: острова прирастают к берегу, заливы и проливы отделяются от моря и превращаются в солоноватые озера. Объединяющая эти водоемы гидрологическая особенность — слабый постоянный пресный сток. Однако соленость воды — далеко не единственный параметр, который изменяется по мере изоляции. По мере отделения от моря происходят серьезные изменения физико-химических свойств водоема и структуры водного сообщества. Такие водоемы, которые, постепенно утрачивают морской облик и превращаются в солоноватые лагуны или озера, называют «отшнуровывающими»

ся». На их примере возможно изучение гидрологической эволюции. В свою очередь геоморфологические и гидрологические особенности формируют специфические гидрохимические и гидробиологические условия.

Следующие факторы определяют интерес ученых к отшнуровывающимся водоемам:

- нестабильность природных экосистем и смена морской среды на пресноводную;
- резкие переходы в водоеме с глубиной от окислительных условий к восстановительным;
- резкое изменение температуры, солености и других гидрохимических параметров при изменении глубины от 0 до 4–6 м;
- смешение морских и пресноводных видов гидробионтов;
- в ряде случаев, сохранение реликтовых видов гидробионтов.

Следует отметить, что отшнуровывающиеся озера являются уникальным объектом для изучения природного органического вещества, его форм и трансформации в процессе превращения морских водоемов в пресноводные. Растворенное органическое вещество (РОВ) воды и органическое вещество донных отложений таких водоемов практически не изучены.

РОВ присутствует во всех без исключения типах природной воды. Его содержание в природной воде невелико — от 0,5 до 50 мг/л, однако при этом РОВ составляет значительный резервуар органического углерода на Земле, превышающий запасы органического вещества всех живых организмов. Методом мембранной ультрафильтрации РОВ можно разделить по дисперсности на коллоидную форму (КОВ, наночастицы РОВ размером 5–200 нм) и истинно растворенное органическое вещество, или низкомолекулярную фракцию (НМФ), с частицами менее 5 нм (Горшкова, Гурский, Конюхов, 1996). Поскольку РОВ природного происхождения из-за наличия гуминовых соединений хорошо поглощает УФ свет и люминесцирует, его спектры с успехом используются в задачах контроля водных экосистем (Горшкова и др., 2010). Спектры флуоресценции различных типов природной воды отличаются по зависимости длины волны максимума испускания и значения квантового выхода флуоресценции от длины волны возбуждающего излучения (Shubina et al., 2009).

Данная работа посвящена изучению химических и спектрально-оптических характеристик РОВ воды в отшнуровывающихся озерах на территории Беломорской биологической станции МГУ. Во время экспедиции института океанологии им. П.П. Ширшова РАН в конце августа — начале сентября 2008 г. были отобраны пробы воды из следующих водоемов: 1) оз. Нижнее Ершовское; 2) лагуна Зеленого мыса — оз. Верхнее Ершовское; 3) оз. Водозаборное; 4) оз. Кисло-сладкое; 5) Черная речка; 6) бухта Биофильтров; 7) бухта Биофильтров — около речной перемычки в 300 м от ББС МГУ; 8) водопроводная вода на ББС (из Водозаборного озера).

Во всех пробах воды измерены органический углерод Сор_г, общий азот Ноб_щ (в лаборатории химии океана ИО РАН на ТОС-анализаторе Shimadzu), оптическая плотность на длине волны 260 нм (D260, спектрофотометр Spexord), проведена оценка содержания гуминовых кислот (ГК) спектрофотометрическим методом. Концентрация РОВ определена как (С_{РОВ}) = 2·Сор_г, а коэффициент соотношения поглощающего и общего органического вещества рассчитан по формуле K260 = 100·D260/(С_{РОВ}).

Пробы 2, 4, 5 и 7 были исследованы более детально в учебно-научной эколого-аналитической лаборатории кафедры рационального природопользования географического факультета МГУ методом мембранной ультрафильтрации с использованием ядерного микрофильтра с диаметром пор 200 нм и ультрафильтра УАМ-50 с диаметром пор 5 нм РОВ в этих пробах было разделено на фракции НМФ и КОВ.

Измерения показали, что для природной воды значительная доля РОВ находится в коллоидной форме. Например, для отделенного оз. Верхнее КОВ составляет 47% от РОВ. Некоторые полученные данные представлены в табл. 1.

Для исходных проб 2, 4, 5 и 7, а также фракций НМФ и КОВ в лаборатории молекулярной спектроскопии кафедры общей физики физического факультета МГУ были измерены спектры поглощения (спектрофотометр Unicо) и спектры флуоресценции при возбуждении на длинах волн λ_в = 270, 310 и 355 нм (флуориметр Solag SM2203), рассчитаны значения квантового выхода флуоресценции методом эталонного соединения.

Типичный спектр флуоресценции РОВ при УФ возбуждении состоит из двух широких перекрывающихся полос: УФ полосы с максимумом в области 300–350 нм (флуоресценция ароматических

аминокислот или фенольных соединений) и свечения в видимой области спектра с максимумом 400–450 нм (флуоресценция гуминовых соединений). Максимум свечения гуминовых соединений зависит от длины волны возбуждения. При изменении длины волны возбуждения от 270 до 310 нм максимум полосы испускания смещается в сторону более коротких длин волн. Это явление известно как «синий сдвиг» спектров испускания (Shubina et al., 2009).

Таблица 1. Химические характеристики РОВ оз. Верхнего, оз. Кисло-сладкого, Черной речки и бухты Биофильтров.

Проба	Сорг, мгС/л	С _{РОВ} , мг/л	С/Ν	гк, мг/л	гк, %	D260	K260
2	9,9	19,72	24,7	3,1	15,7	0,112	5,7
4	16,2	32,4	33,5	9,8	30,2	0,281	8,7
5	11,9	23,8	43,1	8,4	35,3	0,236	9,9
7	21,9	43,8	43,0	3,1	7,1	0,101	2,3

Для изученных проб воды флуоресценция в УФ диапазоне была значительно меньше, чем свечение гуминовых соединений в видимой области спектра. Спектроскопические характеристики как исходной воды, так и фракций РОВ оказались сходными для отшнуровывающихся озер Верхнего, Кисло-сладкого и бухты Биофильтров (пробы 2, 4 и 7). Усредненные по этим пробам характеристики РОВ, НМФ и КОВ приведены в табл. 2.

Озеро Кисло-сладкое, известное также под названием Полупресное, изучается уже более десяти лет (Шапоренко и др., 2005). Наблюдения показали, что вертикальная структура солености в водоеме остается неизменной, а сезонные колебания температуры распространяются только до 5 м, поэтому данный водоем отнесен к категории меромиктических (Пантюлин, Краснова, 2011).

Таблица 2. Спектроскопические характеристики РОВ и его фракций для озер Верхнего, Кисло-сладкого и бухты Биофильтров.

Фракция	Квантовый выход флуоресценции, %			Длина волны максимума полосы испускания, нм			Величина «синего сдвига», нм	
	λ _в = 270 нм	λ _в = 310 нм	λ _в = 355 нм	λ _в = 270 нм	λ _в = 310 нм	λ _в = 355 нм	Δλ1	Δλ2
РОВ	1,5	2,0	3,1	454	434	456	20	22
НМФ	3,0	2,7	3,7	454	428	455	36	32
КОВ	1,4	1,7	2,3	450	414	446	25	26

Для РОВ воды озер Кисло-сладкого, Верхнего и бухты Биофильтров зависимости спектральных характеристик от длины волны возбуждения оказались типичными для органического вещества с высоким содержанием фульвокислот: квантовый выход флуоресценции меняется от 1,5 до 2 и 3,1% при увеличении длины волны возбуждения в ряду 270–310–355 нм, а величина «синего сдвига» спектра испускания при изменении длины волны возбуждения (Δλ1 при переходе от λ_в = 270 нм к 310 нм и Δλ2 при переходе от λ_в=355 нм к 310 нм) принимает значения 20–22 нм.

Для пробы 5 (Черная речка) значения квантового выхода флуоресценции меньше, чем для проб воды из отделяющихся водоемов (соответственно, 1,1–1,5–2,6% для длины волны возбуждения 270–310–355 нм). Величина «синего сдвига» также меньше, и составляет 15–16 нм. Сопоставление со спектроскопическими характеристиками коммерческих гуминовых препаратов, для которых практически отсутствует зависимость квантового выхода флуоресценции от длины волны возбуждения и не наблюдается «синий сдвиг» спектров флуоресценции (Гостева и др., 2011), позволяет сделать вывод о том, что в РОВ воды Черной речки содержится значительная доля фульвокислот, но все же она ниже, чем доля фульвокислот в составе РОВ отшнуровывающихся водоемов.

Отделяющиеся соленые озера на разных стадиях изоляции могут стать модельным объектом для фундаментальных комплексных исследований сукцессии водных и прибрежных экосистем, в

том числе и в рамках программы изучения растворенного органического вещества природной воды.