



РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
РОССИЙСКИЙ ФОНД
ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ИНСТИТУТ ОКЕАНОЛОГИИ
ИМ. П. П. ШИРШОВА РАН



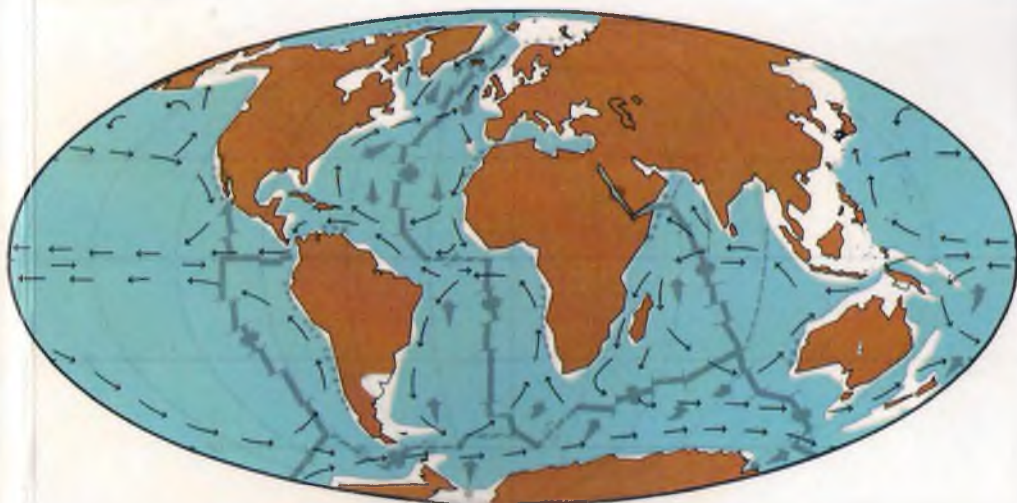
Материалы
XX
Международной
научной
конференции
(Школы)
по морской
геологии

ГЕОЛОГИЯ МОРЕЙ И ОКЕАНОВ

Москва

2013

Том III



ББК 26.221
Г35
УДК 551.35

Геология морей и океанов: Материалы XX Международной научной конференции (Школы) по морской геологии. Т. III. – М.: ГЕОС, 2013. – 424 с.

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

В томе III рассмотрены проблемы изучения нано- и микрочастиц и потоков вещества и энергии (атмо-, крио-, гидро-, лито-, седиментосферы), а также исследований по проблемам «Система Белого моря» и «Система Каспийского и Аральского морей».

Материалы опубликованы при финансовой поддержке Отделения наук о Земле РАН, Российского Фонда Фундаментальных Исследований (грант 13-05-06021), 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 XX International Conference on Marine Geology. Vol. III. – Moscow: GEOS, 2013. – 424 p.

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

Volume III includes reports devoted to the problems of investigations of nano- and microparticles and mass and energy fluxes (atmo-, cryo-, hydro-, litho-, sedimentospheres), 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 978-5-89118-640-8
ББК 26.221

© ИО РАН 2013

**Харчева А.В.¹, Краснова Е.Д.², Воронов Д.А.³,
Горшкова О.М.⁴, Пацаева С.В.¹**

¹ Физический фак-т МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва, e-mail: spatsaeva@mail.ru;

² Беломорская биологическая станция им. Н.А. Перцова Биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, пос. Приморский, Карелия, e-mail:

e.d.krasnova@mail.ru; ³ Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича РАН, г. Москва; ⁴ Географический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва)

Спектрально-оптические и физико-химические свойства воды в меромиктических водоемах Кандалакшского залива Белого моря

**Kharcheva A.V.¹, Krasnova E.D.², Voronov D.A.³,
Gorshkova O.M.⁴, Patsaeva S.V.¹**

¹ Faculty of Physics, Lomonosov Moscow State University; ² Nikolai Pertsov White Sea Biological Station, Biology Department Lomonosov Moscow State University; ³ Institute for Information Transmission Problems of the Russian Academy of Sciences (Kharkevich Institute); ⁴ Geography Department Lomonosov Moscow State University)

Spectral-optical and physicochemical properties of water in meromictic basins in the Kandalaksha Gulf of the White Sea

В результате постгляциального изостатического подъема берегов Белого моря в районе Кандалакшского залива некоторые морские лагуны изолируются от моря с постепенным опреснением поверхностного слоя воды. Гидрологическая особенность водоемов, отделяющихся от моря – поступление пресной воды, прогревающейся летом, в поверхностные слои и сохранение холодной соленой воды на глубине. Эти водоемы интересны для изучения своей вертикальной стратификацией и признаками меромиктических озер, в которых слои воды практически не перемешиваются. Вода на разных горизонтах отличается не только температурой и соленостью, но и другими физико-химическими характеристиками: содержанием растворенного в воде кислорода, растворенного органического вещества, спектрально-оптическими свойствами и структурой водного сообщества [1–3].

Работа посвящена исследованию нескольких водоемов на разных стадиях отделения от Белого моря в окрестностях Беломорской биологической станции им. Н.А. Перцова МГУ им. М.В. Ломоносова.

Во время экспедиции в июле-августе 2013 г. при помощи погружаемого насоса с шагом по глубине от 0.1 до 0.5 м отобраны образцы воды, включая слой придонной воды с осадком, и измерены следующие характеристики: температура воды, соленость, рН и концентрация растворенного кислорода. Из воды слоев с яркой окраской приготовлены ацетоновые и этанольные экстракты для изучения пигментного состава микроорганизмов, и из образцов придонной воды – гексановые экстракты для изучения органического

вещества донных осадков. В лабораторных условиях измерены спектры поглощения и флуоресценции природной воды и экстрактов с использованием спектрофотометра Unicо и флуориметра Solar CM2203.

Оз. Трехцветное в Пеккелинской губе имеет глубину 6,5 м и обладает четкой вертикальной стратификацией. На поверхности до глубины 1 м вода практически пресная, и, начиная с глубины 1,5 м, соленость возрастает до 22‰. Поверхностная вода желтая без запаха, рН более 8, температура в июле достигала 20 °С. Средний слой – от 1,5 до 2 м с соленостью 15–20‰, температурой около 15 °С, окрашен в зеленый цвет, рН в нем падает от 8 до 6. Глубинный слой – соленый и холодный с сильным запахом сероводорода, температура ко дну падает до 6 °С, соленость повышается до 22‰, реакция среды кислая, рН 6.

Оз. Кисло-Сладкое (другое его название Полупресная лагуна) – соленое озеро с максимальной глубиной около 4,5 м, расположенное в 1,5 км от биостанции, соединяющееся с морем небольшим протоком, вследствие чего морская вода может попадать в озеро во время высоких приливов.

Оз. Еловое (ур. Еловый Наволок на берегу материка близ острова Елового в Кузокоцком архипелаге) – пресное на поверхности и соленое, начиная с глубины 1,5 м до максимальной глубины 5 м, соединяющееся с Белым с морем ручьем, морская вода в него практически не попадает.

Оз. Нижнее Ершовское – нижнее из двух озер, образовавшихся на месте древнего пролива, оно соединено протокой с пресным Верхним Ершовским озером, из которого получает пресную воду. Максимальная глубина водоема – 2,5 м. Большая часть водной толщи почти пресная, но донные углубления, начиная с 2 м, заполнены солоноватой водой 5,9–7,7‰. Из Н. Ершовского в море вытекает пресный ручей, морская вода в озеро не поступает.

Соленая лагуна на Зеленом мысу – частично изолированный от моря водоем, в который через порог во время прилива поступает морская вода из Кислой губы. Глубина водоема 6,5 м; амплитуда приливных колебаний около 10 см. Соленость воды в нижних слоях лагуны выше, чем в прилегающей части моря: начиная с глубины 3 м она составляет 27‰ и ко дну повышается до 28‰. Реакция среды в верхней части водоема на уровне морской – 8, в нижней постепенно падает до 6,8.

Во всех водоемах обнаружена сероводородная придонная водная масса: в оз. Трехцветном на глубине 1,7 м, в оз. Кисло-Сладком на 3,2 м, в оз. Еловом – 2,9 м, в оз. Ершовское – 2,3 м и в лагуна на Зеленом мысу – 4,6 м. На определенной глубине в каждом из исследованных водоемов находился слой с яркой окраской. В оз. Трехцветном на глубине 1,5–1,75 м располагался слой ярко зеленого цвета, в оз. Кисло-сладком на 3,0–3,1 м – красный слой, в оз. Еловом на глубине 2,7–3,0 м обнаружен слой мутно-зеленого цвета, в Н.Ершовском – темно-зеленый на глубине 2–2,5 м, и в лагуна на Зеленом мысу – розовый слой на 4,1–4,6 м.

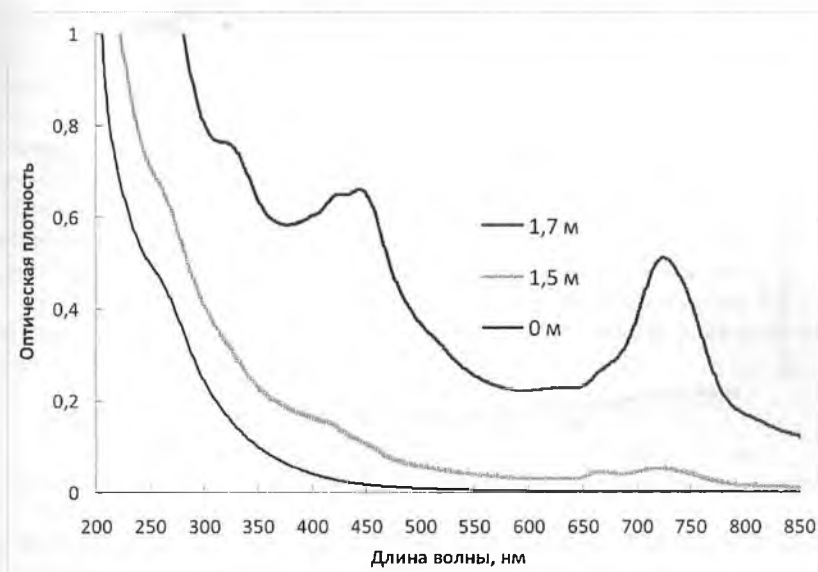


Рисунок 1. Спектры поглощения воды оз. Трехцветного с различной глубины

Спектры поглощения поверхностной воды всех изученных водоемов характеризуются монотонным спадом значений оптической плотности с увеличением длины волны [4–5], что является типичным для гуминовых веществ природной воды и водных почвенных вытяжек.

В спектрах поглощения более глубоких слоев воды присутствуют полосы поглощения света пигментами микроорганизмов, а в спектрах флуоресценции — полосы свечения хлорофилла (Хл) и бактериохлорофилла (Бхл). На различных горизонтах обнаружены длинноволновые полосы поглощения с максимумами на длинах волн 670 (Хл *a*) и 720–725 нм (Бхл *d, e*) и полосы испускания флуоресценции 670 (мономеры Бхл), 685 (Хл *a*), 750–820 нм (Бхл фотосинтетического аппарата бактерий). Это свидетельствует о присутствии одноклеточных водорослей и зеленых серобактерий, концентрацию которых в разных слоях можно определить по высоте соответствующих пиков в спектрах поглощения и флуоресценции.

Расчитанные по спектрам поглощения и флуоресценции Хл и Бхл распределения фототрофных организмов по глубине сопоставлены с вертикальными профилями Т, S, рН, концентрации растворенного кислорода. Рис. 3 показывает характеристики воды для оз. Трехцветного; флуоресценцию Хл и Бхл возбуждали длиной волны 440 нм.

Из графиков следует, что концентрация фитопланктона резко возрастает на глубине 1,5 м, при этом растворенный кислород максимален, а рН снижается по сравнению с поверхностной водой. Серобактерии на этой глубине

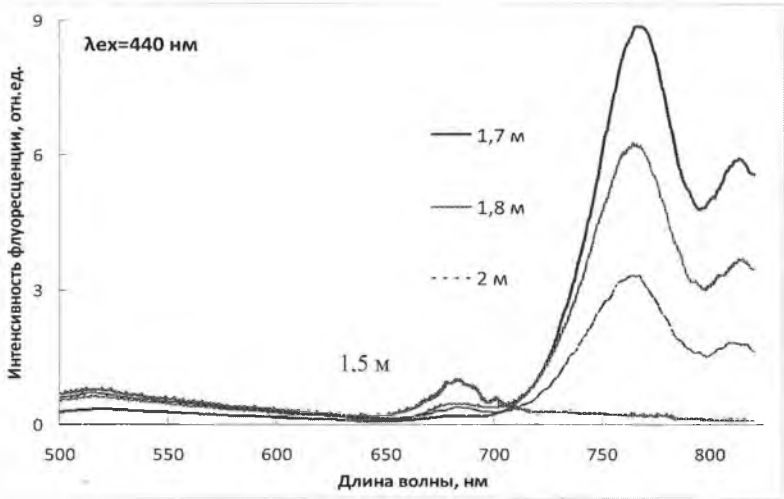


Рисунок 2. Спектры флуоресценции воды оз. Трехцветного с различной глубины при возбуждении длиной волны 440 нм

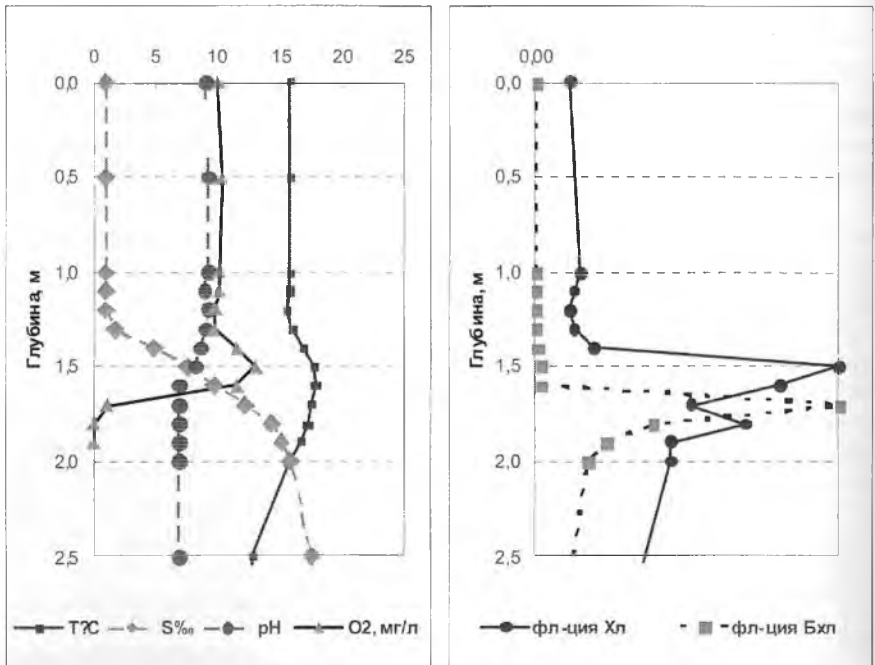


Рисунок 3. Распределение по глубине физико-химических показателей воды (слева), флуоресценции Хл и Бхл (справа) в оз. Трехцветном

отсутствуют, однако их концентрация скачком возрастает до максимальной через 20 см на глубине 1.7 м при одновременном резком снижении концентрации растворенного кислорода. В нижних слоях концентрация клеток серобактерий и фитопланктона постепенно снижается с глубиной. Именно наличие большой концентрации зеленых серобактерий объясняет ярко-зеленую окраску воды на глубине 1.5–1.75 м в оз. Трехцветном.

Спектрально-оптические методы дают дополнительную информацию к физико-химическим методам анализа и помогают интерпретировать появление яркоокрашенных слоев воды в стратифицированных водоемах.

Авторы признательны руководству Беломорской биостанции МГУ за предоставленную возможность работы на базе биостанции и материально-техническую поддержку.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Краснова Е.Д., Пантюлин А.Н. Кисло-сладкие озера, полные чудес. // Природа. 2013. № 2. С. 39–48.
2. Пантюлин А.Н., Краснова Е.Д. Отделяющиеся водосемы Белого моря: новый объект для междисциплинарных исследований // Геология морей и океанов. Материалы XIX Международной научной конференции (Школы) по морской геологии. М.: ГЕОС, 2011. Т. 3. С. 241–245.
3. Шапоренко С.И., Корнеева Г.А., Пантюлин А.Н., Перцова Н.М. Особенности экосистем отшнуровывающихся водоемов Кандалакшского залива Белого моря // Водные ресурсы. 2005. Т. 32. № 5. С. 517–532.
4. Shubina D., Gorshkova O., Patsaeva S. et al. The "blue shift" of emission maximum and the fluorescence quantum yield as quantitative spectral characteristics of dissolved humic substances // EARSeL eProceedings. 2010. V. 9. P. 13–21.
5. Горшкова О., Пацаева С., Федосеева Е. и др. Флуоресценция растворенного органического вещества природной воды // Вода: химия и экология. 2009. № 11. С. 31–37.

Water samples from meromictic basins at different stages of separation from the White Sea were studied during expedition in the Kandalaksha Gulf in July–August 2013. Concentrations of photosynthetic organisms we estimated using absorption and fluorescence spectra. Depth profiles of phytoplankton and green sulfur bacteria were compared with distribution of temperature, salinity, pH, and dissolved oxygen.