

## Физико-химические характеристики слоев меромиктического озера Вонючее

М.Н. Баранова<sup>1</sup>, С.В. Силкин<sup>1</sup>, Н.А. Горощенко<sup>3</sup>, С.Д. Духалин<sup>1</sup>, Н.М. Заиграев<sup>1</sup>, А.А. Курилович<sup>1</sup>, Д.А. Ступичев<sup>1</sup>, А.А. Раводина<sup>2</sup>, М.А. Летарова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Московский физико-технический институт (ГУ), Долгопрудный

<sup>2</sup>Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

<sup>3</sup>Московский технологический университет (МИТХТ)

E-mail: letarova.maria@gmail.com

**Введение.** Научный интерес к меромиктическим озерам вызван возникновением стратификации, особенностями монолимниона и гидрологического режима, химическими и биологическими процессами, происходящими в хемоклине. Практический интерес к меромиктическим озерам обусловлен использованием их в качестве альтернативных источников энергетических, биологических и минеральных ресурсов [1,2] а также для реконструкции климатических условий прибрежной территории озера [3].

Меромиктические водоемы могут образовываться благодаря отделению от родительского водоема в результате геостатического поднятия [2,4]. Оно сопровождается изменением режима водообмена с родительским водоемом и, как следствие, сложными изменениями физико-химических и биологических характеристик. Появление меромиксии является признаком финальной стадии отделения озера. Основными признаками меромиксии является химическая стратификация, наличие хемо-, гало- или термоклина по градиенту глубины водоема и собственной гидрологической структуры.

**Материалы и методы.** Изучение озера Вонючее было организовано в июле 2016 г с целью выявления или опровержения его меромиктичности. Озеро находится на побережье Белого моря вблизи населенного пункта Нижняя Пулонга. Оно имеет площадь около 0,15 км<sup>2</sup> (840×220м) и глубину не более 3,5м, отделено от Белого моря двумя каменными грядами, между которыми расположен сателлит, площадью порядка 2460 м<sup>2</sup> (31×68 м). В ходе обследования было выяснено, что озеро имеет возможность пополняться морской водой во время приливов, а так же обладает переменным стоком. Это создает благоприятные условия для его стратификации.

Выбор точек для проведения измерений и отбора проб обусловлен необходимостью полного охвата акватории. Предпочтение отдавали точкам с максимальной глубиной. Отбор проб проводили с помощью специального погружного насоса с шагом погружения 0,1м. Измерение температуры воды, солености, рН, NH<sub>4</sub><sup>+</sup> и полуколичественное определение совместного присутствия HS<sup>-</sup> и S<sup>2-</sup> проводили непосредственно на месте сразу же после забора пробы. Для анализа образцов в лабораторных условиях, пробы помещали в герметичную тару.

**Результаты и обсуждения.** В исследованных точках были обнаружены гало- и термоклин по градиенту глубины озера, а также скачки рН и концентрации некоторых биогенов (азот, калий сера, фосфор). Редокс-горизонт находится на глубине приблизительно 1-1.25м На глубине 1,8-2,0м располагается красный слой, обусловленный наличием в нем *rhodomonas salina*. Ниже располагается зеленый слой, образованный *chlorobium paeobacteroides*. Спектрофотометрическим методом анализа проб воды выяснено, что поверхностные воды (до 1м глубины включительно) не имеют цвета в видимой области спектра, красный слой представлен пурпурным и желто-зеленым цветом, а зеленый слой – сине-зеленым цветом. Максимумы поглощения желто-зеленого слоя лежат в области 400-450нм, красного слоя в области 490-520нм, зеленого слоя в области 690-760нм. При этом с ростом глубины увеличивается градус цветности.. Наличие пиков на спектрах воды желто-зеленого и зеленого слоя указывают на присутствие в них микроорганомов-

фотосинтетиков, содержащих хлорофилл. При этом с ростом глубины увеличивается градус цветности. В поверхностных водах сероводород отсутствует. Концентрация сульфид- и сульфат-ионов возрастает от поверхности к глубине. Качественный анализ проб воды на ионы аммония и нитрат-ионы, показал их наличие в зеленом слое. Потенциометрическим методом установлено скачкообразное изменение концентрации  $\text{NH}_4^+$ -ионов в зеленом слое. Эти данные хорошо согласуются с органолептическим определением балла запаха послойно. Концентрации восстановленных форм серы и азота, значительно превышающие их окисленные формы, свидетельствует о восстановительной среде монолимниона. В поверхностных водах соединения фосфора найдены в следовых количествах, начиная с красного слоя их концентрация возрастает к глубине.

Совокупность полученных данных позволяет сделать вывод о том, что озеро Вонючее является типичным отделяемым от Белого моря меромиктическим озером с трехслойной структурой.

**Благодарности.** Коллектив авторов выражает глубокую благодарность к.б.н., старшему научному сотруднику Беломорской биологической станции МГУ, Красновой Елене Дмитриевне за консультацию и помощь в отборе проб.

Работа выполнена в рамках ЛБП МФТИ.

#### Литература

1. Цветение криптофитовой водоросли *rhodomonas* sp. (cryptophyta, pyrenomonadaceae) в редокс зоне водоемов, отделяющихся от Белого моря / Е. Д. Краснова, А. Н. Пантюлин, Д. Н. Маторин и др. // *Микробиология*. — 2014. — Т. 83, № 3. — С. 346–354.
2. Краснова Е.Д., Пантюлин А.Н. Кисло-сладкие озера, полные чудес // *Природа*, 2013. N 2. — С. 39-48.
3. Зыков В.В., Рогозин Д.Ю., Калугин И.А., Дарьин А.В., Дегерменджи А.Г. Каратиноиды в донных отложениях озера Ши́ра как палеоиндикатор для реконструкции состояния озера // *Сибирский экологический журнал*. — 2012. — №4. — С. 585-595.
4. 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*. Т. III. М.: 2011. С. 241-245.
5. Study of microbial communities in redox zone of meromictic lakes isolated from the white sea using spectral and molecular methods / E. D. Krasnova, A. V. Kharcheva, I. A. Milyutina et al. // *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*. — 2015. — Vol. 95, no. 8. — P. 1579–1590.