

## ВЛИЯНИЕ ВОДНОЙ ВЗВЕСИ НА СУТОЧНЫЙ ХОД СПЕКТРАЛЬНОЙ ПРОЗРАЧНОСТИ ОЗЕРНОЙ ВОДЫ

**И.А. Суторихин, В.И. Букатый, О.М. Фроленков, И.М. Фроленков**

Институт водных и экологических проблем СО РАН

г. Барнаул

В работе приведены результаты измерений суточной динамики гидрооптических и гидротермических характеристик воды на озере Красиловское (Алтайский край), проведенных в период 18.07.2016 -19.07.2016 гг. Рассмотрено влияние физических, химических, биотических факторов на спектральную прозрачность воды.

**Ключевые слова:** прозрачность воды, показатель ослабления света, озера, фитопланктон, водная взвесь.

Проблема экологического мониторинга водных ресурсов на территории Алтайского края в последнее время приобретает большое научно-практическое значение.

Многие озера Алтайского края подвержены антропогенной нагрузке, в том числе изучаемое нами оз. Красиловское, что приводит к увеличению скорости процесса эвтрофирования. По своему положению в рельефе суши озера являются аккумуляторами многих веществ, циркулирующих в пределах водосбора. Уровень воды в таких водоемах поддерживается за счет ручьев, атмосферных осадков и т.п. Таким образом в водоемы попадают токсиканты, которые воздействуют на различные компоненты экологической системы. При проведении экологического мониторинга пресноводных водоемов перспективным является изучение оптических свойств воды, в частности, прозрачности [1].

Целью работы является изучение влияния водной взвеси на спектральную прозрачность воды в оз. Красиловское.

Водная взвесь озер в основном состоит из минеральных (терригенных) частиц, клеток фитопланктона и детрита [2].

Прозрачность воды является одним из важных факторов, определяющих подводную освещенность, косвенно обозначающую количество взвешенных частиц [3].

Взвешенные вещества, находящиеся в озерной воде, уменьшают ее прозрачность.

Нами в работах [4,5] показано, что основной вклад в ослабление света в озерах вносит взвесь, которая преимущественно состоит из клеток водорослей фитопланктона, поэтому динамика распределения в пространстве фитопланктона главным образом

определяет суточную изменчивость спектральной прозрачности исследуемого озера.

В работе [6] распределение фитопланктона в озерах объясняется наличием физических, химических и биотических факторов.

Среди физических факторов можно выделить подгруппу механических, которые действуют на живые и мертвые компоненты взвешенного вещества (сестона). При этом эффективность воздействия зависит от физических свойств плавающих частиц [7].

К механическим факторам относятся: вертикальные циркуляции, ветровые перемешивания, турбулентные движения воды, течения.

В озерах умеренного типа, к которым можно отнести оз. Красиловское вследствие охлаждения поверхностного слоя, изменения температуры возникает вертикальная (конвекционные токи) и частичная циркуляции [6].

Фитопланктон при осенней циркуляции распределяется равномерно.

Мощные конвекционные токи наряду с ветровой циркуляцией оказывают значительное влияние на распределение планктона. Мелкие формы планктона перемешиваются и рассеиваются в толще воды.

В озерах кроме полных вертикальных циркуляций присутствуют и частичные циркуляции, возникающие ежедневно вследствие охлаждения поверхности в ночное время и опускания охлажденных слоев только в эпилимнионе.

При воздействии ветра на водоем возникают турбулентные, обменные течения, которые оказывают воздействие на фитопланктон, удерживая организмы во взвешенном состоянии. При высокой степени турбулент-

## ВЛИЯНИЕ ВОДНОЙ ВЗВЕСИ НА СУТОЧНЫЙ ХОД СПЕКТРАЛЬНОЙ ПРОЗРАЧНОСТИ ОЗЕРНОЙ ВОДЫ

ности слоистое распределение планктона не наблюдается, слоистость имеет место, если степень турбулентности в эпилимнионе в разных слоях не одинаковая.

Действие турбулентности на распределение планктона в оз. Красиловское может иметь место как в ветреную, так и в штилевую погоду вследствие конвекционных потоков. В оз. Красиловское преобладают синезеленые водоросли, которые сконцентрированы в близи поверхности.

Другим важным фактором является ветровое перемешивание.

Прежде всего перемешиванию подвергаются представители фитопланктона, совершенно «пассивные» или наделенные слабыми двигательными способностями. Перемешивание, вызванное ветром, охватывающее только эпилимнион, может вызвать изменение в вертикальном распределении планктона. В момент перемешивания распределение клеток водорослей идет в эпилимнионе, а с восстановлением тихой погоды переходит в летнее перераспределение.

К химическим факторам относят растворенные в воде газы, минеральные соли и органические вещества. Газы, растворенные в воде, накапливающиеся в нижних слоях озер, влияют на нижнюю границу планктона.

Биотические факторы оказывают воздействие на живые организмы различным образом и обуславливают физиологические процессы (размножение, распределение клеток) и приводят к перераспределению фитопланктона.

Распределение фитопланктона определяется скоростью размножения клеток и скоростью их опускания. При быстром размножении и маленькой скорости опускания происходит скопление клеток в верхнем слое воды, именно здесь происходит ассимиляция, синтез органических веществ и непрерывное размножение клеток. При медленном размножении и быстром опускании происходит равномерное распределение клеток. Скорость размножения фитопланктона зависит от ряда факторов, которые разделяются на внешние и внутренние.

К внешним фактором можно отнести свет и температуру воды. Интенсивность фотосинтеза определяется функцией силы солнечного света, длины волны излучения и продолжительности освещения. Температура оказывает воздействие на процессы обмена веществ и на скорость деления клеток. Для роста и размножения водорослей фитопланктона необходим углекислый газ, как источник

углерода, кислород - для дыхания. На фотосинтез может влиять количество и состав пигментов в клетке.

Ранее в наших работах [8,9] приведены результаты суточных измерений спектральной прозрачности (коэффициента пропускания) и температуры воды, а также хлорофилла «а» в бессточном оз. Красиловское.

В предлагаемой работе оптические измерения проводились по методике, описанной в [8,9]. Реализация этой методики заключается в экспериментальном нахождении коэффициента пропускания оптического излучения через слой природной воды при различных длинах волн в определенном спектральном интервале.

По данным измерений коэффициента пропускания рассчитывается показатель ослабления света в воде ( $\epsilon$ ).

Первичная гидрооптическая характеристика  $\epsilon$  – спектральный показатель ослабления света в воде (физическая величина, являющаяся суммой показателей поглощения и рассеяния света) рассчитывается по формуле

$$\epsilon = \frac{1}{L} \ln I_0 / I$$

где  $L$  – длина кюветы, равная в наших опытах 10мм,  $T$  – прозрачность в относительных единицах, равна  $I/I_0$ ,  $I_0$  – интенсивности прошедшего и падающего света, соответственно.

Абсолютная погрешность величины  $\epsilon$  обусловлена погрешностью измерения коэффициента пропускания с помощью спектрофотометра и погрешностью определения длины кюветы. Максимальная абсолютная погрешность измерений показателя ослабления света составила около 0,5 м-1.

Летом 18-19 июля 2016 года в Косихинском районе Алтайского края на озере Красиловское проведены суточные исследования динамики спектрального показателя ослабления света. Рассчитан спектральный вклад компонентов воды в суммарный показатель ослабления света на разных глубинах оз. Красиловское. В результате расчетов установлено, что значительное влияние на спектральную прозрачность оказывает взвесь (до 80%).

Динамика показателя ослабления света на длине волны 430 нм на разных глубинах оз. Красиловское летом 18-19 июля 2016 г. представлена на рисунке 1. Из рисунка видно, что в результате суточных измерений установлено, что резких максимумов значения  $\epsilon$

в поверхностном слое озера и на глубинах 1, 2, 5 и 6 м не наблюдается. И только на глубине 4 м имеется выраженный максимум, который приходится на (4.00) 19 июля. В придонном слое максимальное значение  $\epsilon$  отмечено утром в (8.00) 19 июля. Резкий минимум наблюдается ночью в (23.00) на глубине 3 м.

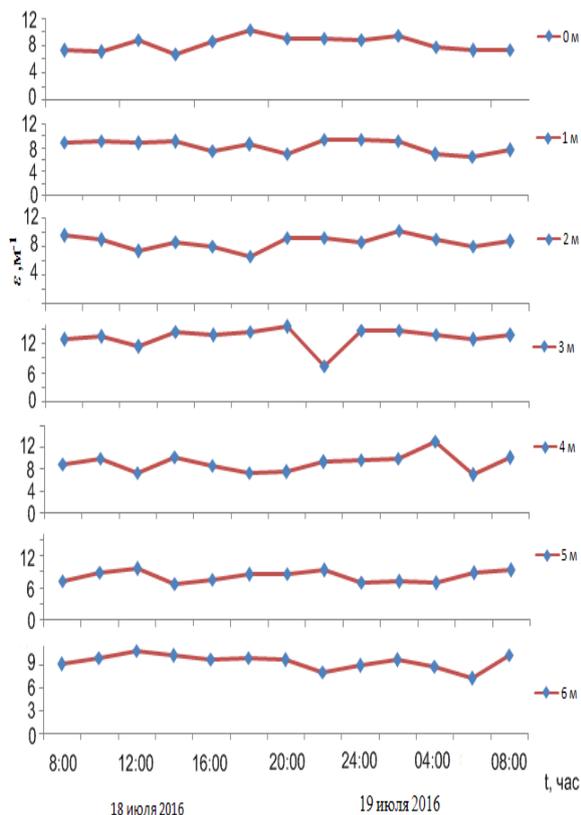


Рисунок 1 – Суточная динамика показателя ослабления света  $\epsilon$  на разных глубинах оз. Красиловское 18-19 июля 2016 г.

На рисунке 2 представлена спектральная зависимость показателя ослабления света на разных глубинах оз. Красиловское в 8.00 утра 18 июля 2016г. Из рисунка видно, что максимальный показатель ослабления света наблюдается на глубине 4 м, а минимальный – на глубине 1 м.

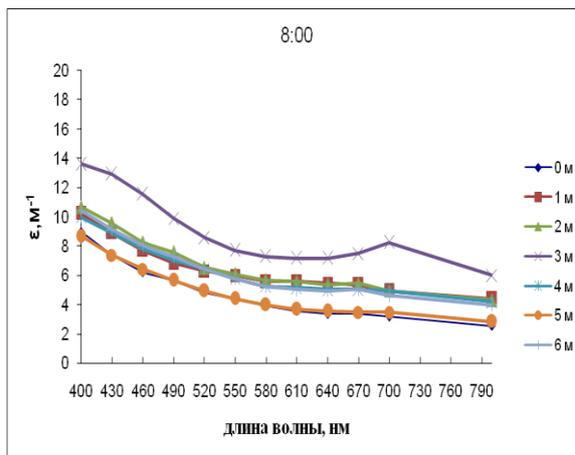


Рисунок 2 – Показатель ослабления света в 8.00 на разных глубинах оз.Красиловское 18-19 июля 2016 г.

Для интерпретации данных по суточной динамике спектральной прозрачности на рисунке 3 приведена температура воды на разных глубинах оз.Красиловское в различные временные промежутки.

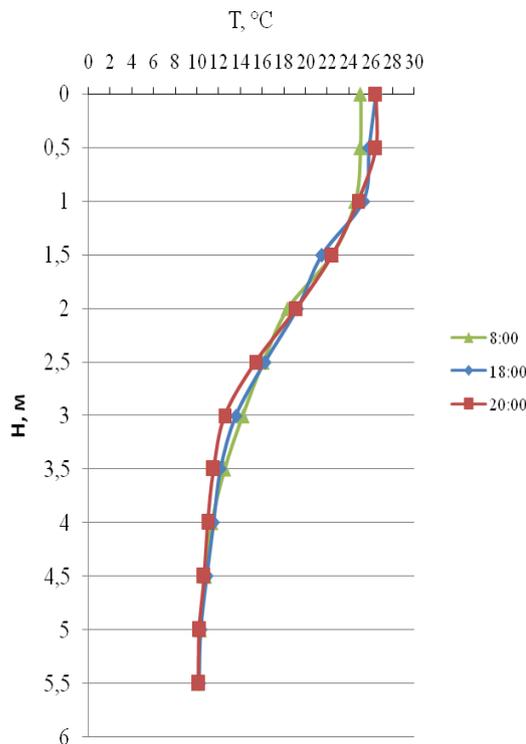


Рисунок 3 – Температура воды на разных глубинах оз.Красиловское в различные периоды времени

## ВЛИЯНИЕ ВОДНОЙ ВЗВЕСИ НА СУТОЧНЫЙ ХОД СПЕКТРАЛЬНОЙ ПРОЗРАЧНОСТИ ОЗЕРНОЙ ВОДЫ

По результатам работы можно сделать следующие выводы.

Было изучено влияние водной взвеси на спектральную прозрачность воды, выделены основные факторы которые уменьшают прозрачность воды, такие как температура (охлаждение поверхности в ночное время и опускание охлажденных слоев), влияние конвекционных токов, рассчитан спектральный вклад водной взвеси в суммарный показатель ослабления света на разных глубинах.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ли М.Е., Мартынов О.В., Шибанов Е.Б. Новые принципы измерения индикатрисы рассеяния в широком диапазоне углов // Экологическая безопасность прибрежных и шельфовых зон и комплексное использование ресурсов шельфа: Сб. научн. тр. Вып. 8. НАН Украины, МГИ, ОФ ИнБЮМ. Под. ред. В.А. Иванова. МГИ НАН Украины, Севастополь, 2003. Вып. 3. – С. 194 – 211.
2. Монин А.С., Шишков Ю.А. Глобальные экологические проблемы. М.: Знание, 1991.- 38С.
3. Безруков Ю.Ф. Океанология. Часть II. Динамические явления и процессы в океанологии.- Симферополь: Таврический национальный университет им. В.И.Вернадского, 2006.-123с.
4. Букатый В.И., Суторихин И.А., Фроленков О.М., Фроленков И.М. Суточная динамика хлорофилла "а" в бессточном озере Красиловское. Измерение, контроль, информатизация: материалы XVII международной научно-практической конференции. /под ред. Л.И. Сучковой - Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2016. - С.182-185.
5. Суторихин И.А., Букатый В.И., Акулова О.Б., Фроленков И.М., Фроленков О.М., Янковская У.И. Суточная изменчивость гидрооптических и гидробиологических характеристик озера Красиловское // Материалы международной конференции «Ломоносовские чтения на Алтае: фундаментальные проблемы науки и образования» г.Барнаул, 20-24 октября 2015г. – С. 1433–1438.
6. Киселев И. А. Планктон морей и континентальных водоемов. Т. I. Вводные и общие вопросы планктологии. Изд-во «Наука», Ленингр. – отд., Л.:1969.- 658с.
7. Институт биологии внутренних вод им.И.Д.Папанина Российской академии наук. Понятие планктон, сейстон. Электронный ресурс] Режим доступа <http://ibiw.ru/index.php?p=edu/pl2>.
8. Суторихин И.А., Букатый В.И., Акулова О.Б., Фроленков И.М., Фроленков О.М., Янковская У.И. Суточный ход гидрофизических и гидробиологических параметров бессточного озера Красиловское // Известия Алтайского отделения Русского географического общества. – 2015.–№4(39). – С.59–75.
9. Букатый В.И., Суторихин И.А., Фроленков О.М., Фроленков И.М. Суточная динамика хлорофилла «а» в бессточном озере Красиловское. Измерение, контроль, информатизация: материалы XVII международной научно-практической конференции. /под ред. Л.И. Сучковой - Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2016. - С.182-185.

**Суторихин Игорь Анатольевич – д.ф.-м.н., профессор, тел.: (3852) 666-502, e-mail: sia@iwer.asu.ru; Букатый Владимир Иванович – д.ф.-м.н., профессор, научный сотрудник лаборатории водной экологии; Фроленков Олег Михайлович – инженер ИВЭП СО РАН; Фроленков Игорь Михайлович – инженер ИВЭП СО РАН.**