

Геологический институт РАН
Беломорская биологическая станция им. Н.А. Перцова
Российский фонд фундаментальных исследований

ПОЗДНЕ- И ПОСТГЛЯЦИАЛЬНАЯ ИСТОРИЯ БЕЛОГО МОРЯ: ГЕОЛОГИЯ, ТЕКТОНИКА, СЕДИМЕНТАЦИОННЫЕ ОБСТАНОВКИ, ХРОНОЛОГИЯ

**Материалы Всероссийской научной конференции.
Сборник статей**



ГИН РАН, ББС МГУ
(пос. Приморский, Лоухский район,
Республика Карелия)

14–22 сентября 2018 г.



УДК 551.242.2

ББК 26.324

М34

Издание подготовлено при финансовой поддержке РФФИ (грант 18-05-20050)

М34 Материалы Всероссийской научной конференции «Поздне- и постгляциальная история Белого моря: геология, тектоника, седиментационные обстановки, хронология»: сборник статей. – М.: «КДУ», «Университетская книга», 2018. – 196 с.

ISBN 978-5-91304-855-4

В сборник включены статьи, подготовленные участниками всероссийской научной конференции «Поздне- и постгляциальная история Белого моря: геология, тектоника, седиментационные обстановки, хронология», проходившей на Беломорской биологической станции имени Н.А. Перцова Биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова 14–22 сентября 2018 г. Представлены результаты научных исследований, посвященных геологии и тектонике Беломорского региона, динамике уровня Белого моря в голоцене, береговым процессам, палеоэкологическим реконструкциям, следам древних и исторических землетрясений Беломорья, седиментационным процессам, а также гидрологической эволюции и экологической сукцессии в водоемах, отделяющихся от Белого моря в ходе постгляциального поднятия берега.

The Proceedings book includes articles prepared by the participants of the All-Russian Scientific Conference «The Late-and Postglacial History of the White Sea: Geology, Tectonics, Sedimentation Environments, Chronology», held at the White Sea Biological Station n. a. N.A. Pertsov, of the Biological Faculty of Moscow State University, in September 14–22, 2018 The results of scientific research on geology and tectonics of the White Sea region, the dynamics of the White Sea level in the Holocene, coastal processes, paleoecological reconstructions, traces of ancient and historical earthquakes of the White Sea coast, sedimentation processes, as well as hydrological evolution and ecological succession in the meromictic lakes separated from the White Sea during the postglacial raising of the coast are presented in the Conference papers.

УДК 551.242.2

ББК 26.324

© ГИН РАН, 2018

© ББС МГУ, 2018

© «КДУ», 2018

ISBN 978-5-91304-855-4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ БАКТЕРИОХЛОРОФИЛЛОВ ЗЕЛЁНЫХ СЕРНЫХ БАКТЕРИЙ ПО СПЕКТРАМ ПОГЛОЩЕНИЯ ПРИРОДНОЙ ВОДЫ

Емельянцева П.С.¹, Жильцова А.А.¹, Краснова Е.Д.²,
Воронов Д.А.³, Харчева А.В.¹, Пацаева С.В.¹

Работа посвящена разработке метода определения концентрации бактериохлорофиллов (Бхл) фототрофных анаэробных микроорганизмов природной воды методом спектроскопии поглощения непосредственно в водной среде, без экстрагирования пигментов органическими растворителями. Объектом изучения являются зелёные серные бактерии (ЗСБ) – фототрофы, обитающие в меромиктических водоёмах в анаэробной зоне возле хемоклина. ЗСБ, в зависимости от содержания различных Бхл, делятся на две разновидности: зелёноокрашенные, содержащие Бхл *d*, и коричневоокрашенные, содержащие Бхл *e*. В качестве образцов выбраны зелёноокрашенные и коричневоокрашенные культуры ЗСБ, а также пробы, отобранные в марте 2018 года с различной глубины из трёх меромиктических водоёмов: Лагуны на Зелёном мысе, оз. Большие Хрусломены и оз. Трёхцветного. Спектры поглощения измеряли с помощью спектрофотометра Solar PV1251. Примеры спектров поглощения в воде и в ацетон-метаноловых экстрактах приведены на Рис. 1.

ЗСБ обеих разновидностей имеют два пика поглощения: в синей и дальней красной областях. Длинноволновые пики поглощения Бхл *d* и *e* расположены близко (с максимумом около 720–725 нм) и накладываются друг на друга. В спектре поглощения Бхл в воде коротковолновые пики поглощения слабо заметны из-за полосы поглощения, обусловленной взвешенными в воде частицами, а также самими клетками. Однако в спектре поглощения в экстракте коротковолновые пики поглощения Бхл *d* и *e*, с максимумами при 440 и 470 нм соответственно, хорошо видны, и по их амплитуде можно судить, например, что зелёноокрашенные ЗСБ в оз. Б. Хрусломены

преобладают (см. Рис. 1 внизу). Также можно заметить, что при экстрагировании пики поглощения Бхл сдвигаются в более коротковолновую область по сравнению со спектрами поглощения клеток ЗСБ в воде. Это связано с тем, что растворители разрушают внутри клеток ЗСБ хлоросомы, содержащие Бхл в виде агрегатов. Поэтому в экстрактах присутствует только мономерная форма Бхл, имеющая отличные оптические свойства по отношению к агрегатам Бхл.

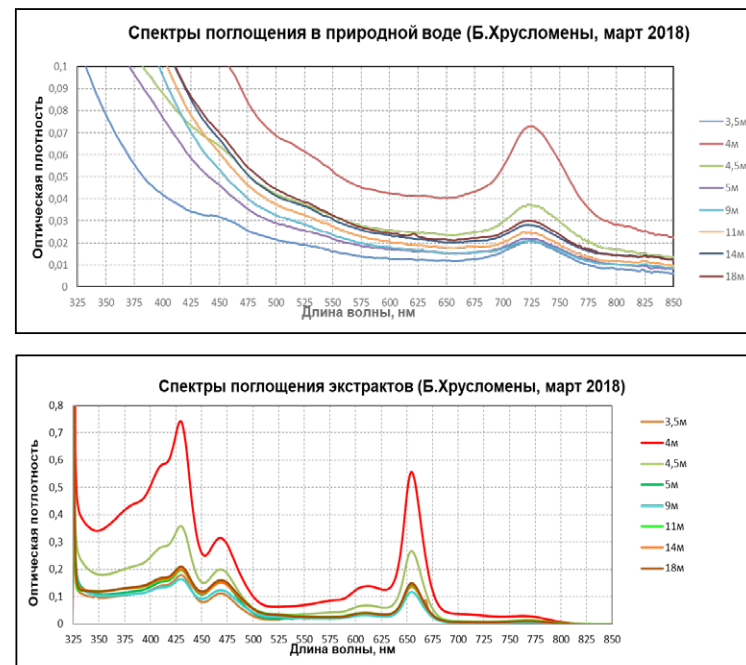


Рис. 1. Спектры поглощения проб из оз. Большие Хрусломены (март 2018 г.) в воде и в ацетон-метаноловых экстрактах

Концентрацию Бхл *d* и *e* можно рассчитать по эмпирической формуле Овермана-Гилзера из работы [1], в которую входят значения оптической плотности на 651 и 663 нм спектра поглощения экстракта. Однако метод измерения концентрации Бхл в экстрактах довольно трудоёмок с технической точки зрения. Необходимо производить центрифугирование или фильтрацию для повышения концентрации пигментов, чтобы пики поглощения в спектрах были лучше видны. Затем нужно приготовить экстракт с использованием токсичных органических растворителей (ацетон и метанол). Экстракт нужно хра-

¹ Емельянцева П.С., Жильцова А.А., Харчева А.В., Пацаева С.В. – МГУ им. М.В. Ломоносова, физический факультет, Москва.

² Краснова Е.Д. – МГУ им. М.В. Ломоносова, биологический факультет, Москва.

³ Воронов Д.А. – Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича РАН; Институт физико-химической биологии имени А.Н. Белозерского; МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва.

нить в холодном и тёмном месте, поскольку яркий свет разрушителен для Бхл. Для осаждения рассеивающих частиц экстракты рекомендуются центрифугировать перед измерением спектров поглощения.

Однако всего этого можно избежать, если пользоваться новым методом, разработанным на физическом факультете МГУ имени М.В. Ломоносова [2]. Метод подразумевает определение концентрации Бхл d и e по площади под длинноволновым пиком поглощения в спектрах поглощения в воде. В качестве первого приближения был выбран интервал длин волн от 650 до 800 нм и аппроксимация «пьедестала» под пиком поглощения в виде трапеции. Несмотря на то, что это довольно грубое приближение, получилась хорошая линейная корреляция между площадью под длинноволновым пиком поглощения в воде и концентрацией Бхл, рассчитанной по формуле Овермана-Тилзера [1] для экстрактов. Рис. 2 показывает корреляцию между площадью под длинноволновым пиком поглощения в воде и концентрацией Бхл, рассчитанной по формуле Овермана-Тилзера для экстрактов для проб воды из Трёхцветного озера (март 2018 г.). Подобные корреляционные зависимости были построены и для двух других исследованных водоёмов – Лагуны на Зелёном мысе и оз. Б. Хрусломены (март 2018 г.).

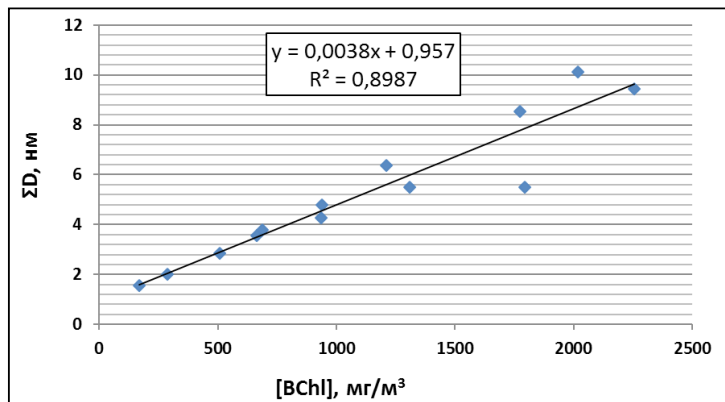


Рис. 2. Корреляция между площадью под длинноволновым пиком поглощения в воде и концентрацией Бхл, рассчитанной по формуле Овермана-Тилзера для экстрактов. Данные для Трёхцветного озера (март 2018 г.)

Аналогичные зависимости были построены в работе [2] для монокультур зелёноокрашенных и коричневоокрашенных ЗСБ, выделенных из различных озёр в 2013–2016 гг. Значения коэффициентов линейной регрессии K для проб природной воды из трёх меромиктических озёр (март 2018 г.) и монокультур (по данным работы [2]) приведены Табл. 1.

Таблица 1.

Значения коэффициентов линейной регрессии K для разных проб природной воды и монокультур.

Тип ЗСБ	Проба	K , нм·м ³ /мг
зелёноокрашенные	оз. Трёхцветное	0,0038
	культуры	0,0032
коричневоокрашенные	Лагуна на Зелёном мысе	0,0102
	культуры	0,0068
смешанные	оз. Б. Хрусломены	0,0042

Как видно из таблицы, для зелёноокрашенных культур ЗСБ и для проб зелёноокрашенных ЗСБ из оз. Трёхцветное коэффициенты K очень близки. Для коричневоокрашенных коэффициенты K уже не так близки. Это связано с погрешностью метода, поскольку в формуле Овермана-Тилзера используется экстинкция Бхл d , которая меньше, чем экстинкция Бхл e . Поэтому новый метод, который мы сравниваем с методом Овермана-Тилзера, пока корректнее работает для измерения концентраций Бхл d .

Из линейности графиков корреляции следует формула для определения концентрации Бхл: $[Bchl\ d,e] = (\Sigma D) / K$, где K – коэффициент наклона графиков корреляции, который приведен в Табл. 1 для разных разновидностей ЗСБ.

Выводы:

Уточнён метод определения концентрации бактериохлорофиллов ЗСБ в природной воде методом спектроскопии поглощения, без экстрагирования пигментов. Определены эмпирические параметры формулы расчёта концентрации Бхл для проб природной воды из меромиктических водоёмов, отделяющихся от Белого моря.

Работа поддержана РФФИ (грант № 16-05-00548-а).

Литература

- [1] Overmann J., Tilzer M.M. Control of primary productivity and the significance of photosynthetic bacteria in a meromictic kettle lake Mittlerer Buchensee, West-Germany. *Aquatic Sciences* 51(4): 261–278, 1989.
- [2] Kharcheva A., Zhiltsova A., Emelyantsev P., Lunina O., Krasnova E., Voronov D., Savvichev A., Patsaeva S. Spectrophotometric quantification of chlorosomal bacteriochlorophyll in intact cells of green sulphur bacteria: monocultures and natural water EARSel eProceedings. 17(1): 7–15, 2018.