

# РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ХЛОРОФИЛЛА В ВОДНОЙ ТОЛЩЕ ВОДОХРАНИЛИЩ ВЕРХНЕЙ ВОЛГИ В УСЛОВИЯХ ГОМОТЕРМИИ

Н.М. Минеева<sup>1</sup>, В.Ф. Мухутдинов<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, п. Борок, Россия,  
mineeva@ibiw.yaroslavl.ru*

<sup>2</sup> *Российский научно-исследовательский институт комплексного использования  
и охраны водных ресурсов, г. Екатеринбург, Россия, muhutdinov1@rambler.ru*

С использованием погружного флуориметра Fluoroprob bbe Moldaenke в августе 2015 г. выполнено зондирование распределения фитопланктона (содержания хлорофилла, Хл *a*) в водной толще Иваньковского, Угличского и Рыбинского водохранилищ (Верхняя Волга, Россия). В условиях гомотермии для 25 станций выявлено несколько типов вертикального распределения Хл *a*.

Плавное снижение в толще воды наблюдалось на участках с глубиной 5–8 м в верхней части водохранилищ, где толщина фотосинтезирующего слоя составляла  $2,4 \pm 0,2$  м, а показатель вертикального ослабления ФАР –  $1,26 \pm 0,02$  м<sup>-1</sup>. При среднем для фотического слоя содержании  $25,0 \pm 6,3$  мкг/л хлорофилл вносит ощутимый вклад в поглощение ФАР ( $47 \pm 9$  %).

Для большинства более глубоких (9–17 м) русловых участков Иваньковского и Угличского водохранилищ отмечено резкое снижение содержания Хл *a* на определенной глубине, которая коррелирует с глубиной станции ( $r=0,89$ ). Для этих участков характерна высокая ( $44,1 \pm 4,0$  мкг/л) концентрация Хл *a* в эвфотной зоне, составляющей в среднем  $2,3 \pm 0,1$  м, увеличение показателя вертикального ослабления ФАР до  $1,30 \pm 0,02$  м<sup>-1</sup> и рост вклада Хл *a* в поглощение ФАР до  $66 \pm 4$  %. В нижней части Угличского водохранилища содержание Хл *a* в эвфотной зоне было выше 70 мкг/л, в верхних 6–7 м, оно плавно снижалось а глубже практически не менялось. Вклад Хл *a* в ослабление ФАР превышал 90 %.

Равномерное вертикальное распределение Хл *a* наблюдалось против устья малой реки (р. Кашинка) в Угличском водохранилище и на стандартных станциях Рыбинского с глубинами от 6 до 14 м. Содержание Хл *a* в столбе воды составляло 44 мкг/л в первом случае и  $20,8 \pm 2,9$  мкг/л во втором, различия между поверхностным и придонным слоями не превышали 10 %. Глубина фотосинтезирующего слоя на этих станциях была самой низкой ( $2,1 \pm 0,1$  м). Показатель вертикального ослабления ФАР ( $1,26 \pm 0,01$  м<sup>-1</sup>) был таким же, как на станциях первой группы, но роль фитопланктона в ослаблении ФАР снижалась до  $38 \pm 6$  % за счет взмучивания терригенной взвеси со дна, вызвавшего ухудшение световых условий.

Участки водохранилищ с различным вертикальным распределением хлорофилла характеризовались специфической динамикой вод. На станциях с плавным снижением Хл *a* по глубине, расположенных в верхней части водохранилищ, гидродинамическая структура определяется относительно постоянными по скорости и направлению стоковыми течениями. Гидродинамический режим речных участков с резким снижением содержания Хл *a* характеризуется сложной системой течений и круговоротов в зависимости от взаимодействия сбросных расходов верхних и нижних гидроузлов и стока притоков. Здесь формируется устойчивая поперечная циркуляция вод, вектор которой определяется направлением ветра. На участках, прилегающих к ГЭС, течения быстро возникают и прекращаются в зависимости от суточных сбросов воды. В результате изменения сбросных расходов в русловой зоне образуются волны попуска, приводящие к реверсивности течения на значительном расстоянии от ГЭС. Равномерное распределение фитопланктона против впадения малой реки, вероятно, связано с образованием в этом района локальных вихрей (Поддубный и др., 2003; Экологические проблемы..., 2001). На стандартных станциях Рыбинского водохранилища равномерное распределение Хл *a* является следствием ветрового перемешивания (скорость ветра в период наблюдения достигала 10 м/с и более). При штилевой погоде скопления синезеленых водорослей в верхних слоях воды сохраняются до нескольких суток (Минеева, 2004).

Использование погружного флуориметра впервые для водохранилищ Верхней Волги позволило выявить три типа вертикального распределения фитопланктона (по хлорофиллу) в условиях гомотермии, связанные с гидродинамическими особенностями акваторий.

**Chlorophyll distribution in the Upper Volga Reservoirs under homothermic conditions. N.M. Mineeva, V.F. Mukhutdinov.** Vertical distribution of phytoplankton (chlorophyll-a, CHL) was investigated in August 2015 at 25 stations in Ivankovo, Uglich, and Rybinsk reservoirs (Upper Volga, Russia) using the submersible fluorometer Fluoroprob bbeMoldaenke. Three types of CHL vertical distribution were identified under homothermy. Gradual CHL decline in the water column at the upper site of reservoirs; a sharp decline at a certain depth of the majority of river sections; uniform distribution opposite the mouth of a small river (river Kashinka in Uglich Reservoir), as well as at the open lake-like sites of the Rybinsk reservoir under the wind mixing.