

# ИЗУЧЕНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИБРЕЖНЫХ МЕРОМИКТИЧЕСКИХ ВОДОЁМОВ КАНДАЛАКШСКОГО ЗАЛИВА

*Медвецкая Ирина Юрьевна<sup>1</sup>, Никольский Кирилл Сергеевич<sup>1</sup>, Воронов Дмитрий Анатольевич<sup>2</sup>, Калмацкая Олеся Алексеевна<sup>1</sup>, Краснова Елена Дмитриевна<sup>3</sup>, Лаптинский Кирилл Андреевич<sup>1</sup>, Лялин Игорь Игоревич<sup>1</sup>, Мещанкин Андрей Вячеславович<sup>1</sup>, Харчева Анастасия Витальевна<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>-Физический факультет Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, Москва

<sup>2</sup>-Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича РАН, Москва

<sup>3</sup>-Беломорская биологическая станция им. Перцова Н.А. Биологического факультета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, Карелия

В научно-исследовательской работе студентов МГУ им. М.В.Ломоносова большое внимание уделяется междисциплинарным исследованиям, в том числе в рамках приоритетного направления развития «Рациональное природопользование». Данное исследование посвящено изучению физико-химических характеристик природной воды во время летней научно-исследовательской практики студентов физического факультета МГУ им. М.В.Ломоносова в августе 2014 г. Целью экспедиции было исследование воды из отделяющихся водоёмов Кандалакшского залива Белого моря с использованием комплекса физико-химических методов.

## Характеристика прибрежных меромиктических водоёмов Кандалакшского залива

После схода ледника в области Карельского берега Белого моря около двенадцати тысяч лет назад твердые породы, придавленные ледяной горой, начали распрямляться, и их поднятие происходит до сих пор со скоростью около 4 мм в год [1], в результате чего некоторые лагуны постепенно отделяются от моря и превращаются в озера. В ходе отделения экологическая система изолированного озера претерпевает сильные изменения, в результате чего озера постепенно утрачивают морской облик и могут превращаться в солоноватые лагуны, меромиктические или пресноводные озера.

Из-за уменьшения водообмена возникают застойные явления, поверхностный слой воды постепенно опресняется, а в придонной воде возникает дефицит кислорода и сероводородное заражение. Прекращение приливно-отливного перемешивания приводит к расслоению водной толщи: слои воды различаются не только температурой, соленостью и другими физико-химическими характеристиками, но и микроорганизмами, обитающими в них, содержанием растворенного органического вещества и оптическими свойствами. [2, 3]

## Отбор проб и исследование физико-химических характеристик

Измерение физико-химических характеристик воды и отбор проб из отделяющихся водоёмов Кандалакшского залива Белого моря проводились в августе 2014 г. в районе Беломорской биологической станции имени Н.А.Перцова – подразделении МГУ имени М.В.Ломоносова

Для отбора проб воды использовался погружаемый насос Whale Premium Submersible Pump GP1352. Пробы отбирались с разных горизонтов и измерялись физико-химические характеристики: температура, соленость (при помощи кондуктометра WTW Cond 315i), pH и окислительно-восстановительный потенциал при помощи

pH- и Eh-метра WaterLiner WMM-73 с использованием различных электродов, концентрация растворенного кислорода (при помощи оксиметра Марк 302 Э), освещенность (бытовым люксметром AR813A, модернизированным для погружения в воду).

#### Вертикальные профили физико-химических характеристик воды в изученных водоемах

Оз. Кисло-Сладкое (Полупресная лагуна) – соленое озеро с максимальной глубиной около 4,5 м, расположенное в 1,5 км от ББС, соединяющееся с морем небольшим протоком, вследствие чего морская вода может попадать в озеро во время высоких приливов. В 2014 году на глубине 2,3 м был обнаружен слой ярко-розового цвета. Красный слой поглощает весь дошедший до этой глубины свет, и ниже него темно. Этот слой маркирует границу всех физико-химических параметров: ниже него температура понижается, pH смещается в сторону закисления, окислительные условия сменяются восстановительными, исчезает кислород и появляется запах сероводорода [5].

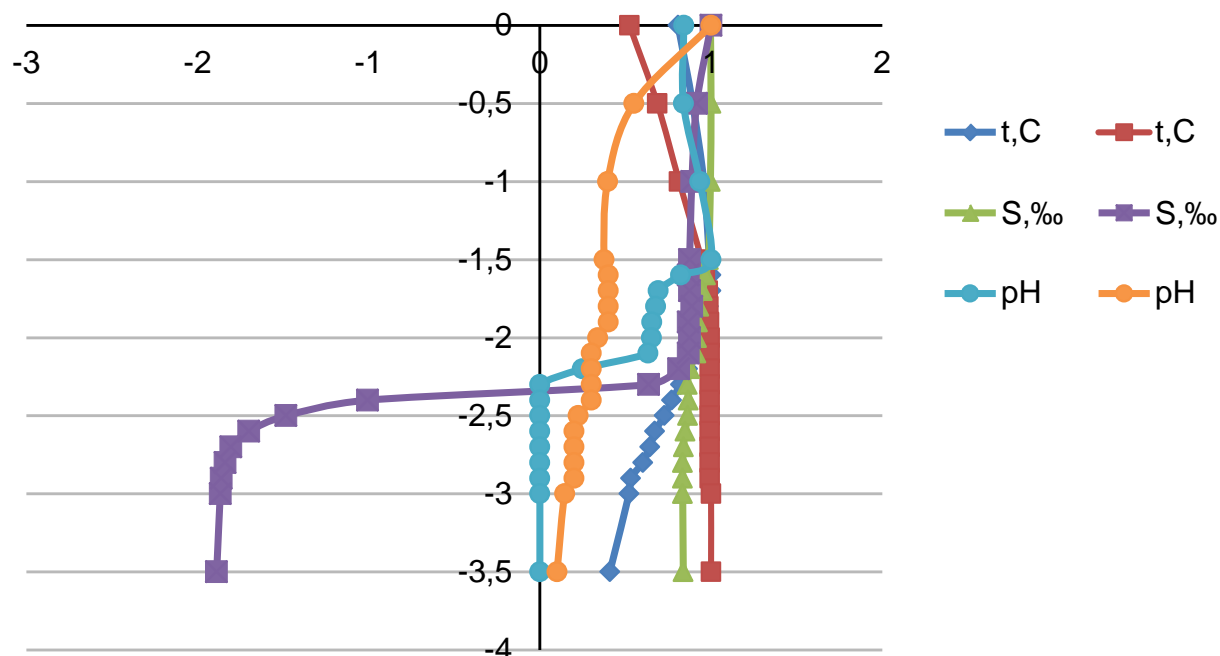


Рис. 1. Распределение по глубине физико-химических показателей воды озера Кисло-сладкое

Озеро на Зеленом мысу – лагуна, соединенная с морем проливом, через который в каждый прилив поступает морская вода. Глубина озера 6,5 м. Озеро заполнено морской водой, соленость которой, начиная с глубины 2,5 м превышает беломорскую. Повышение солености связывают с ледовым высаливанием [4]. На глубинах 2-3 м отмечено очень высокое содержание кислорода, связанное с массовым развитием синезеленых водорослей. На глубине 4,5 м находится слой розового цвета с криптофитовыми жгутиконосцами Rhodomonas, на этом уровне полностью исчезает свет, аэробные условия сменяются анаэробными, значение окислительно-восстановительного потенциала сменяются с положительных на отрицательные и понижается pH.

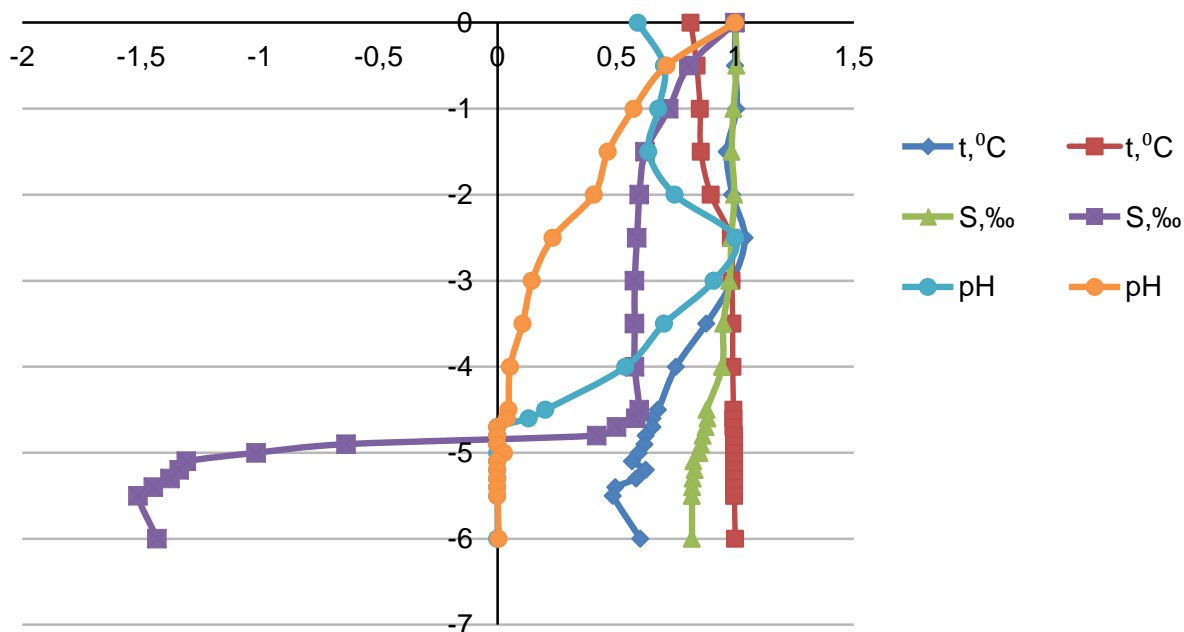


Рис.2. Распределение по глубине физико-химических показателей воды лагуны Зеленого мыса.

Оз. Нижнее Ершовское – нижнее из двух озер, образовавшихся на месте древнего пролива. Максимальная глубина водоема – 2,5 м. Большая часть водной толщи почти пресная, но донные углубления, начиная с 1,9 м, заполнены солоноватой водой 1,5-4,5‰. Из Н. Ершовского в море вытекает пресный ручей, морская вода в озеро не поступает. Солоноватая придонная вода резко отличается от вышележащей пресной по всем параметрам: температура в ней ниже, pH смещена с сторону кислой, отрицательные значения Eh свидетельствуют об анаэробных условиях. В верхней части солоноватой воной массы обнаружено массовое развитие зеленых водорослей, которое придает воде мутно-зеленый цвет, а десятью сантиметрами оно глубже сменяется столь же массовым развитием зеленых серобактерий с зеленым цветом другого оттенка [6].

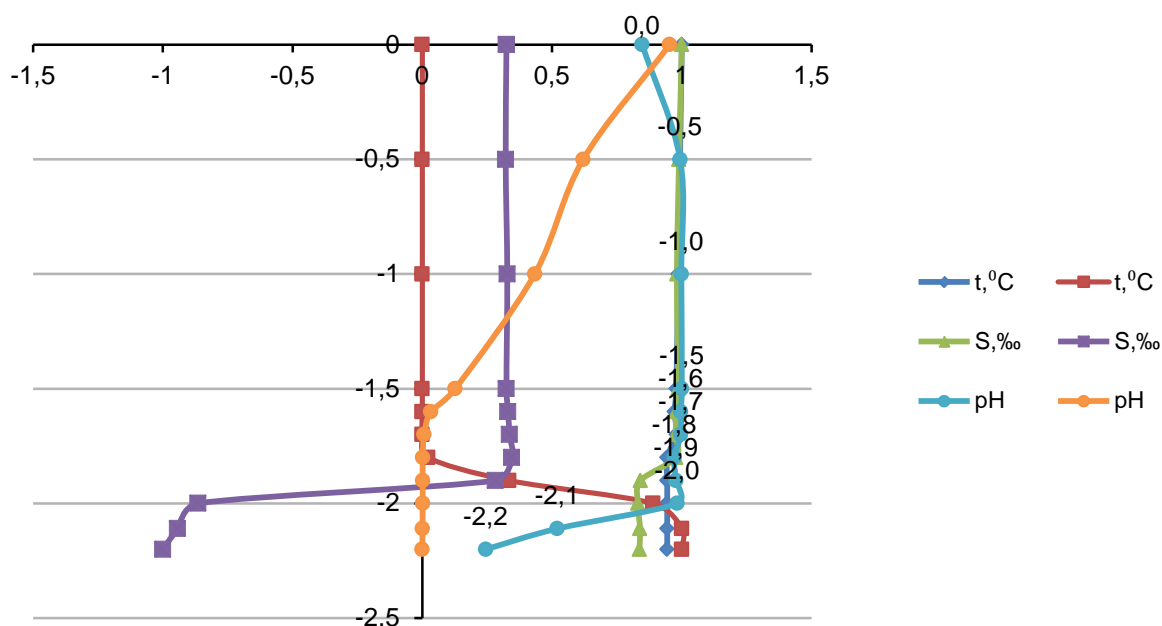


Рис.3 Распределение по глубине физико-химических показателей воды озера Нижнее Ершовское.

Оз. Еловое (ур. Еловый Наволок на берегу материка близ острова Елового в Кузокоцком архипелаге) – пресное на поверхности и соленое, начиная с глубины 1 м до максимальной глубины 5 м, соединяющееся с

Белым с морем ручьем, морская вода в него практически не попадает. Пресный слой выполняет роль парниковой крыши и задерживает тепло, которое скапливается в центре соленого слоя, а в донном углублении вода заражена сероводородом.

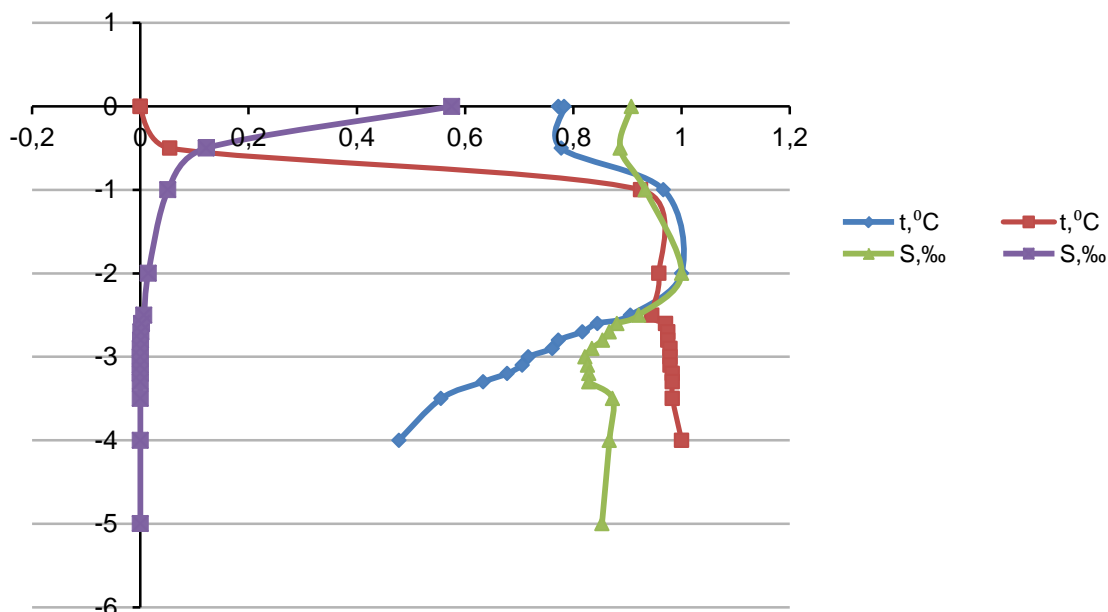


Рис.4. Распределение по глубине физико-химических показателей воды озера Еловое.

#### Заключение

Во всех водоемах обнаружена сероводородная придонная водная масса: в оз. Кисло-Сладком на 3,2 м, в оз. Еловом - 2,9 м, в оз.Н. Ершовское - 2,3 м и в лагуне 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 2-2,5м, и в лагуне на Зеленом мысу – розовый слой на 4,1-4,6 м.

#### 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 водоемы Белого моря: новый объект для междисциплинарных исследований. //Геология морей и океанов. Материалы XIX Международной научной конференции (Школы) по морской геологии, место издания ГЕОС Москва, 2011, том 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, том 32, № 5, с. 517-532.
4. Краснова Е.Д., Воронов Д.А., Воронова А.Д. Роль вымораживания рассола из морского льда в формировании вертикальной стратификации в водоемах, отделяющихся от Белого моря. — Геология морей и океанов: Материалы XX Международной научной конференции (школы) по морской геологии. Т. III. — М.: ГЕОС, 2013. С. 201-205.

5. Лосюк Г.Н., Кокрятская Н.М., Краснова Е.Д. Сероводородное заражение озера «Кисло-Сладкое» (БС МГУ) — Экологические проблемы северных регионов и пути их решения: Материалы V Всероссийской научной конференции с международным участием: в 3 ч. / Институт промышленной экологии Севера. Апатиты, 23-27 июня 2014г. - Апатиты: КНЦ РАН, 2014. - Ч.3. - с. 187-189.
6. Kharcheva A.V.; Meschankin A.V.; Lyalin I.I.; et al. The study of coastal meromictic water basins in the Kandalaksha Gulf of the White Sea by spectral and physicochemical methods //Saratov Fall Meeting 2013: Optical Technologies in Biophysics and Medicine Xv; and Laser Physics and Photonics XV Volume: 9031, 2014. DOI: 10.1117/12.2051737.

## **STUDY OF PHYSICO-CHEMICAL CHARACTERISTICS OF COASTAL MEROMICTIC WATER BODIES OF THE KANDALAKSHA BAY**

*Medvetskaya Irina Yurevna<sup>1</sup>, Nikolskiy Kirill Sergeevich<sup>1</sup>, Voronov Dmitry Anatolyevich<sup>2</sup>, Kalmatskaya Olesya Alekseevna<sup>1</sup>, Krasnova Elena Dmitrievna<sup>3</sup>, Laptinskiy Kirill Andreevich<sup>1</sup>, Lyalin Igor Igorevich<sup>1</sup>, Meschankin Andrey Vyacheslavovich<sup>1</sup>, Kharcheva Anastasia Vitalevna<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup>-Faculty of Physics, Lomonosov Moscow State University, Moscow*

*<sup>2</sup>-Institute for Information Transmission Problems of the Russian Academy of Sciences (Kharkevich Institute), Moscow,*

*<sup>3</sup>-Nikolai Pertsov White Sea Biological Station, Biology Department Lomonosov Moscow State University, pos.*

*Primorskiy, Karelia*

In the research work of students of Moscow State University great attention is paid to interdisciplinary studies. This study examines the physical and chemical characteristics of natural water during summer research session of students of MSU held in August 2014. The aim of the expedition was to study the water from separating reservoirs of Kandalaksha bay of the White Sea with complex physical and chemical methods.

Characteristics of coastal meromictic reservoirs of Kandalaksha bay

After the disappearance of the glacier in the Karelian coast of White Sea area about twelve thousand years ago, hardwoods, crushed by the ice rock, began to straighten up and its' lifting is still going on with the average speed of 4 mm per year. As a result some lagoons are gradually separating from the sea transforming into the lakes. During the separation Eco system of the isolated lake undergoes dramatic changes, resulting in the lake gradually losing marine character. It can be converted into brackish lagoons, or meromictic or freshwater lakes.

Due to the reduction of water exchange occur stagnation, the surface layer of water gradually freshening, and in the bottom water there is a deficiency of oxygen and hydrogen sulfide intoxication occurs. Termination of tidal mixing leads to stratification of water column. Water layers differ not only in temperature, salinity and other physicochemical characteristics, but also in microorganisms that live in it, the content of dissolved organic matter and optical characteristics. [2, 3]

Water sampling and studying of physicochemical characteristics

Measurement of physical and chemical characteristics of the water and the sampling of separating reservoirs Kandalaksha Bay of the White Sea was conducted in August 2014 in the area of the White Sea Biological Station named after N.A.Pertsov - unit of Lomonosov Moscow State University

For water sampling submersible pump Whale Premium Submersible Pump GP1352 was used. Water samples were collected from different horizons and the following physicochemical characteristics measured: temperature, salinity (using conductometer WTW Cond 315i), pH and the redox potential using pH- Eh-meter WaterLiner WMM-73 with different electrodes, dissolved oxygen concentration (oxymeter Mark 302 E), Illumination (domestic illuminometer AR813A, upgraded for immersion in water).

#### Vertical profiles of physico-chemical characteristics of water in the studied reservoirs

Kislo-Sladkoe lake (semi-fresh lagoon) - salt lake with a maximum depth of about 4.5 m, located 1.5 km from the WSBS, connects to the sea low flow, so that sea water can enter the lake during high tides. In 2014 at the depth of 2,3 m was detected layer of bright pink color. It was called “red layer”. Red layer absorbs all light come down to this depth, and below this layer it is dark. This layer marks the boundary of the physic-chemical parameters: temperature drops below it, pH shifts towards acidification, oxidative conditions are replaced by rehabilitation, oxygen disappears a smell of hydrogen sulfide occurs [5].

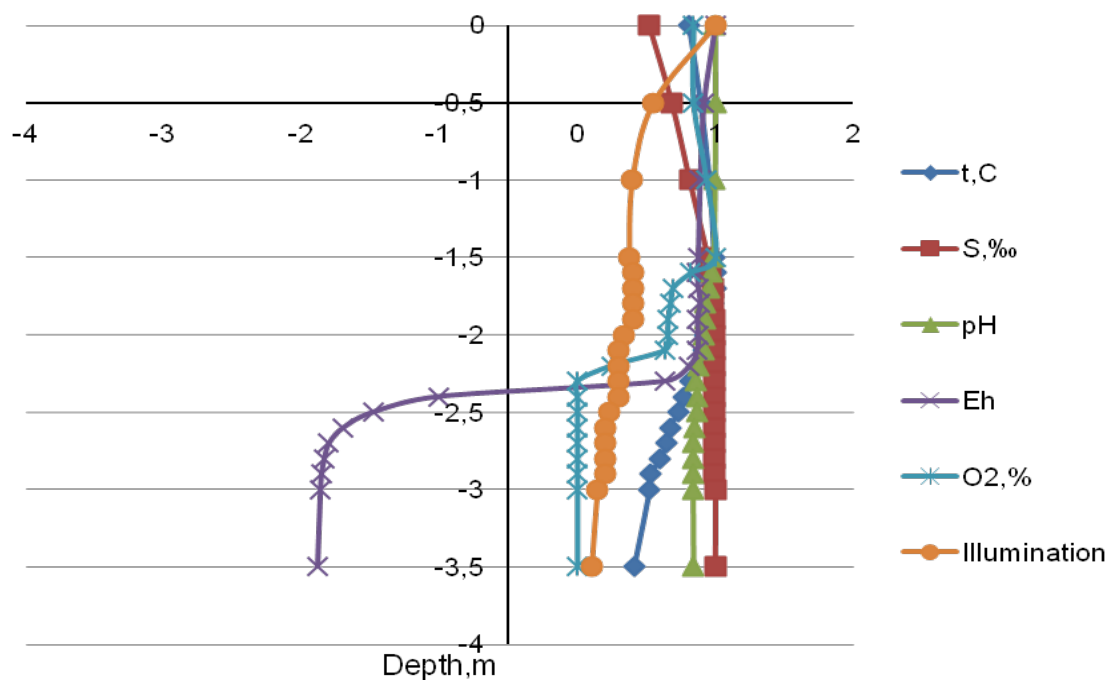


Fig.1. Depth distribution of physico-chemical parameters of water from the Kislo-Sladkoe lake.

Lagoon at the Green Cape – lagoon connected to the sea with strait, through which every tide comes the sea water. The lake depth is of 6.5m. Lake is filled with sea water, salinity of which starting from the depth of 2,5m higher than in the white sea. At depths of 2-3 m observed very high oxygen content associated with the mass development of blue-green algae. At a depth of 4.5 m is a layer of pink color with cryptophytae flagellates Rhodomonas. At this level, the light disappears completely, aerobic conditions are replaced by anaerobic, the value of the redox potential alternate from positive to negative, pH decreases.

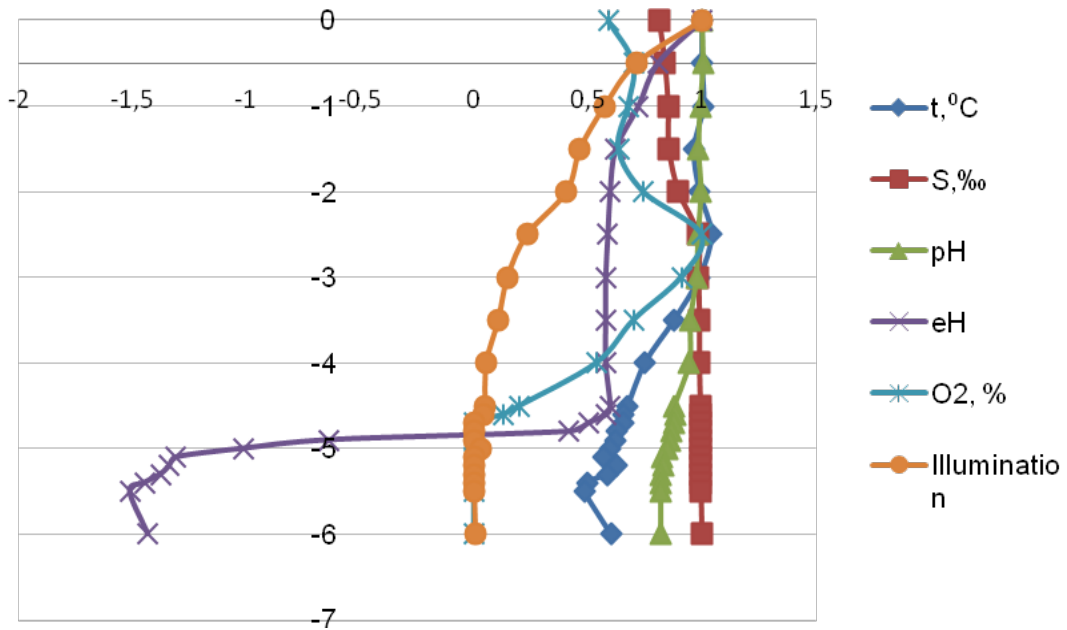


Fig.2 Depth distribution of physico-chemical parameters of water from the Green Cape lagoon.

Nizhnee Ershovskoe lake is the lower of the two lakes formed on the site of an ancient strait. The maximum depth of the lake is 2.5 m. Most part of the water column is almost fresh, but the bottom of the recess starting from 1.9 m is filled with brackish water 1,5-4,5‰.from the lake to the sea follows the unleavened creek. Lake sin' supplied by the sea water.

Brackish bottom water is very different from the overlying fresh in all respects. Its temperature is lower, pH is shifted towards acidification, and negative Eh values indicate the anaerobic conditions.

At the top of brackish water masses massive accumulation of green algae was found, which gives the water a dull green color, and ten centimeters deeper than it is replaced by an equally massive accumulation of green sulfur bacteria with a varying shade of green color [6].

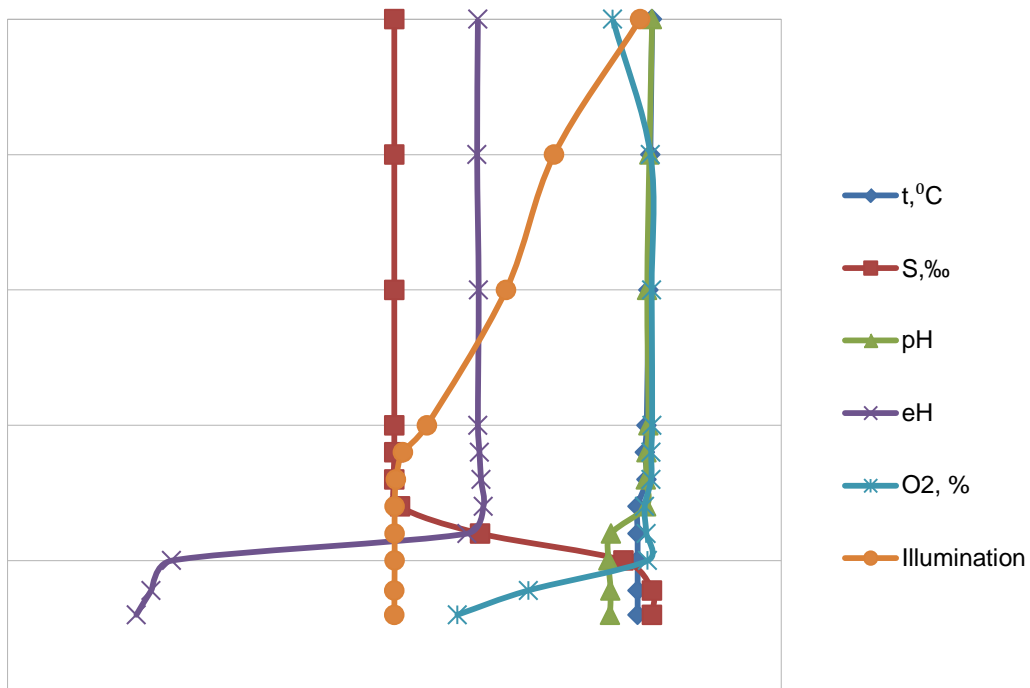


Fig.3 Depth distribution of physico-chemical parameters of water from Nizhneye Ershovskoye lake.

Elovoe lake contains fresh water on the surface and salt water starting at a depth of 1m to maximum depth of 5 m. It is connected with the White Sea by the creek. Sea water almost doesn't get into the lake.

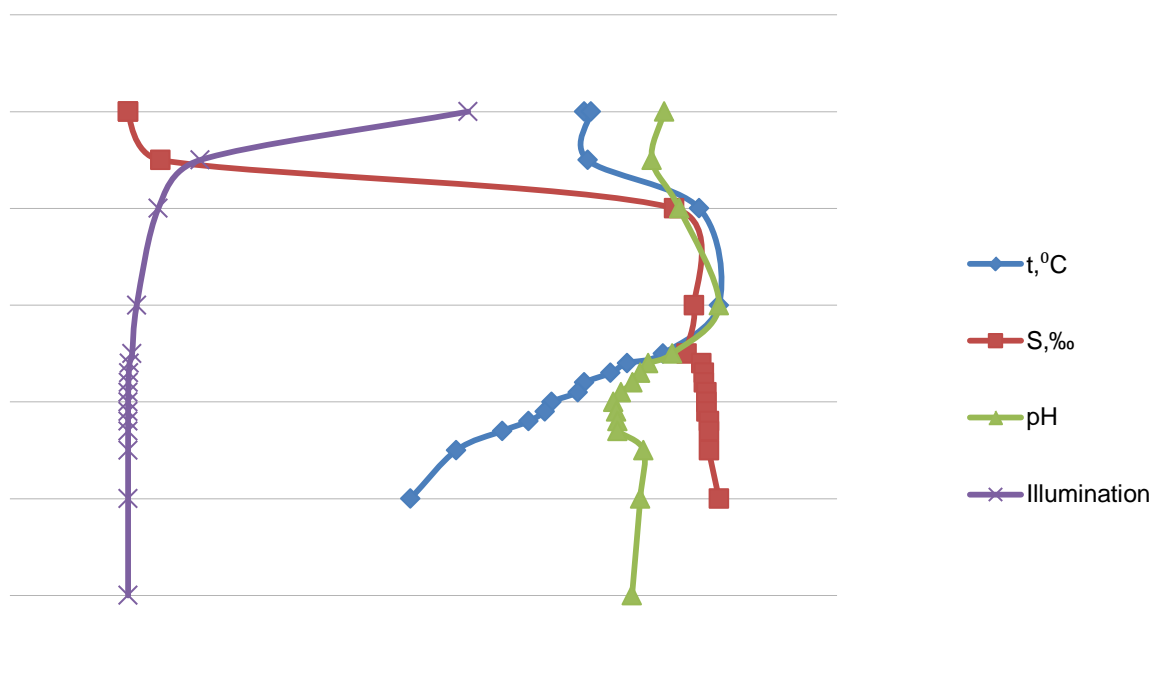


Fig.4. Depth distribution of physico-chemical parameters of water from the lake Elovoe.

## Conclusions

In all water reservoirs benthic water mass rich in hydrogen sulfide was found. In the lake.Kislo-Sladkoe at 3.2 m, in the lake. Elovoe at 2.9 m, in the lake Nizhnee Ershovskoe at 2.3 m and in the lagoon at the Green Cape - at 4.6 m.

At a certain depth in each of the studied water basins we have discovered a layer with a bright color. In Tricolor lake a bright green layer was found at a depth of 1.5-1.75 m located; in the Kislo-Sladkoe lake a red layer was present within at 3,0-3,1 m depth; in the Elovoe lake at the depth of 2,7-3,0 m a dull-green water layer was observed; in the Nizhneye Ershovskoe lake dark green layer at 2-2,5m and in a lagoon on the Green Cape pink layer at 4,1-4,6 m were found.

## References

1. Krasnova E.D., Pantylin A.N. Sweet-and-sour lakes full of wonders // Priroda, 2013, № 2, pp. 39-48.
2. Pantylin A.N., Krasnova E.D. Separating basins of the White Se as novel subject for interdisciplinary research // Geology of seas and oceans. Proceedings of XIX Intern. Sci, Conf. (Workshop) on marine geology. Moscow. GEOS, 2011. Vol. 2, pp. 241-246.(in Russian)
3. Shaporenko S.I., Korneeva G.A., Pantyulin A.N., Pertsova N.M. The features of ecosystems of separating water basins in the Kandalaksha Gulf of the White Sea //Water resources, 2005, Vol. 32, № 5, pp. 517-532.
4. Krasnova E.D., Voronov D.A., Voronova A.D. The role of brine freezing from the sea ice in the formation of vertical stratification in reservoirs separated from the White sea // Geology of seas and oceans. Proceedings of XIX Intern. Sci, Conf. (Workshop) on marine geology. Moscow. GEOS, 2013. Vol. 3, pp. 201-205 (in Russian).



5. Losyuk G.N., Kokryatskaya N.M., Krasnova E.D. Hydrogen sulfide contamination of the lake “Kislo-Sladkoe” (WSBS MSU) // Ecological problems of Northern regions: 2014. – Part .3. - pp. 187-189. (in Russian)
6. Kharcheva A.V.; Meschankin A.V.; Lyalin I.I.; et al. The study of coastal meromictic water basins in the Kandalaksha Gulf of the White Sea by spectral and physicochemical methods //Saratov Fall Meeting 2013: Optical Technologies in Biophysics and Medicine Xv; and Laser Physics and Photonics XV Volume: 9031, 2014. DOI: 10.1117/12.2051737