

ИССЛЕДОВАНИЯ СПЕКТРАЛЬНОЙ ПРОЗРАЧНОСТИ ВНУТРЕННИХ ВОДОЁМОВ (НА ПРИМЕРЕ ОЗЕРА-СТАРИЦЫ ЛАПА АЛТАЙСКОГО КРАЯ)

Суторихин И.А. (sia@iwep.asu.ru), Букатый В.И. (v.bukaty@mail.ru),

Акулова О.Б. (Akulova8282@mail.ru)

Институт водных и экологических проблем СО РАН

Алтайский государственный университет

Аннотация. Приведены результаты измерений спектральной прозрачности в диапазоне длин волн 400–1000 нм в осенний период 2011 г. Для разработки методики определения концентрации хлорофилла "а" в водоёме по данным измерений спектральной прозрачности проведено сравнение эмпирических зависимостей прозрачности по диску Секки от содержания хлорофилла, приведённых из литературных данных для различных типов водоёмов.

Ключевые слова: спектральная прозрачность, хлорофилл.

В связи с возрастающим антропогенным воздействием на водоёмы возникает проблема описания структуры и функционирования водных экосистем в изменяющихся условиях.

В настоящее время в исследовании водных экосистем оперативно разрабатывается и активно применяется на практике спектрофотометрический метод определения прозрачности. Необходимо отметить, что в последние годы в научной литературе представлены экспериментальные данные по взаимосвязи между прозрачностью водоемов и содержанием хлорофилла, в основном, для морей и океанов [1–7]. Подобные исследования для внутренних водоемов в нашей стране (озёр, водохранилищ, рек и т.д.) проводились эпизодически.

Однако, результаты, полученные различными авторами, зачастую характеризуются разобщенностью и нередко несопоставимостью, что требует проведения дальнейших исследований в этом направлении с учетом комплексной оценки сложных полидисперсных, поликомпонентных водных экосистем, в частности, внутренних водоемов.

В гидрооптике часто под прозрачностью понимают глубину видимости погруженного в воду белого диска до полного исчезновения его изображения.

Отметим, что учёные в ходе полевых исследований предоставляют данные о величине прозрачности, измеренной, в основном, методом по диску Секки. Погрешность данного метода изменяется в различных экспериментах в пределах 8–20%. Под трофностью ЭФТЖ, т. 7, 2012

понимается характеристика водоёма по его биологической продуктивности. В случае интенсивного поступления в водоём полидисперсных частиц взвеси, содержащей, главным образом, минеральные взвешенные частицы, определение прозрачности воды может давать ошибочное представление об уровне развития фитопланктона, степень развития которого, в свою очередь, характеризует величину прозрачности в озёрах. Фитопланктон является первичным звеном в трофической цепи поверхностных вод, который играет важную роль в функционировании водных экосистем. Он характеризуется широким колебанием количественных показателей и неравномерностью распределения, поэтому для получения надёжных показателей состояния водных экосистем и качества воды необходимо иметь достаточное количество данных о видовом составе, численности и биомассе фитопланктона. Данные относительно развития фитопланктона необходимы, прежде всего, для характеристики трофности водных объектов [8, 9].

Основной целью наших исследований является проведение сезонных измерений спектральной прозрачности воды (на примере озера Лапа) на различных глубинах. Подобные исследования представляются актуальными, так как между концентрацией хлорофилла *a*, являющимся основным пигментом фитопланктона и его биомассой, существует прямая зависимость [10–12]. Поэтому, проводя одновременно независимыми методами измерения спектральной прозрачности и концентрации хлорофилла, исследуя взаимосвязь между ними, изучая сезонный ход подобной зависимости применительно к внутренним водоёмам определённого типа, можно на основании оперативных данных о прозрачности с большой достоверностью определять трофический статус и биопродуктивность конкретных водных экосистем.

В основе разработки оперативного и функционального на практике спектрофотометрического метода определения прозрачности водоемов лежат измерения на спектрофотометре отношений двух световых потоков, прошедших через объёмы эталонного (в нашем случае, дистиллированная вода) и исследуемого образцов. Отбор проб воды проводили в осенний период 2011 г. на акватории озера-старицы Лапа, принадлежащего к приточной системе правобережной поймы реки Оби и расположенного в окрестностях г. Барнаула. Озеро является непроточным и сообщается с рекой только в период весеннего половодья. Измерения прозрачности воды проводились в лабораторных условиях на спектрофотометре СФ-46 с погрешностью, равной 0,5 %.

Водные пробы, взятые на различной глубине (максимальная глубина озера 9 м), помещались в кварцевые кюветы размером 12*30 мм с длиной пути 12 мм. Спектральная прозрачность измерялась в спектральном диапазоне 400–1000 нм.

Далее рассчитывалась важная гидрооптическая характеристика – показатель ослабления ε , являющийся суммой показателей поглощения κ и рассеяния σ

$$\varepsilon = \kappa + \sigma.$$

В связи с тем, что ослабление света в толще воды в водоёме обусловлено, в основном, поглощением и рассеянием на взвешенных частицах, для оценки оптических характеристик необходимо определить микрофизические параметры гидрозолей. Известно, что в стоячих и слабопроточных водоёмах, к которым принадлежит изучаемый нами объект, основную часть взвешенного вещества составляют клетки микроскопических водорослей, обитающих в толще воды фитопланктона. В связи с этим нами проводились также измерения их размеров с помощью светового микроскопа Nikon Eclipse 80 i. По данным измерений размеры частиц в пробах находились в пределах 2–14 мкм по диаметру. Типичная гистограмма распределения частиц по диаметрам (D) в озере Лапа приведена на рисунке 1.

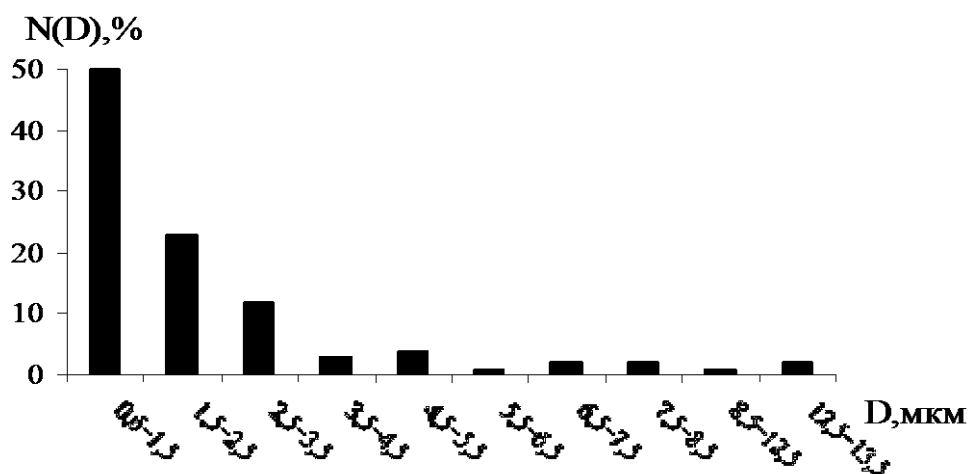


Рис. 1. Гистограмма распределения частиц фитопланктона по размерам

На рисунке 2 представлены результаты расчётов спектрального показателя ослабления света на различных глубинах озера по данным измерений спектральной прозрачности, проведённых 13.10.2011.

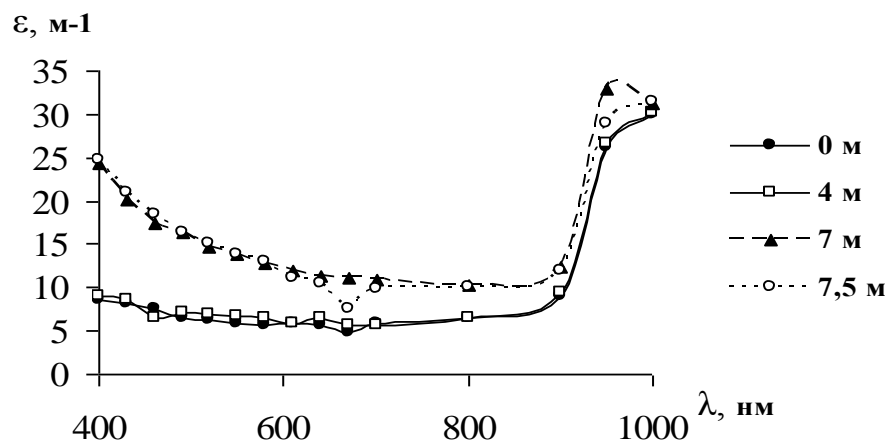


Рис.2. Зависимость показателя ослабления от длины волны λ на различных глубинах водоёма

Показатель ослабления определялся по формуле

$$\varepsilon = \frac{1}{L} \ln 1/T, \quad (1)$$

где L - длина кюветы, равная 12мм, T – прозрачность.

Из рисунка видно, что максимальные значения показателя ослабления имеют место в пробах воды, отобранных с более глубоких слоев.

Для разработки методики определения концентрации хлорофилла "а" в водоёме по данным измерений спектральной прозрачности представляет интерес сравнить полученные нами результаты с данными других исследований прозрачности водоёмов по диску Секки.

В работах, например, [3,4], посвящённых изучению экспериментальной зависимости оптической прозрачности T_6 (в метрах) по диску Секки от концентрации хлорофилла C (в $\text{мг}/\text{м}^3$) для различных водных экосистем используется эмпирическая зависимость вида

$$T_6 = \alpha C^{-b}, \quad (2)$$

где α и b – постоянные параметры, различные для отдельных групп водоёмов.

Чтобы сравнить наши результаты измерений спектральной прозрачности, воспользуемся уравнением, связывающим прозрачность по диску Секки с показателем ослабления, полученным по формуле (1). Данное уравнение имеет вид [1]

$$T_6 = d/\varepsilon, \quad (3)$$

где d – параметр, который для водоёмов в большинстве случаев принимается равный 8.

Таким образом, измерив концентрацию хлорофилла и рассчитав показатель ослабления по формуле (1), используя измеренные нами значения спектральной прозрачности, можно найти параметры α и b из выражения (2), что позволит оценить трофический статус исследуемого водоёма.

Авторы выражают благодарность к.б.н. Е.Ю.Митрофановой за предоставленные данные по водорослям фитопланктона.

Список литературы

1. Шифрин К.С. Введение в оптику океана.– Л., 1983.–279с.
2. Кронберг П. Дистанционное изучение земли.– М., 1988.–350с.
3. Бульон В.В. Закономерности первичной продукции в лимнических экосистемах.– СПб., 1994.–222с.
4. Мусатов А.П. Оценка параметров экосистем внутренних водоемов.– М.,2001.–192с.
5. Апонасенко А.Д. Количественная закономерность функциональной организации водных экосистем / Автореф. дисс. док.физ.-мат. наук, СПб., 2002.–47с.
6. Апонасенко А.Д., Щур Л.А., Лопатин В.Н. Связь содержания хлорофилла с биомассой и дисперсной структурой фитопланктона//Доклады Академии Наук.– 2007.том 412, №5.–С 710-712
7. Суторихин И.А.,Бортников В.Ю.,Анисимов А.П.,Котовщиков А.В. Измерение прозрачности и концентрации хлорофилла в поверхностных водах . Материалы Третьей всероссийской научной конференции с международным участием, Барнаул, 2010.–С 253-256
8. Бульон В.В.Первичная продукция планктона и классификация озер Продукционно-гидробиологические исследования водных экосистем.– Л., 1987.–С 45-51
9. Минеева Н.М. Растительные пигменты в воде волжских водохранилищ.– М., 2004.–156с.
10. Винберг Г.Г. Первичная продукция водоёмов.– Минск., 1960.–329с.
11. Сиренко Л.А., Курейшевич А.В. Определение содержания хлорофилла в планктоне пресных вод.– Киев., 1982.–52с.
12. Методические вопросы изучения первичной продукции планктона внутренних водоёмов // Под ред. И. Л.Пыриной, СПб., 1993.–159с.