

ИЗМЕНЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ХЛОРОФИЛЛА И СПЕКТРАЛЬНОЙ ПРОЗРАЧНОСТИ ВОДЫ НА РАЗЛИЧНЫХ ГЛУБИНАХ АКВАТОРИИ ТЕЛЕЦКОГО ОЗЕРА В 2015-2016 ГОДАХ

И.А. Суторихин, И.М. Фроленков

Институт водных и экологических проблем СО РАН,
Алтайский государственный университет
г. Барнаул

В работе приведены результаты натурных измерений показателя спектральной прозрачности воды, концентрации хлорофилла, рассчитаны показатели ослабления света, на различных глубинах. Экспедиция проходила в июле 2015-2016 гг. Пробы воды отбирались с помощью глубинного батометра с борта теплохода-лаборатории. Измерения проводились в диапазоне 400-800 нм на спектрофотометре ПЭ-5400УФ. Полученные результаты показали диапазон изменения показателя спектрального ослабления света на разных глубинах в исследуемые годы.

Ключевые слова: концентрация хлорофилла, спектральный показатель ослабления света, спектрофотометр, экологический мониторинг, Телецкое озеро.

Телецкое озеро это одно из крупнейших озер Западной Сибири. Редкая чистота воды обеспечивается жизнедеятельностью его уникального животного и растительного мира, и снабжает людей чистой водой. Загрязнение водоема изменение свойств воды в процессе деятельности человека, а именно сбросу в воду бытовых и производственных отходов жизнедеятельности, загрязнение от водных транспортных средств, объектов туристической приво- дит к уничтожению экосистемы и потери запасов чистой воды. Недостаточная изученность гидрооптических и гидробиологических характеристик озера, нехватка универсальных экспресс методов для мониторинга водоемов, необходимость решения многочисленных проблем сохранения и рационального использования природных ресурсов определили актуальную задачу исследования озера.

В гидрологии прозрачность воды принято определять стандартным способом по белому диску Секки. Этот метод имеет ряд недостатков: ограничение в применении (светлое время суток и максимальная высота Солнца над горизонтом во время измерения) и глубиной (не превышающей фотического слоя).

В то же время использование спектрофотометрических методов является практически универсальным и не зависящим от внешних факторов, результаты которых учи-

тывают содержание взвешенных и растворенных веществ: хлорофилл, растворенные органические и неорганические соединения (желтое вещество), минеральную и органическую взвесь. В этой связи в отечественной и мировой практике для оценки состояния водных экосистем и определения качества воды водоемов в последнее время все чаще применяются спектральные оптические методы, как универсальные и точные.

Летом 2015 (28-30 июля) и 2016 (26-29 июля) в ходе экспедиционных работ на борту теплохода – лаборатории ИВЭП СО РАН были проведены исследования гидрооптических и гидробиологических характеристик Телецкого озера.

Отборы проб воды проводились по акватории озера с использованием малообъемного Паталаса по схеме, приведенной на рисунке 1 и таблице 1. Определение коэффициентов спектрального пропускания отобранных проб проводились в диапазоне длин волн 400-800 нм с шагом 30 нм на спектрофотометре ПЭ-5400 УФ. Водные пробы помещались в кварцевые кюветы размером 5х5 мм с длиной оптического пути 10 мм. В кювету сравнения помещалась дистиллированная вода.

Первичная гидрооптическая характеристика ε - спектральный показатель ослабления света в воде (физическая величина, являющаяся суммой показателей поглощения и

ИЗМЕНЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ХЛОРОФИЛЛА И СПЕКТРАЛЬНОЙ ПРОЗРАЧНОСТИ ВОДЫ НА РАЗЛИЧНЫХ ГЛУБИНАХ АКВАТОРИИ ТЕЛЕЦКОГО ОЗЕРА В 2015-2016 ГОДАХ

рассеяния света) рассчитывается по формуле:

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

где L – длина кюветы, равная 10мм; T- коэффициент спектрального пропускания, равный I/I₀; I, I₀ – интенсивности прошедшего и падающего света, соответственно.

Максимальная абсолютная погрешность в определении ε составила около 0,5 м⁻¹

Таблица 1 – Номера и соответствующие им названия точек отбора проб на оз.Телецкое

№	Название точек отбора проб
1	Кордон Чири
2	Кыга
3	Чулышман (середина озера)
4	Челюш
5	Кокши (впадение реки)
6	Кокши пелагиаль
6.1	Кокши
7	Корбу
8	Ок-Порок
9	Камга литораль
10	Камга устье
11	Яй-Лю, пелагиаль
12	Каменный залив
13	Артыбашь пелагиаль
14	Аданыш пелагиаль
15	м. Сарыкту пелагиаль
16	м. Артал(близ Ниж.Камелик)
17	Чулышман (приток)
18	Байказан
19	м. Нянсночь
20	м. Караташ

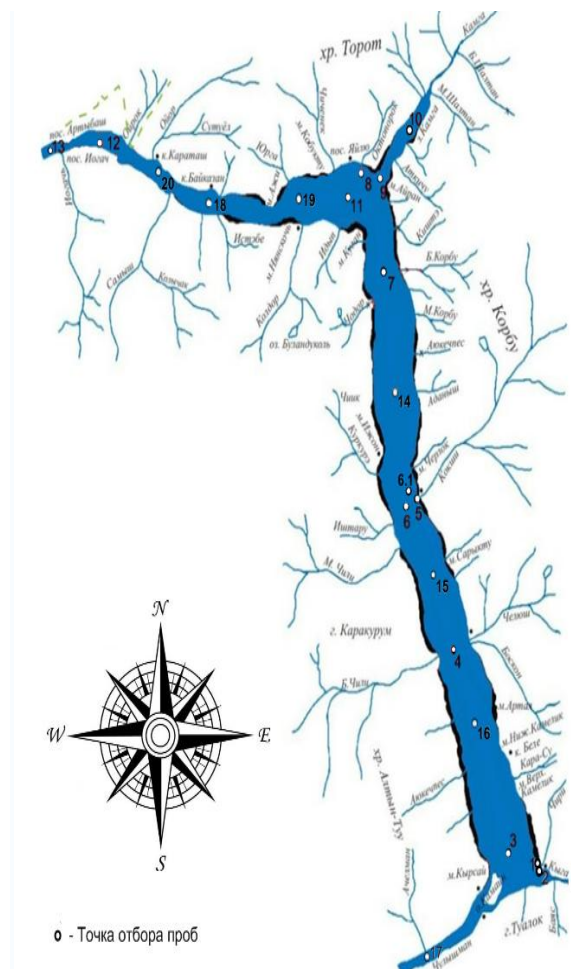


Рисунок 1 – Территориальное расположение точек отбора проб на оз. Телецкое

Графики зависимости спектрального показателя ослабления света для места впадения реки Чулышман, Кокши в Телецкое озеро и наиболее глубокого места озера (впадину Корбу) представлены на рисунках 2 – 7.

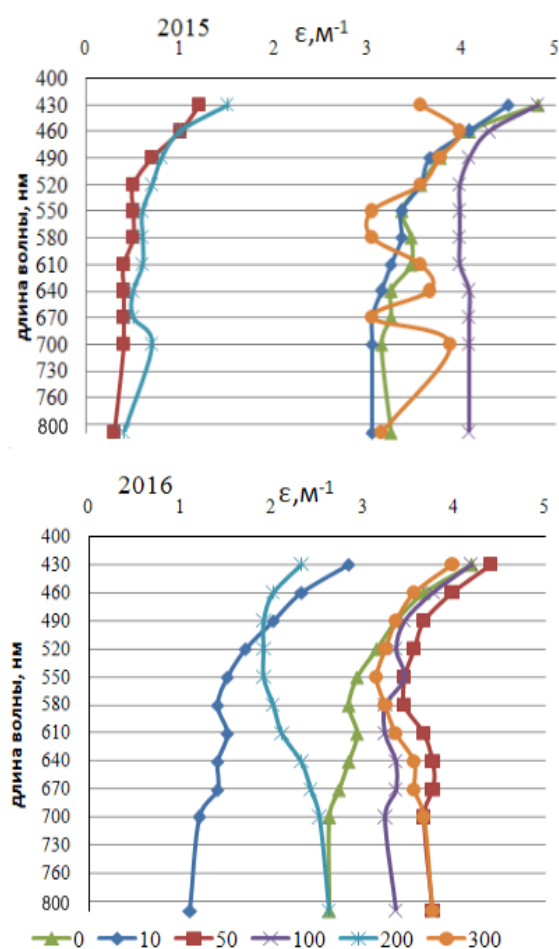


Рисунок 2 – Показатели ослабления света на различных глубинах за 2015-2016 гг. Корбу

Для наиболее глубокого места на Телецком озере (впадина Корбу) рис. 2 было отмечено, что в 2015 г. наибольшая прозрачность воды бала расположена в диапазоне глубин от 50 и 200 м, а между ними (порядка 100 м) находилась область повышенной мутности ($\epsilon \approx 4,2 \text{ м}^{-1}$). В июле 2016 гг. ситуация существенно изменилась, наиболее чистые слои воды отмечены на глубинах 10 и 200 м ($\epsilon \approx 1,5$ $2,5 \text{ м}^{-1}$), в то время как повышенная мутность зарегистрирована на глубине 100-300 м.

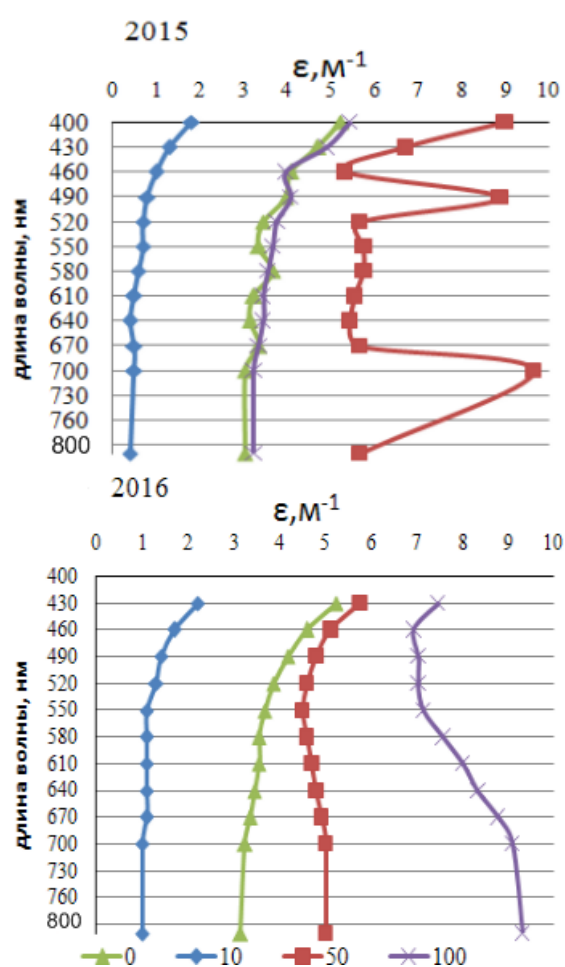


Рисунок 3 – Показатели ослабления света на различных глубинах за 2015-2016 гг. Чулышман

Анализ результатов глубинного распределения спектрального показателя ослабления в области впадения р. Чулышман в Телецкое озеро свидетельствует (рис. 3), что в июле 2016 г. на глубинах порядка 100 м, основной вклад вносил вынос минеральных частиц, для которых наблюдаются мутные слои у дна озера ($\epsilon \approx 9 \text{ м}^{-1}$), в то время как 2015 г. такой поток проходил на уровне порядка 50 м.

ИЗМЕНЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ХЛОРОФИЛЛА И СПЕКТРАЛЬНОЙ ПРОЗРАЧНОСТИ ВОДЫ НА РАЗЛИЧНЫХ ГЛУБИНАХ АКВАТОРИИ ТЕЛЕЦКОГО ОЗЕРА В 2015-2016 ГОДАХ

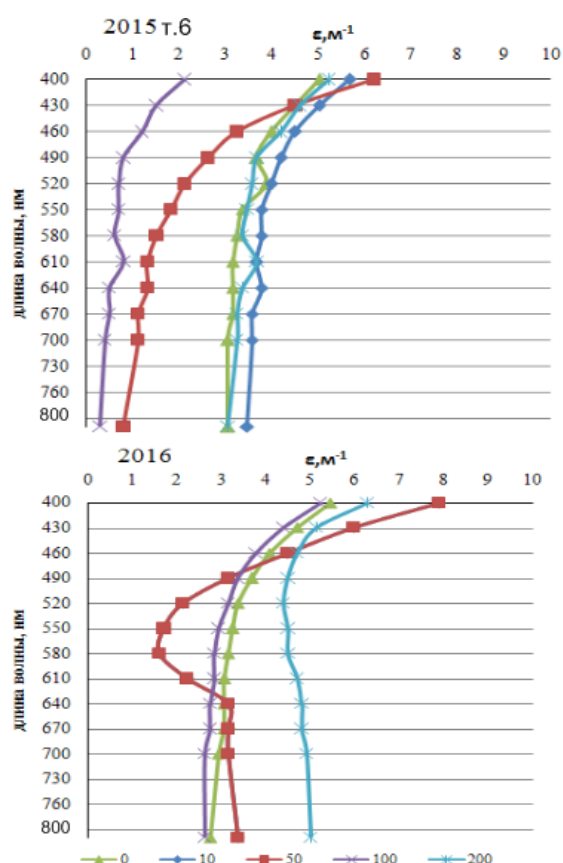


Рисунок 4 – Показатели ослабления света на различных глубинах за 2015-2016 гг. Кокши 6 точка обследования

Пробы в точке 6 (Кокши) отбирались используя трансекту, между устьем реки Кокши и кордоном Алтайского заповедника, также называемого Кокши. На рисунке 4 заметно изменение значений спектральный показатель ослабления света $\epsilon(\lambda)$ на глубине 100 м в 2015 г. составляет $2,12 \text{ м}^{-1}$, а в 2016 г. уже $5,23 \text{ м}^{-1}$. В то время как для поверхностных слоев значение $\epsilon(\lambda)$ изменяется незначительно. Аналогичная ситуация слабого изменения спектрального показателя ослабления отмечена и для придонного слоя: 2015 – $5,23 \text{ м}^{-1}$ и 2016 – $6,29 \text{ м}^{-1}$ соответственно.

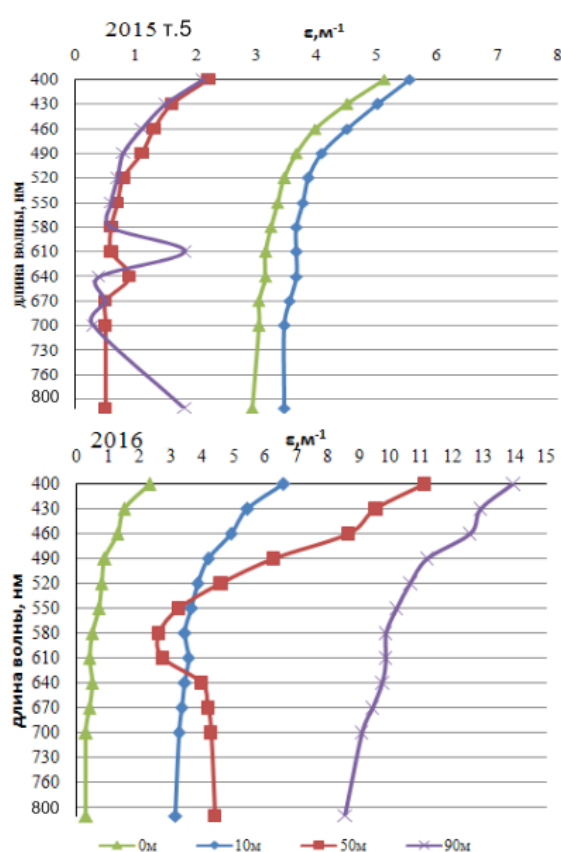


Рисунок 5 – Показатели ослабления света на различных глубинах за 2015-2016 гг. Кокши 5 точка обследования

Наибольший показатель спектрального ослабления света в точке 5 (Кокши был зафиксирован на глубине 100 метров), он составлял $13,93 \text{ м}^{-1}$ (2016 г.), в то время как в 2015 г. он не превысил $2,12 \text{ м}^{-1}$. В поверхностном слое показатель $\epsilon(\lambda) \approx 5,13 \text{ м}^{-1}$ за 2015 г. и в 2016 ($\epsilon(\lambda) \approx 2,33 \text{ м}^{-1}$). Такие расхождения обусловлены тем, что точка находится в устье впадения реки Кокши в озеро Телецкое и в зависимости от гидрологической ситуации и приносимых водой взвесей первичные гидрооптические параметры могут существенно отличаться.

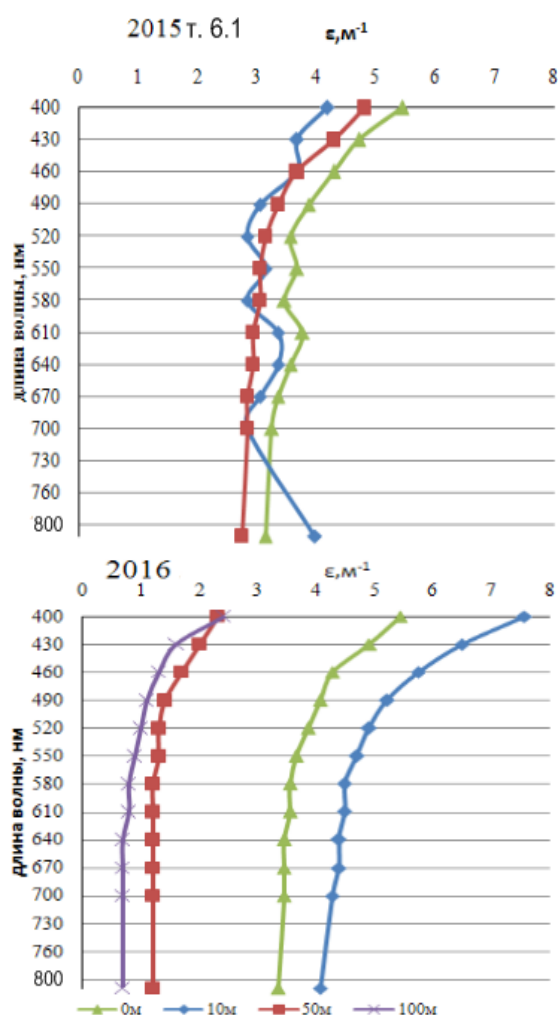


Рисунок 6 – Показатели ослабления света на различных глубинах за 2015-2016 гг. Кокши 6.1 точка обследования

По результатам летних измерений за 2015-2016 гг. можно проследить динамику изменения спектрального показателя ослабления света. Анализ результатов с точки 6.1 (Кокши) показал, что самый высокий показатель за 2016 г. по этой точке выявлен на глубине 10 м и составляет $7,58 \text{ м}^{-1}$, что почти в два раза больше чем показатель на той же глубине за 2015 г. ($\approx 4,19 \text{ м}^{-1}$). Поверхностный слой озера отличается стабильностью и имеет одинаковые значения в разные годы исследования. В то время как более глубокие слои воды различаются между собой, на глубине 50 метров в 2015 году $4,81 \text{ м}^{-1}$, а в 2016 г. самый высокий показатель поднимается не выше $2,33 \text{ м}^{-1}$.

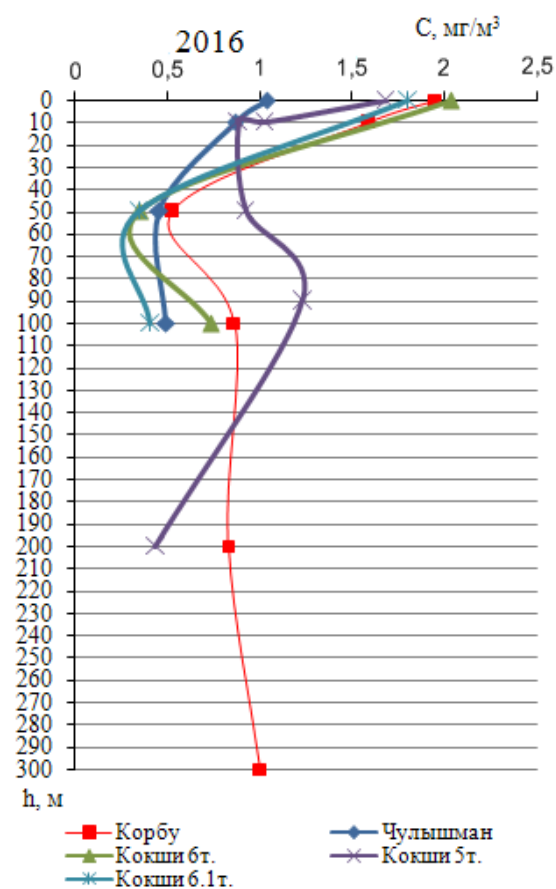


Рисунок 7 – Концентрация хлорофилла по глубинам озера на исследуемых точках за 2016 г.

Полученные зависимости концентрации хлорофилла от глубины озера характеризуется сходной динамикой. Максимальное значение в поверхностном слое соответствует величинам порядка

$\varepsilon \approx 1,8-2 \text{ мг/м}^3$ и минимальное значение $0,4-0,5 \text{ мг/м}^3$ для глубин порядка 100 м. Явное отличие было зафиксировано в точке 5 (Кокши), которое находилось в противофазе со значениями в других точках. Такое поведение концентрации хлорофилла "а" в этой точке можно объяснить влиянием устья р. Кокши – самая большая река восточного берега системы Телецкого озера [1].

В целом по результатам экспедиционных работ определен диапазон изменения спектрального показателя ослабления в интервале длин волн 400-800 нм на различных глубинах акватории Телецкого озера.

Получены значения концентрации хлорофилла в устьях впадающих рек и на различных глубинах акватории озера.

Для поверхностного слоя озера по гидрооптическим параметрам оценено влияние

ПОЛЗУНОВСКИЙ АЛЬМАНАХ №2 2016

ИЗМЕНЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ХЛОРОФИЛЛА
И СПЕКТРАЛЬНОЙ ПРОЗРАЧНОСТИ ВОДЫ
НА РАЗЛИЧНЫХ ГЛУБИНАХ АКВАТОРИИ
ТЕЛЕЦКОГО ОЗЕРА В 2015-2016 ГОДАХ

антропогенных факторов. Так, спектральный показатель ослабления в 2016г. в районе п. Артыбаш составляет ($\epsilon(\lambda) \approx 5,44 \text{ м}^{-1}$), по сравнению с удельными территориями озера, на которые антропогенная деятельность оказывает минимальное влияние: Корбу ($\epsilon(\lambda) \approx 3,35 \text{ м}^{-1}$), Кокши ($\epsilon(\lambda) \approx 2,33 \text{ м}^{-1}$), Чулышман ($\epsilon(\lambda) \approx 3,25 \text{ м}^{-1}$).

Авторы выражают благодарность аспирантам лаборатории гидрологии и геоинформатики ИВЭП СО РАН М. Литвиху и А. Си-

дельникову за помощь в проведении экспедиционных работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Физико-географическая и геологическая характеристика Телецкого озера / под ред. В. Селегея, Б. Дехандсхюттера, Я. Клестера, Е. Высоцкого. – Тервюрен (Бельгия), 2001. – Т.1. 105с.

Суторихин И.А. – д.ф.-м.н., проф., г.н.с. ИВЭП СО РАН, тел.: (3852) 666-502, sia@iwerp; **Фроленков И.М.** – инженер ИВЭП СО РАН, frolencov@mail.ru.