

ФЛУОРЕСЦЕНЦИЯ ОКСИГЕННЫХ И АНОКСИГЕННЫХ ФОТОТРОФОВ В НЕСКОЛЬКИХ РЕЛИКТОВЫХ ВОДОЕМАХ, ОТДЕЛЯЮЩИХСЯ ОТ БЕЛОГО МОРЯ

*Харчева Анастасия Витальевна¹, Воронов Дмитрий Анатольевич², Воронова Анна Дмитриевна³,
Калмацкая Олеся Алексеевна¹, Краснова Елена Дмитриевна⁴, Лаптинский Кирилл Андреевич¹, Лялин
Игорь Игоревич¹, Медвецкая Ирина Юрьевна¹, Мещанкин Андрей Вячеславович¹, Никольский Кирилл
Сергеевич¹, Пацаева Светлана Викторовна¹*

¹-Физический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва,

²-Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича РАН, Москва,

³-ГБОУ СОШ № 192, Москва,

⁴-Беломорская биологическая станция им. Перцова Н.А. Биологического факультета МГУ им. М.В.
Ломоносова, пос. Приморский, Карелия

В ходе летней практики студентов физического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова были исследованы несколько отшнуровывающихся озер на разной стадии отделения от Белого моря [1]. Работа была проведена на территории Беломорской биологической станции МГУ в августе-сентябре 2014 года. Работа проводилась с использованием флуоресцентных методов, которые играют важную роль в современных экологических исследованиях [2].

Объекты и методы исследования

В ходе летней студенческой практики были изучены пять водоемов в районе Кандалакшского залива на разных стадиях отделения от моря: лагуна на Зеленом мысу, Кисло-Сладкое, Нижнее Ершовское, Еловое и Трехцветное. Все эти озера расположены недалеко от Беломорской биологической станции МГУ. Отбор проб производился с помощью погружаемого насоса по вертикали через каждые 0,5 м при отсутствии явной окраски воды и через каждые 10 см при интенсивной окраске слоёв. В лабораторных условиях измерялись спектры испускания, возбуждения, а также синхронные спектры флуоресценции образцов воды при помощи спектрофлуориметра Solar CM 2203 в кварцевых кюветах. По полученным спектрам были построены вертикальные распределения кислородных и аноксигенных организмов в изучаемых водоемах.

Флуоресцентные измерения образцов

Во всех изучаемых озерах, отделяющихся от Белого моря, были найдены цветные слои воды: розовые – в озере Кисло-Сладком (2,2 м) и в лагуне на Зеленом мысу (4,6 м), зеленые – в озере Трехцветном (1,8 м), Нижнем Ершовском (1,9 м), коричневый – в озере Еловом (3,0 м), - и слои с сероводородом, которые появлялись ниже слоев с яркой окраской. Все ярко окрашенные слои располагались в области хемоклина: физико-химические характеристики (температура, соленость, рН, Eh, количество растворенного кислорода) на данной глубине резко изменялись.

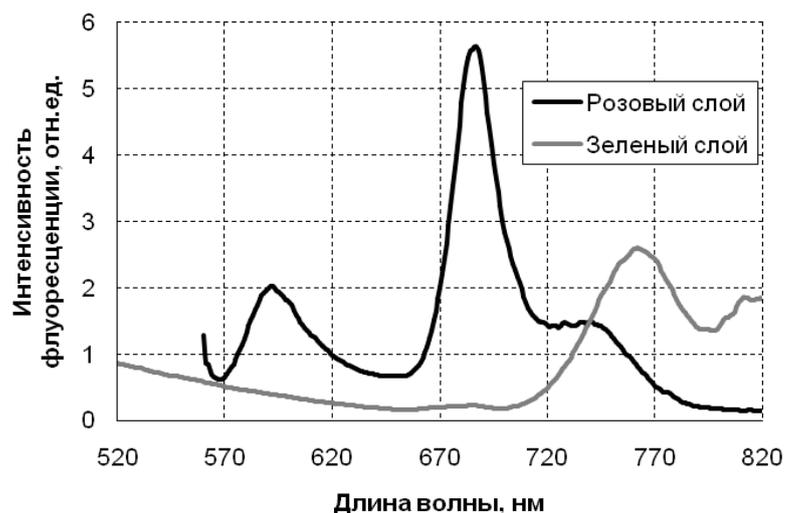


Рис.1. Спектры испускания флуоресценции розового слоя воды из озера Кисло-Сладкого ($\lambda_{ex}=550$ нм) и зелёного слоя из озера Трехцветного ($\lambda_{ex}=440$ нм).

В слоях с розовой окраской было обнаружено большое количество водорослей *Rhodomonas*, которые и придают воде характерную окраску [3]. Спектры испускания флуоресценции образцов воды розового цвета имеют максимумы в области 590 нм, характерные для флуоресценции пигмента фикоэритрина, содержащегося в клетках водорослей, и в области 685 и 740 нм, соответствующие испусканию света хлорофиллом. Спектры возбуждения флуоресценции при регистрации на 680 нм (свечение хлорофилла а) имеют широкий максимум в области 430-440 нм (Поглощение света хлорофиллом и каротеноидами) и максимум на длине волны 550 нм (поглощение фикоэритрина). По положению первого максимума можно оценить состояние водорослей, содержащих хлорофилл, в случае неблагоприятных условий, максимум смещается в более коротковолновую область [4].

В глубинных образцах воды с запахом сероводорода во всех водоемах присутствуют зелёные серные бактерии. В спектрах испускания флуоресценции таких образцов присутствуют максимумы на длинах волн 770 и 815 нм, характерные флуоресценции бактериохлорофиллов с, d и e, содержащиеся в клетках бактерий, а также в области 680 нм, соответствующие флуоресценции хлорофилла а. В спектрах флуоресценции может появляться максимум на длине волны 610 нм в том случае, если клетки микроорганизмов начали погибать из-за неблагоприятных воздействий окружающей среды.

По синхронным спектрам флуоресценции с разницей хода $\Delta=50$ нм можно оценить содержание фотосинтезирующих организмов в водоёмах и построить вертикальное распределение водорослей и зеленых серных бактерий, используя основные максимумы: 545 нм – распределение родамонасов, 638 нм – хлорофилла, 720 нм – зелёных серных бактерий (рис. 2).

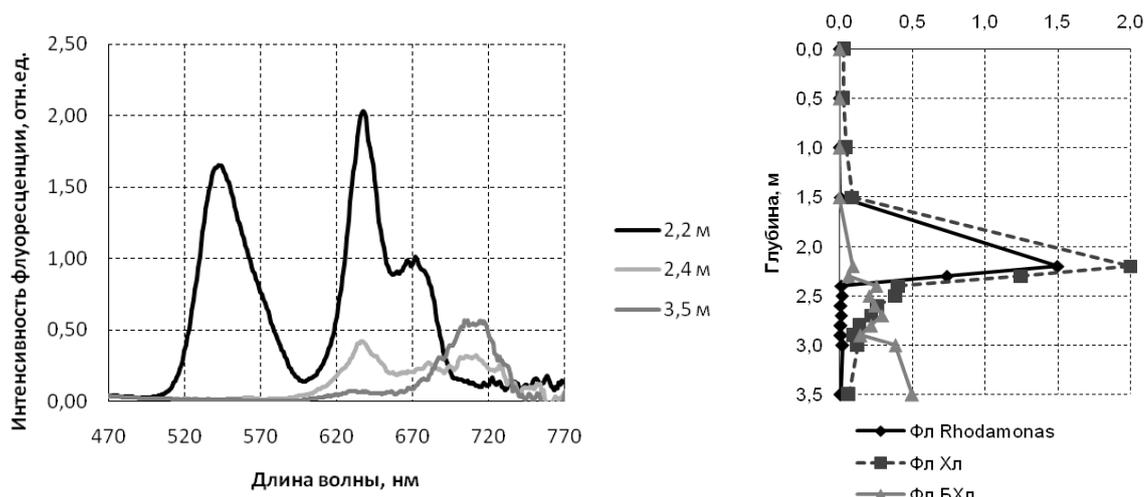


Рис.2. Синхронные спектры ($\Delta=50$ нм) флуоресценции образцов воды из озера Кисло-Сладкого (2,2 м – содержащие водоросли *Rhodomonas*, 2,4 и 3,5 м – содержащие зелёные серные бактерии) и вертикальное распределение фотосинтезирующих организмов в озере Кисло-Сладком.

По спектрам флуоресценции образцов воды можно оценить относительное содержание микроорганизмов в слоях воды. Максимальная концентрация зеленых серных бактерий была обнаружена в озере Трехцветном, самое большое число родамонасов было найдено в озере Кисло-Сладком.

Список литературы

1. Краснова Е.Д., Пантюлин А.Н. Кисло-сладкие озера, полные чудес. //Природа, 2013, № 2, с. 39-48.
2. Шмидт В. Оптическая спектроскопия для химиков и биологов. М:Техносфера. 2007. 368с.
3. Краснова Е.Д., Пантюлин А.Н., Маторин Д.Н., Годоренко Д.А., Белевич Т.А., Милютин И.А. Воронов Д.А. Цветение криптофитовой водоросли *Rhodomonas* sp. (Cryptophyta, Pyrenomonadaceae) в редокс зоне водоемов, отделяющихся от белого моря – Микробиология, 2014, т. 83, № 3, с. 346-354.
4. В. Greg Mitchel, Dale A. Kiefer. Variability in pigment specific particulate fluorescence and absorption spectra in the northeastern Pacific Ocean. //Deep Sea Res., 1988, 35, 665 – 689.

FLUORESCENCE OF OXYGENIC AND ANOXYGENIC PHOTOTROPHS IN SEVERAL RELIC RESERVOIRS, SEPARATED FROM THE WHITE SEA

Kharcheva Anastasia Vitalievna¹, Voronov Dmitry Anatolyevich², Voronova Anna Dmitrievna³, Kalmatskaya Olesia Alexeevna¹, Krasnova Elena Dmitrievna⁴, Laptinskiy Kirill Andreevich¹, Lyalin Igor Igorevich¹, Medvetskaya Irina Yurievna¹, Meschankin Andrey Vyacheslavovich¹, Nikolskiy Kirill Sergeevich¹, Patsaeva Svetlana Viktorovna¹

¹-Faculty of Physics, Lomonosov Moscow State University, Moscow,

²-Institute for Information Transmission Problems of the Russian Academy of Sciences (Kharkevich Institute), Moscow,

³-Public School № 192, Moscow,

⁴-Nikolay Pertsov White Sea Biological Station, Biology Department Lomonosov Moscow State University, pos. Primorskiy, Karelia

During the summer practice of students from the Faculty of Physics of Lomonosov Moscow State University several separated lakes at the different stages of separation from the White Sea were investigated [1]. The work was carried out at the territory of the White Sea Biological Station of Moscow State University in August-September 2014. The work was done using fluorescence methods that play an important role in modern ecological studies [2].

Objects and methods

During the summer student practice five water basins near the Kandalaksha Bay at the different stages of separation from the sea were studied: the lagoon at the Green Cape, lakes Kislo-Sladkoye, Nizhnee Ershovskoye, Elovoye and Tricolor. All of these lakes are located near the White Sea Biological Station of Moscow State University. Sampling was done using a submersible pump vertical every 0.5 m in the absence of apparent color of the water and every 10 cm near the intense color layers. In laboratory conditions, we measured the emission spectra, excitation and synchronous fluorescence spectra of water samples using luminescence spectrometer Solar CM 2203 inside quartz cells. According to the obtained spectra vertical distribution of oxygenic and anoxygenic organisms in the studied reservoirs were constructed.

Fluorescent measurements

In all the studied lakes separated from the White Sea we have found colored water layers at different depths: pink-red layers in the lake Kislo-Sladkoye (2.2 m) and in the lagoon at the Green Cape (4.6 m), green layer in the lake Tricolor (1, 8 m), Nizhnee Ershovskoye (1.9 m), brown layer in the lake Elovoye (3.0 m), - and the layers with hydrogen sulfide, which appears below the layers of bright color. All of the brightly colored layers were found in the chemocline where physico-chemical characteristics (temperature, salinity, pH, Eh, dissolved oxygen) at a given depth dramatically changed.

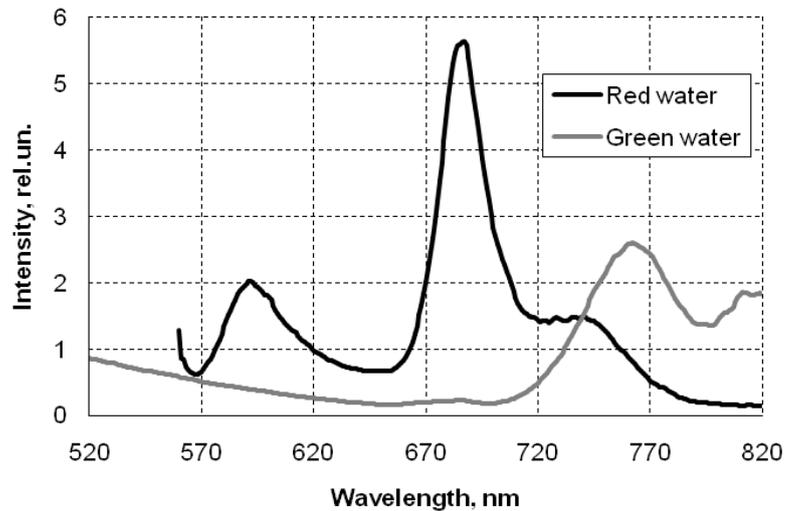


Fig.1. Fluorescence emission spectrum of red water layer from Kislo-Sladkoye lake ($\lambda_{ex}=550$ nm) and green water from Tricolor lake ($\lambda_{ex}=440$ nm).

In layers with pink or red color a large amount of Rhodomonas algae was found, which give the water characteristic color [3]. Fluorescence emission spectra of water samples with pink color have maxima in the region of 590 nm, characteristic of the pigment phycoerythrin fluorescence contained in the Rhodomonas algal cells, and in the 685 and 740 nm, corresponding to the chlorophyll a fluorescence emission. Fluorescence excitation spectra registered at 680 nm (chlorophyll a fluorescence) have maxima in the region 430-440 nm (absorption of light by chlorophyll and carotenoids) and a maximum at a wavelength of 550 nm (phycoerythrin absorption). The position of the first maximum can evaluate the condition of algae containing chlorophyll, in the event of adverse conditions, the maximum is shifted to shorter wavelengths [4].

In deep water samples with the smell of hydrogen sulfide green sulfur bacteria were present in all waters. Fluorescence emission spectra of these samples have maxima at wavelengths of 770 and 815 nm, characteristic fluorescence bacteriochlorophylls c, d and e, contained in bacteria, as well as in the vicinity of 680 nm corresponding to the fluorescence of chlorophyll a. In the fluorescence spectra a maximum at a wavelength of 610 nm can appear when the microbial cells began to die because of the adverse environmental effects. .

Using synchronous fluorescence spectra with a wavelength offset $\Delta = 50$ nm it is possible to estimate the content of photosynthetic organisms in the aquatic environment and to build a vertical distribution of algae and green sulfur bacteria, using the main peaks: 545 nm - distribution rhodomonases, 638 nm - chlorophyll, 720 nm - green sulfur bacteria (Fig. 2).

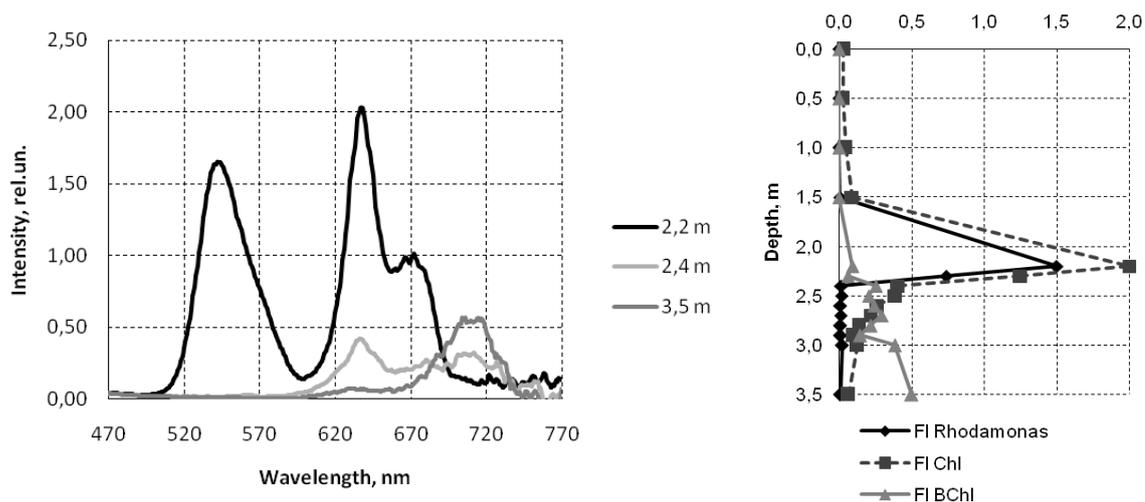


Fig.2. Synchronous fluorescence spectra ($\Delta=50$ nm) of water samples from Kislo-Sladkoye lake (2.2 m – contains algae *Rhodomonas*, 2.4 and 3.5 m – contains green sulfur bacteria) and vertical distribution of photosynthetic organisms from the Kislo-Sladkoye lake.

By fluorescence spectra of water samples we can estimate the relative abundance of microorganisms in the water layers. The maximum concentration of green sulfur bacteria was found in the lake Tricolor, the largest number of rhodamonases was found in the lake Kislo-Sladkoye.

References

- Краснова Е.Д., Пантюлин А.Н. Кисло-сладкие озера, полные чудес. //Природа, 2013, № 2, с. 39-48.
- V. Shmidt. Optical spectroscopy for chemists and biologists – 2007
- Краснова Е. Д., Пантюлин А. Н., Маторин Д. Н., Тодоренко Д. А., Белевич Т. А., Милютин И. А., Воронов Д. А. Цветение криптофитовой водоросли *Rhodomonas* sp. (Cryptophyta, Rhodomonadaceae) в редокс зоне водоемов, отделяющихся от Белого моря. — Микробиология, 2014, т. 83, №3, с. 346–354.
- B. Greg Mitchel, Dale A. Kiefer. Variability in pigment specific particulate fluorescence and absorption spectra in the northeastern Pacific Ocean. //Deep Sea Res., 1988, 35, 665 – 689.