

Установлено, что закономерности пространственно-временного распределения пигментов согласуются с основными свойствами экосистемы. Отмечена целостность пигментного фонда всего водоема, взаимодействие и взаимозависимость его компонентов (подфондов водной толщи и донных отложений), несмотря на различия направленности метаболизма, а также биотических и абиотических характеристик верхнего и нижнего ярусов водной экосистемы. Преобладающая часть растительных пигментов находится в донных отложениях, причем в деградированной форме. Содержание остаточного деградированного хлорофилла в среднегодовом слое отложений сопоставимо со средним содержанием хлорофилла в водной толще; осадочный хлорофилл, выраженный в органическом углероде, составляет небольшую часть от годовой первичной продукции планктона (0,3–0,5 %). Уровень содержания хлорофилла в донных отложениях согласуется с трофическим типом водных объектов, оцененным по показателям содержания хлорофилла в единице объема воды. Пигментный фонд водоемов с автотрофной направленностью метаболизма содержит больше растительных пигментов во всех компонентах экосистемы, в том числе и донных отложениях, по сравнению с водоемами с гетеротрофной направленностью метаболизма. Особенности фонда растительных пигментов в водоемах с автотрофной направленностью метаболизма – повышенные концентрации пигментов в грунте и органическом веществе отложений, более высокий вклад обогащенных пигментами иловых отложений в общую площадь водоема, меньшая вариабельность концентраций в связи с горизонтальным распределением. Соотношение между первичной продукцией и различными видами конечной продукции водоема так же мало, как и эффективность использования солнечной энергии в первичной продукции планктона. Коэффициенты связи первичной продукции планктона с приходящей на поверхность водоема солнечной радиацией, рыбопродуктивностью и концентрацией деградированного хлорофилла в среднегодовом слое донных отложений характеризуются небольшими величинами (около 1 %).

Информативность характеристик пигментов может быть многократно увеличена при применении высокоэффективных современных методов оценки состава и концентрации пигментов. Несомненным стимулом к развитию исследований по растительным пигментам послужит недавнее открытие пятой формы хлорофилла – хлорофилла *f* (Chen, et al., 2010).

## **СЕДИМЕНТАЦИОННЫЕ ПИГМЕНТЫ В МОНИТОРИНГЕ ОЗЕРОВИДНОГО ВОДОХРАНИЛИЩА**

**Л.Е. Сигарева, Н.А. Тимофеева**

## **SEDIMENTARY PIGMENTS FOR MONITORING OF THE LAKE-LIKE RESERVOIR**

**L.E. Sigareva, N.A. Timofeeva**

*Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, Борок, Некоузский р-н,  
Ярославская обл., Россия, sigareva@ibiw.yaroslavl.ru*

Растительные пигменты относятся к показателям, которые нашли широкое применение в гидроэкологии. Большинство работ выполняется на фитопланктоне, растительные пигменты в донных отложениях используются гораздо реже. Однако, информационное значение осадочных пигментов чрезвычайно велико, поскольку закономерности их пространственно-временного распределения отражают итог синтеза и разрушения новообразованного при фотосинтезе органического вещества во всей экосистеме.

Работа выполнена с целью обоснования использования седиментационных пигментов для мониторинга трофического состояния крупного озеровидного водохранилища, ха-

рактизирующегося чрезвычайно сильной мозаичностью типов донных отложений и редкой стратификацией. Спектрофотометрический метод использовали для количественной оценки показателей содержания растительных пигментов (хлорофилл, феопигменты, общие каротиноиды) в верхнем слое донных отложений. Пробы собирали в речных и озеровидных участках Рыбинского водохранилища с 1993 по 2010 гг. Показателем деградации пигментного фонда считали индексы  $E_{480}/E_{665}$  и  $E_{480}/(1,7 E_{665к})$  и относительное содержание феопигментов. Изучали пространственное (горизонтальное) и временное (сезонное и многолетнее) распределение пигментов в связи с типом грунта, глубиной, температурой и прозрачностью воды, концентрацией хлорофилла в планктоне.

Наиболее часто отмечаемые с 1993 по 2010 гг. концентрации осадочного хлорофилла (хлорофилл + феопигменты) относятся к категории мезотрофных и эвтрофных величин. Средние за безледный период концентрации пигментов на отдельных станциях изменяются в пределах 3–284 мкг/г сухого осадка (в слое 0–2,5 см). Средняя многолетняя концентрация была максимальной (167,4 мкг/г сухого осадка) в отложениях экотонного участка с однотипными отложениями, а минимальной (28,4 мкг/г сухого осадка) – в озеровидном плесе с мозаичными грунтами. Несмотря на сильную неоднородность водных масс и грунтового комплекса, установлена положительная зависимость между концентрациями хлорофилла в воде и донных осадках водохранилища, отражающая роль фитопланктона в формировании продуктивности донных биотопов. Средние величины отношения содержания хлорофилла в воде и донных отложениях сопоставимы со скоростью осадконакопления, рассчитанной по данным зондирования донных отложений. Средние для всего водохранилища (слой 0–2,5 см), рассчитанные с учетом площадей разнотипных отложений, концентрации хлорофилл+феопигменты оценивались для двух периодов исследований. В 1996–1998 гг. концентрации составили 37,0 мкг/г сухого осадка или 15,3 мг/(м<sup>2</sup>·мм) сырого осадка, в 2009–2010 гг. соответственно 28,1 мкг/г сухого грунта или 10,4 мг/(м<sup>2</sup>·мм) сырого осадка. Уменьшение содержания пигментов согласуется с представлениями о деэвтрофировании водохранилища, отмечаемого по другим гидрологическим и гидробиологическим показателям. Особый интерес представили материалы изучения осадочных пигментов в экстремальных природных условиях 2010 г., характеризующегося необычно жарким летом и продолжительной штилевой погодой.

**МНОГОЛЕТНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ СТРУКТУРЫ ФИТОПЛАНКТОНА  
В МЕЛКОВОДНЫХ ЭВТРОФНЫХ ОЗЕРАХ: КАТАСТРОФИЧЕСКИЙ ПЕРЕХОД  
К ПЛАНКТОТРИХЕТОВОМУ СОСТОЯНИЮ**

**С.И. Сиделев, О.В. Бабаназарова**

**LONG-TERM CHANGES OF THE PHYTOPLANKTON STRUCTURE IN SHALLOW  
EUTROPHIC LAKES: A CATASTROPHIC TRANSITION TO  
PLANKTOTRICHETUM STATE**

**S.I. Sidelev, O.V. Babanazarova**

*Ярославский государственный университет, г. Ярославль, Россия, Sidelev@mail.ru*

Особенности сукцессии фитопланктона при переходе водоемов из олиготрофного к эвтрофному состоянию хорошо установлены (Reynolds, 1984; Трифонова, 1990), в меньшей степени, исследованы закономерности многолетних изменений структуры фитопланктона в мелководных стабильно эвтрофных озерах. Один из возможных путей сукцессии фитопланктона в подобных водоемах – это переход к обильному круглогодичному