

СЕЗОННАЯ И МЕЖГОДОВАЯ ДИНАМИКА ХЛОРОФИЛЛА В ПЛАНКТОНЕ КРУПНОГО РАВНИННОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Н.М. Минеева

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

Определение фотосинтетических пигментов в планктоне Рыбинского водохранилища (Верхняя Волга, Россия) ведется в ИБВВ РАН с середины XX века стандартным спектрофотометрическим методом на шести постоянных станциях (Фитопланктон..., 1999; Экологические проблемы..., 2001; Сигарева и др., 2016). В 2009 г. мы начали использовать флуоресцентный метод в модификации, разработанной в Красноярском университете (Гольд и др., 1986; Гаевский и др., 1993). Метод позволяет определять суммарное количество хлорофилла *a* ($\Sigma\text{Хл}$) непосредственно в природной воде по его содержанию у диатомовых, синезеленых и зеленых водорослей ($\text{Хл}_{\text{Вас}}$, $\text{Хл}_{\text{Сyan}}$, Хл_{Chl} , соответственно). Полученные данные продолжают и дополняют ряды многолетних наблюдений, позволяющих контролировать состояние и развитие пресноводной экосистемы.

В мае-октябре 2009–2014 гг. преобладающие концентрации $\Sigma\text{Хл}$ (~ 42 % общего числа наблюдений) составили 10–30 мкг/л. Максимальные величины были выше 50 мкг/л в 2009, 2012 гг. и выше 100 мкг/л в 2010, 2011, 2013, 2014 гг. Такие высокие концентрации в единичных случаях регистрировались в водохранилище и раньше (Минеева, 2004), но в последние годы их доля существенно выросла.

Содержание $\text{Хл}_{\text{Вас}}$ достигало 18–92 мкг/л, $\text{Хл}_{\text{Сyan}}$ – 25–130 мкг/л, Хл_{Chl} – 1–4 мкг/л. Наиболее часто встречаемые концентрации $\text{Хл}_{\text{Вас}}$ ограничены 10 мкг/л, в массиве значений $\text{Хл}_{\text{Сyan}}$ преобладали величины до 30 мкг/л. Доля $\text{Хл}_{\text{Вас}}$ в суммарном фонде хлорофилла в основном колебалась в пределах 30–50 %, возрастала до 60–70 % в 2010 г. и снижалась до 25–27 % в 2013 г. Доля $\text{Хл}_{\text{Сyan}}$ весной и в начале лета не превышала 20–30 %, а в июле-сентябре увеличивалась до 90 % и более. В отдельные периоды и $\text{Хл}_{\text{Вас}}$, и $\text{Хл}_{\text{Сyan}}$ могли составлять весь фонд $\Sigma\text{Хл}$. В сезонной динамике $\text{Хл}_{\text{Вас}}$ прослеживались весенний, летний и осенний подъемы, в сезонной динамике $\text{Хл}_{\text{Сyan}}$ – летний подъем, во время которого отмечались максимальные величины. Последние были существенно выше, чем концентрация $\text{Хл}_{\text{Вас}}$ (в июле-сентябре 2009 и 2011–2014 гг. превышение могло быть 10-кратным). Относительное количество Хл_{Chl} составляло не более 3–13 %.

Анализ связи содержания суммарного хлорофилла с факторами среды показал, что в наибольшей степени развитие фитопланктона в водохранилище зависело от присутствия фосфора ($R^2 = 0,75$). Умеренное

воздействие оказывали температура воды, электропроводность, отражающая общую минерализацию, и содержание азота ($R^2 = 0,27-0,46$). Ранжирование $X_{\text{ЛСяан}}$ и $X_{\text{ЛВас}}$ по градиенту температуры выявило температурный интервал, наиболее благоприятный для вегетации водорослей соответствующих отделов. Для синезеленых водорослей этот интервал составляет 20–25 °С, для диатомовых – от 5 до 20 °С. Известно, что температурный оптимум синезеленых водорослей выше, чем оптимум диатомовых (Butterwick et al., 2005), для которых широкий температурный диапазон объясняется развитием холоднолюбивых форм весной и осенью, теплолюбивых – летом.

Многолетняя динамика хлорофилла в Рыбинском водохранилище носит циклический характер, связанный с гидроклиматическими особенностями и водностью лет наблюдения (Минеева, 2004; Пырина и др., 2006). Хлорофилл как физиологический показатель является наиболее чувствительным маркером изменений внешней среды. За более чем 50-летний период наблюдений в разные фазы водности при преобладании антициклонального типа погоды создавались условия, дающие толчок интенсивному развитию фитопланктона. В эти годы, наиболее типичными из которых были 1972 и 1981, содержание хлорофилла возрастало, затем постепенно снижалось, но оставалось в целом на более высоком уровне, чем в предыдущий период, отражая повышение трофии водоема.

В 2011–2014 гг. отмечен резкий подъем $\Sigma X_{\text{Л}}$ с абсолютным (64–75 % общего числа наблюдений) преобладанием величин, свойственных эвтрофным и высоко эвтрофным водам. Стимулом послужили условия аномально жаркого лета 2010 г., когда температура водной толщи была выше 25 °С. Известно, что повышение температуры служит эвтрофирующим фактором, способствуя повышению внутренней фосфорной нагрузки, а также более обильной и продолжительной вегетации синезеленых водорослей (Jeppesen et al., 2005). Полученные данные демонстрируют пример отклика экосистемы на изменение термического режима водоема.

Chlorophyll *a* seasonal and interannual dynamics in plankton of the large plain reservoir. N.M. Mineeva. Using fluorescence method the study of seasonal and interannual dynamics of chlorophyll at the Rybinsk Reservoir (Upper Volga, Russia) was carried out in 2009–2014. Contribution of the diatoms, blue-green and green algae in the total amount of pigment was estimated. The sharp rise in chlorophyll concentration have been found after abnormally hot year, 2010.