

# РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ МЕРОМИКТИЧЕСКОГО ОЗЕРА ТРЕХЦВЕТНОЕ (КАНДАЛАКШСКИЙ ЗАЛИВ БЕЛОГО МОРЯ)

Е.А. Вахрамеева, Г.Н. Лосяк

ФГБУН ФИЦКИА им академика Н.П. Лаверова УРО РАН, г. Архангельск,  
[yakhr-elena@yandex.ru](mailto:yakhr-elena@yandex.ru)

## DISTRIBUTION OF ORGANIC MATTER IN THE BOTTOM SEDIMENTS OF MEROMICTIC LAKE TREKHTZVETNOE (KANDALAKSH BAY OF THE WHITE SEA)

E.A. Vakhrameeva, G.N. Losyuk

N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Arkhangelsk, Russia

Аннотация. Представлены данные определения органического вещества (ОВ) и гранулометрического состава донных отложений (ДО) меромиктического озера Трехцветное. Установлено, что накопление илистых осадков в озере в течение шести лет сопровождается процессами перераспределения и трансформации органического вещества, его минерализации.

*Ключевые слова:* донные отложения, гранулометрический состав, меромиктическое озеро, органическое вещество.

### Введение

Донные отложения озер, находящихся на разной стадии отделения от Белого моря, являются «архивом» информации о развитии водоемов и происходящих в них физических, химических и микробиологических процессах. Эти озера образовались в результате постгляциального поднятия берега со скоростью 3-4 мм/год [3].

Органическое вещество, поступающее в водоем из различных источников, концентрируется в донных осадках и трансформируется под влиянием абиотических и биотических факторов. Содержание ОВ в донных отложениях тесно связано с их гранулометрическим составом [4].

### Регион исследования, объекты и методы

Меромиктическое озеро Трехцветное (66°35,53'N, 32°59,97'E) расположено в Пеккелинской губе Кандалакшского залива Белого моря. Это небольшое озеро с максимальной глубиной 7,5 м, при средней глубине 1-1,5 м со стабильной стратифицированной структурой и всеми признаками меромиксии [3]. Озеро получило свое название по цвету слоев воды: пресный поверхностный слой окрашен гуминовыми веществами, поступающими со стоком болот. Второй слой соленой воды ярко-зеленого цвета, а затем сероводородная вода мутно-желтого цвета. Зеленый цвет результат массового развития зеленых серобактерий.

Комплексные исследования озера Трехцветное проводятся нами с 2012 года. Пробы ДО отбирали с помощью ударной прямоочной грунтовой трубки (Aquatic Research Instruments:

<http://www.aquaticresearch.com>) с внутренним диаметром 50 мм, длиной 60 см, дискретность отбора проб 5 см.

Гранулометрический состав ДО озер определяли в соответствии с методикой [2]. Расчет содержания фракций проводили на абсолютно-сухую навеску образца. Относительная погрешность измерения для всех гранулометрических фракций составляет от 19 до 29%.

Содержание ОВ оценивалось по содержанию потерь при прокаливании (ППП). Метод измерения основан на взвешивании остатка, получаемого при прокаливании пробы при температуре  $550 \pm 20$  °С [6]. Предварительно пробу донных осадков высушивали при температуре  $105 \pm 2$  °С. Расчет ППП проводили на абсолютно-сухую навеску образца.

Определение массовой доли органического углерода и азота проводили с использованием анализатора элементного состава EuroEA3000. Диапазон измерения массовой доли элемента составляет от 0,01 до 100%. Среднее квадратичное отклонение случайной составляющей погрешности измерений, массовая доля: С – 0,3; N – 0,1 %.

### Обсуждение результатов

Продолжением исследований меромиктических озер было изучение Пробы ДО озера Трехцветное отобраны в марте 2013 [4] и 2019 годов. Влажность осадков по мере перехода к их нижним горизонтам резко снижается с 91,0 до 36,0% в 2013 году. Осадки, отобранные в 2019 году, более увлажнены, содержание влаги изменяется с 95,6 до 74,4%.

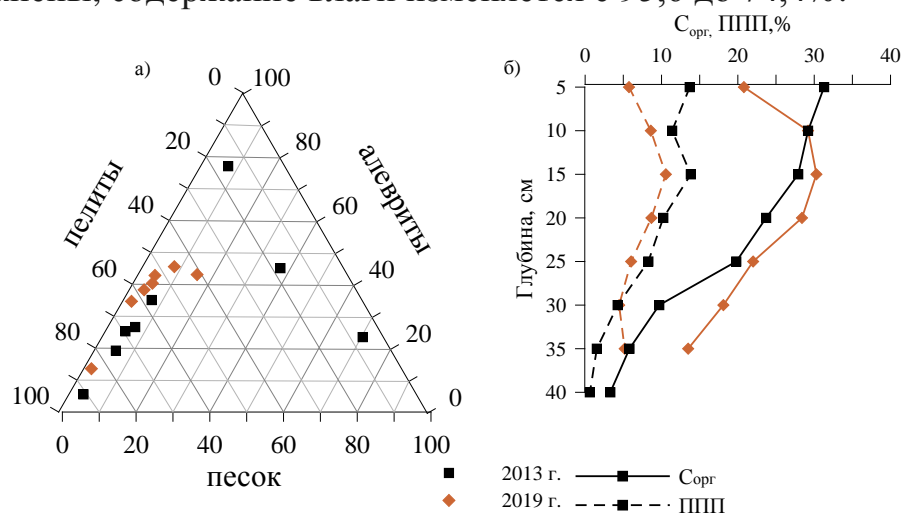


Рисунок 1 – Трехкомпонентная диаграмма гранулометрического состава (а) и C<sub>орг</sub>, ППП (б) в донных отложениях оз. Трехцветного

Как показано на рисунке 1 (а), гранулометрический состав ДО озера разнообразен. Поверхностные осадки двух отборов представлены пелитовыми илами, а ниже лежащие – алевро-пелитовыми илами. На нижнем горизонте (40 см) в пробе 2013 года обнаружен алевро-песок, а нижний слой (35 см) в марте 2019 года представлен песчано-пелитовым алевритом. Выявлена хорошая корреляционная связь между содержанием

пелитовой фракции и влажностью осадка с коэффициентом корреляции между этими показателями  $r_{0,95} = 0,92$  при  $n = 15$ .

Соотношение минеральной и органической составляющих выделенных гранулометрических фракций можно косвенным образом оценить по содержанию ППП в отобранных пробах [5].

Содержание ППП, определенное по горизонтам отложений изменяется в разной степени. По мере углубления в осадок наблюдается снижение ППП в 10 раз в 2013 году [1], а в 2019 году только в 2 раза, рисунок 1 (б).

Результаты определения ППП в отдельных гранулометрических фракциях приведены на рисунке 2.

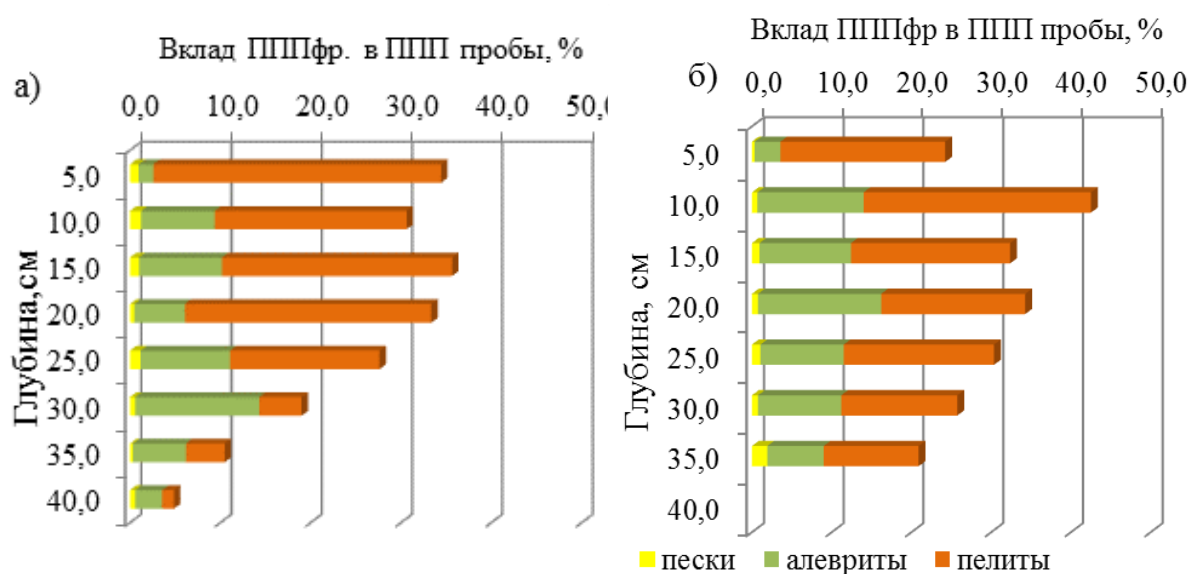


Рисунок 2 - Вклад ППП фракций в ППП пробы ДО оз. Трехцветное в 2013 (а), 2019 (б) годах

Из представленных данных хорошо видно, что вклад органического вещества пелитовых фракций в общее содержание ОВ практически одинаков и наиболее значим в осадках горизонтов от 0 до 20 см. Далее вклад ОВ в пелитовую и алевритовую фракцию выравнивается.

Количество ППП резко уменьшается при переходе от тонкодисперсных илистых осадков к осадкам с доминированием грубодисперсной фракции. Подтверждается это наличием обратной корреляционной зависимости между содержанием ППП и количеством песчаной фракции в осадках:  $r = - 0,66$  ( $n = 15$ ). При этом между содержанием ППП и количеством мелкодисперсной фракции корреляционная зависимость положительная  $r = 0,93$  ( $n = 15$ ).

Максимальное содержание  $C_{орг}$  выявлено в поверхностном слое (15 см) ДО обоих отборов. Так, в 2013 году содержание  $C_{орг}$  было 13,84%, а в 2019 году - 10,57%. Высокое содержание органического углерода в верхних горизонтах донных отложений озер обусловлено интенсивным

поступлением на дно ОВ (зеленых серобактерий, диатомовых водорослей, водной растительности). В нижележащих слоях ДО, отобранных в 2013 году, содержание органического углерода уменьшается до 0,62 %. Как было сказано выше, нижний слой колонки 2019 года отличается по гранулометрическому составу от колонки 2013 года – слагающий его пелит-песчаный алеврит содержит 5,18% органического углерода и 1,04 % азота.

В ДО озера Трехцветное наблюдается наличие хорошей корреляционной связи между  $C_{\text{орг}}$  и ППП со значимыми коэффициентами корреляции:  $r = 0,90$  ( $n = 15$ ).

Таким образом, выявленные особенности в распределении гранулометрических фракций и ОВ обусловлены спецификой осадконакопления. Начало интенсивного накопления органического вещества совпадает с полной изоляцией озера от моря. Органическое вещество, поступающее в озеро, трансформируется под влиянием биогеохимических процессов.

### Литература

- [1] Вахрамеева Е.А. Гранулометрический состав донных отложений меромиктических озер // Тезисы докладов Международной научно-практической конференции LXXII Герценовские чтения «География: развитие науки и образования». С-Петербург. 2019. С 278-281
- [2] МИ № 88-16365-010-2017 «Донные отложения водоемов. Определение гранулометрического состава ситовым и пипеточным методами» Введена 26.12.2017. Архангельск, 2017. 12 с.
- [3] Краснова Е.Д., Пантюлин А.Н., Белевич Т.А. и др. Комплексные исследования отделяющихся водоемов на разных стадиях изоляции от Белого моря в марте 2012 г. // Океанология. 2013 Т. 53 № 5 С. 714–717.
- [4] Романкевич Е.А., Ветров А.А. Цикл углерода в арктических морях России. М.: Наука, 2001. 302 с.
- [5] Субетто Д. А. Донные отложения озер: Палеолимнологические реконструкции: Научная монография. СПб: Изд-во РГПУ им. А.И. Герцена, 2009. 339 с.
- [6] Heiri O., Lotter A., Lemeke G. Loss on ignition as a method for estimating organic and carbonate content in sediments: reproducibility and comparability of results // Journal of Paleolimnology, – 2001. – V. 25. – P.101-110.

**S u m m a r y.** The data of determination organic matter (OV) and granulometric composition of sediments (DO) of the meromictic lake Trekhtzvetnoe. It has been established that the accumulation of muddy sediments in the lake for six years is accompanied by the processes of redistribution and transformation of organic matter, its mineralization.

