

# СУТОЧНАЯ И СИНОПТИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ПОДВОДНОЙ ОБЛУЧЕННОСТИ В МАЛОМ ОЗЕРЕ В ПЕРИОД РАЗВИТИЯ ВЕСЕННЕЙ ПОДЛЕДНОЙ КОНВЕКЦИИ

Пальшин Н.И., Здоровеннов Р.Э., Здоровеннова Г.Э., Тержевик А.Ю.

Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН, Россия

Подледная освещенность наряду с конвективным перемешиванием и температурой воды определяют интенсивность развития фитопланктона подо льдом. Исследования подледной освещенности ограничиваются обычно измерением потока солнечной радиации на нижней границе льда и изучением оптических свойств снежно-ледового покрова. До настоящего времени остается слабо изученным распределение света в водной толще озер, покрытых льдом, а также его изменчивость по времени. В рамках настоящей работы было проведено исследование суточной и синоптической изменчивости подледной облученности в малом озере весной.

Измерения проводились с 11 по 24 апреля 2012г. на озере Вендюрском, расположенном в южной части Карелии ( $62^{\circ}10'-62^{\circ}20'N$ ,  $33^{\circ}10'-33^{\circ}20'E$ ). Площадь зеркала  $10,4\text{км}^2$ , объем вод  $\sim 5,5 \cdot 10^7\text{м}^3$ , средняя глубина 5,3, максимальная 13,4м. Для измерения в водной толще потока фотосинтетически активной солнечной радиации (длины волн 400-700нм) использовались PAR-датчики «Алес», Япония. Верхний PAR-датчик располагался непосредственно подо льдом, остальные на глубинах 1, 2, 4, 5, 6, 7, 7,2м. Датчики были прикреплены к заякоренному тросу. Измерение потоков падающей и отраженной солнечной радиации на поверхности снежно-ледового покрова проводилось с использованием пиранометров «Star-shaped pyranometer» («Theodor Friderich & Co, Meteorologische Geräte und Systeme»). Поток солнечной радиации на нижней границе льда измерялся с помощью универсального пиранометра М80-м, произведенного в России.

Снежно-ледовый покров озера Вендюрского в апреле 2012г. имел многослойную структуру. В начале измерений общая толщина снежно-ледового покрова составляла 75см: снег (13см), верхний белый лед (9см), прослойка воды со снегом (9см), нижний белый лед (31см), кристаллический лед (13см). К концу периода измерений (23 апреля) снег растаял, верхний белый лед уменьшился до 3см, нижний – до 25см, прослойка воды со снегом уменьшилась до 1см. Толщина слоя кристаллического льда практически не изменилась. Таким образом, общая толщина снежно-ледового покрова уменьшилась до 42см.

Дневные максимумы потоков падающей и отраженной солнечной радиации в период с 12 по 24 апреля изменялись в пределах 200-900 и 100-600  $\text{Вт}\cdot\text{м}^{-2}$ , соответственно. Поток солнечной

радиации на нижней границе льда 12-17 апреля был пренебрежимо мал; 22-23 апреля его дневной максимум достигал 45-48 Вт·м<sup>-2</sup>. Альbedo поверхности снежно-ледового покрова озера в начале периода измерений составляло 0,7-0,8, к 18 апреля уменьшилось до 0,6-0,7, а в течение 20 апреля резко уменьшилось с 0,6 до 0,25. В связи с изменением состояния поверхности озера 20-24 апреля величина альbedo увеличилась до 0,4-0,5.

Измерение потока фотосинтетически активной солнечной радиации в водной толще озера Вендюрского показало, что освещенность быстро убывает с глубиной. 12-17 апреля уровень освещенности в подледном слое был небольшим и слабо изменялся, дневной максимум не превышал 60  $\mu\text{моль}\cdot\text{м}^{-1}\cdot\text{с}^{-1}$ , 18-21 апреля уровень освещенности заметно увеличился (дневной максимум 180-200  $\mu\text{моль}\cdot\text{м}^{-1}\cdot\text{с}^{-1}$ ), 22-23 апреля - резко вырос (дневной максимум более 400  $\mu\text{моль}\cdot\text{м}^{-1}\cdot\text{с}^{-1}$ ). В нижележащем 2-х метровом слое водной массы уровень освещенности также заметно увеличился к концу периода наблюдений, дневной максимум освещенности на горизонтах наблюдений 1 и 2м составил 23 апреля 110 и 40  $\mu\text{моль}\cdot\text{м}^{-1}\cdot\text{с}^{-1}$ . На горизонтах ниже 4 м освещенность была близка к нулю на протяжении всего периода наблюдений. Было принято предположение, что освещенность в водной толще озера уменьшается с глубиной по экспоненциальному закону  $PAR(z) = PAR(0)\exp(-\gamma h)$ , где  $PAR(z)$  и  $PAR(0)$  – освещенность на горизонте  $z$  и на границе вода-лед, соответственно;  $h$  – толщина слоя 0- $z$ ;  $\gamma$  – коэффициент ослабления солнечной радиации в толще воды.

По измеренным значениям освещенности на разных горизонтах, мы рассчитали значение  $\gamma$  для слоев различной толщины. Максимальное значение  $\gamma$  было получено для слоев 0-1м и 0-2м – около 1,5м<sup>-1</sup>, для слоя 0-4м значение  $\gamma$  было близко к единице, для слоев 0-5 и 0-7м – около 0,5м<sup>-1</sup>. Используя значения коэффициента  $\gamma = 1,15$  и значения освещенности, измеренные на горизонте 0м, мы рассчитали значения освещенности на нижележащих горизонтах. Для верхнего 4-х метрового слоя водной толщи погрешность расчета лежит в пределах 15-20%, что является приемлемой точностью. Таким образом, можно использовать полученное значение коэффициента  $\gamma$  при расчетах ослабления солнечной радиации в водной толще озера Вендюрского или других озер, подобных ему по трофическому статусу.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Российской Академии Наук, Российского Фонда Фундаментальных Исследований (проект 10-05-91331-ННИО\_а).