

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

развитию в планктоне безгетероцистных нитчатых синезеленых водорослей планктотрихетового ( $S_1$ ) типа. Согласно концепции функциональных групп фитопланктона (Reynolds et al., 2002) к кодону  $S_1$  («planktotrichetum») относятся виды *Limnothrix redekei* (Van Goor) Meffert, *Planktothrix agardhii* (Gom.) Anagn. et Kom., *Pseudanabaena* spp. Исследователи отмечают прогрессивную экспансию видов  $S_1$  типа в водоемы умеренной зоны (Lyashenko, 2001; Ott et al., 2003). Цель работы – анализ особенностей и пусковых механизмов перехода водоемов к планктотрихетовому состоянию. Объекты исследования – оз. Неро в Ярославской области (Россия) и некоторые мелководные эвтрофные озера Европы (литературные данные).

Показано, что появление и массовое развитие синезеленых водорослей из кодона  $S_1$  в планктоне мелководных эвтрофных озер происходит скачкообразно за короткий промежуток времени. В оз. Неро в июне – июле 1987 г. виды  $S_1$  типа не отмечались в фитопланктоне, первое их массовое развитие в озере было зафиксировано в августе 1987 г. (неопубликованные данные О.А. Ляшенко). В последующие годы виды  $S_1$  комплекса стали устойчиво преобладать в фитопланктоне оз. Неро (Babanazanova, Lyashenko, 2007). Резкие изменения структуры фитопланктона оз. Неро в сторону увеличения монодоминирования видов  $S_1$  типа были выявлены также и в начале 2000-х гг. (Бабаназарова и др., 2011). Полевые наблюдения хорошо согласуются с простой графической моделью катастрофического перехода водорослевого сообщества к доминированию осцилляториевых видов, предложенной в работе (Scheffer et al., 1997). Установлено, что наиболее общей особенностью сукцессии фитопланктона при переходе озер к планктотрихетовому состоянию является замещение типичных для эвтрофных условий видов рода *Microcystis*, азотфиксирующих синезеленых и хлорококковых зеленых водорослей видами  $S_1$  комплекса. Вероятными «пусковыми факторами» внезапного обильного развития видов  $S_1$  типа в планктоне мелководных эвтрофных водоемов могут являться изменение гидрологического режима, увеличение азотной нагрузки, снижение прозрачности воды, потепление климата. Так, увеличение обилия видов из группы  $S_1$  в фитопланктоне оз. Неро совпало с изменениями гидрологического режима водоема в конце 1980-х гг. и в начале 2000-х гг. Вслед за этим было зафиксировано возрастание концентраций нитратного азота и снижение прозрачности воды, что могло поддерживать стабильное развитие видов  $S_1$  типа и ограничивать рост биомасс азотфиксирующих и светолюбивых групп водорослей (Сиделев, 2010).

Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант № 09–04–01771–а.

## **ПОСТУПЛЕНИЕ И НАКОПЛЕНИЕ КАТИОНОВ РАЗНОЙ ВАЛЕНТНОСТИ В КЛЕТКАХ ХАРОВЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ**

**А.И. Соколик, Ж.В. Высоцкая, В.М. Юрин**

## **ENTRANCE AND ACCUMULATION OF THE CATIONS WITH DIFFERENT VALENCY IN THE CELLS OF CHAROPHYTES**

**A.I. Sokolik, Zh.V. Vysotskaya, V.M. Yurin**

*Белорусский государственный университет, кафедра физиологии и биохимии растений,  
г. Минск, Беларусь, sokolik@bsu.by*

Антропогенное воздействие на экосистемы приводит к все возрастающему их загрязнению различными веществами, среди которых немалую долю составляют тяжелые металлы, в большинстве являющиеся катионами различной валентности. Проблема усугубляется тем, что в отличие от других промышленных отходов они не разлагаются и уро-