АНОМАЛЬНЫЙ ХОД СПЕКТРАЛЬНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ ОСЛАБЛЕНИЯ СВЕТА НА УЧАСТКАХ ГЛУБИН АКВАТОРИИ НОВОСИБИРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА В УСЛОВИЯХ СНЕЖНО-ЛЕДОВОГО ПОКРОВА

Суторихин И. А., Кириллов В. В., Литвиненко С. А, Свиридов Р.К.
Институт водных и экологических проблем СО РАН, г. Барнаул, Россия
sia@iwep.ru, vkirillov@iwep.ru, gsa@iwep.ru, roman-sviridov@outlook.com

Аннотация. Приводятся результаты экспедиционных исследований спектрального показателя ослабления света (СПОС) в диапазоне 350-800 нм в период ледостава на разных участках и глубинах в Новосибирском водохранилище включая Бердский залив. Для оценки вклада нерастворимых гидрозолей в СПОС измерения проводилось в двух вариантах: в первом варианте анализировалась вода непосредственно из отобранных проб; во втором, проводилась фильтрация через фильтры МФАС-ОС- 02 со средним размером пор 0,22 мкм. Обнаружено, что на нескольких глубинах имеется аномальный ход СПОС заключающийся в повышении его значений в красной области спектра, что может быть обусловлено адсорбцией нанопланктона на частицы гидрозолей и тем самым повышающей их оптическую активность в красной области спектра.

Ключевые слова: показатель ослабления света, гидрозоли, бактериопланктон, фильтрация проб воды.

Спектральный показатель ослабления света (СПОС) водой естественных водоемов является чувствительным индикатором, реагирующим на содержание в воде взвесей и растворенных органических веществ, который в определенной степени может служить характеристикой протекающих биотических и абиотических процессов.

Гидрооптические методы исследования внутриконтинентальных водных объектов обладают большой оперативностью и высокой информативностью полученных данных [1,2]. В основном такие исследования проводятся в теплые периоды года, поскольку в условиях снежно-ледового покрова и отрицательных температур воздуха передвижение по водным объектам с приборами и оборудованием, отбор проб и проведение измерений сопряжено с определенными трудностями. Поэтому, подобные данные, за редким исключением [3-5], в научной литературе практически отсутствуют. В этой связи, в ИВЭП СО РАН в период ледостава были проведены экспедиционные работы на озеровидной части Новосибирского водохранилища в феврале 2023 г. Цель заключалась в получении количественных данных о динамике СПОС в диапазоне 380-800 нм на разных глубинах участков озеровидной части Новосибирского водохранилища и на их основе оценке протекающих биотических и абиотических процессов.

Существенное антропогенное влияние на экологические процессы в исследуемых водоемах оказывают Новосибирский мегаполис и город Бердск, а также циклические и ациклические изменения природной обстановки на юге Западной Сибири.

Озеровидная часть Новосибирского водохранилища относится к нижней ее части, где наибольшая ширина 22 км и глубины в затопленном русле у плотины достигают 25 м [6].

Наличие снежно-ледового покрова экранирует водную поверхность от атмосферных выпадений и волновых процессов переработки берегов, существенно уменьшается поступление солнечной радиации, а градиент температурной стратификации по глубине меняется на обратный. Кроме того впадающие реки Бердь, Раздельная, Мильтюш и в зимнее время выносят взвешенные и растворенные вещества, чем оказывают определенное влияние на качество воды в водохранилище. Отмеченные факторы существенно влияют на состояние и распределение гидробионтов по глубине.

Станции отбора проб были сгруппированы по четырем транссектам: Боровое - Быстровка (1-3); Ленинское – Сосновка(4-6); приплотинная зона (7-9) ; Бердский залив – Агролес (10-13). Схема станции отбора проб воды показана на рисунке 1.

Отбор проб воды на станциях производился батометром Рутнера объемом 2 л из

пробуренных лунок диаметром 18 см по следующей схеме, подледные – 0,5 м от нижней кромки льда, далее серединный участок глубины в месте отбора и придонный слой. Глубина вместе отбора проб определялась шнуровым глубиномером с точностью порядка 5 см.При глубине порядка 5 м отбирались только подледные и придонные горизонты. Пробы помещались в термостатированные контейнеры. Передвижение по акватории осуществлялось на аэровездеходе «Нерпа -350Б». Камеральная обработка проб осуществлялась на берегу в теплом помещении базы флота ИВЭП СО РАН. Водные пробы помещались в кюветы длиной 100 мм. Измерения спектральной прозрачности T(λ) в процентах проводилось на спектрофотометре ПЭ-5400УФ. В канале сравнения с аналогичной кюветой находилась бидистиллированная вода. Определяемый СПОС обозначенный ε(λ) рассчитывается по формуле:

$$\varepsilon(\lambda) = 1/\ell \cdot \ln(1 / T);$$

где ℓ – длина кюветы; T(λ) – спектральная прозрачность, равная I/I_o,

I, I_o – интенсивности прошедшего и падающего света, соответственно, λ – длина волны света. Погрешность измерения ε (λ) не превышает 0,5 %.

Для оценки вклада нерастворимых гидрозолей в СПОС измерения T(λ) проводилось в двух вариантах: в первом варианте анализировалась вода непосредственно из отобранных проб; во втором, проводилась фильтрация через фильтры МФАС-ОС- 02 со средним размером пор 0,22 мкм. К нерастворимым гидрозолям относятся органические и не органические частицы, а также клетки гидробионтов.

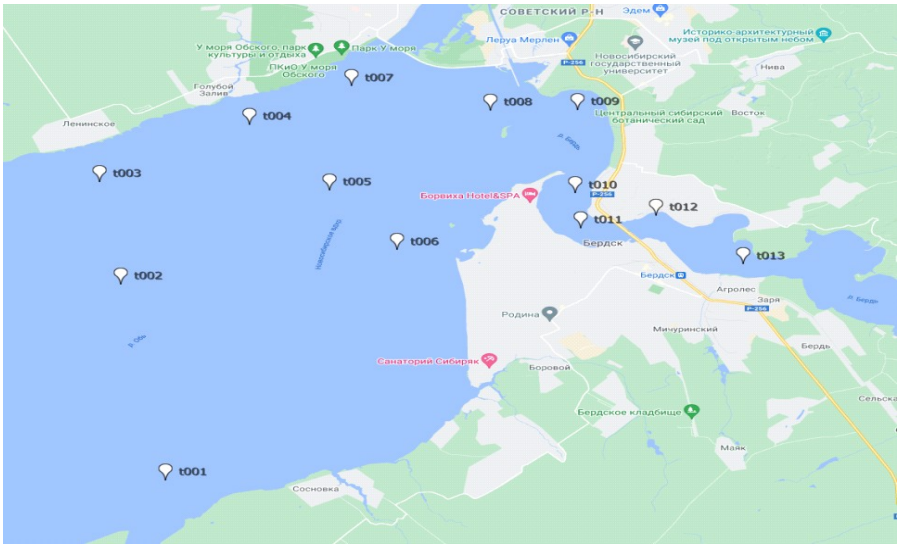

Рисунок 1. Схема расположение станций отбора проб воды на озеровидной части Новосибирского водохранилища и Бердского залива в условиях снежно-ледового покрова 2023 г.

По результатам анализа данные ε(λ) до и после фильтрации на разных глубинных горизонтах 13 станций были сгруппированы в три блока. К первому блоку отнесена единственная станция №1, где максимальные значения ε(λ) были зафиксированы в подледном 1м горизонте. Второй блок, наиболее представительный, включал станции - №3,4,5,8,10,11,12 и 13, где максимальные значения ε(λ) были зафиксированы в горизонтах близких к придонным. Соответственно третий блок включал станции -№2,7 и 9, характерным для которых было то, что максимальные значения ε(λ) находилось на серединном по глубине горизонте между льдом и дном водохранилища. После фильтрации значения СПОС

существенно уменьшались - для некоторых проб в несколько раз. Нам рисунке 2 приведена зависимость ε(λ) до и после фильтрации для станции №4.

При анализе полученных данных учитывались установленные связи между биооптическими параметрами водных сред [7], а именно, что содержание растворённого органического вещества оказывает влияние на ε(λ) в коротковолновой части спектра (380 -400 нм), а концентрация оптически активных взвешенных частиц (фитопланктон, минеральная взвесь и детрит) на длине волны порядка (660 нм).

Также следует отметить, что для станций №1, 2, 6 и 7 на подледных или серединных горизонтах (рисунок.3) в нефильтрованных пробах были зафиксированы существенные увеличения значений ε(λ) в красной области спектра. После фильтрации этот рост ε(λ) устранялся. Впервые такой аномальный ход зависимостей ε(λ) для озер в зимнее время был отмечен в [3], хотя из-за отсутствия фильтрации причины таких изменений не обсуждались.

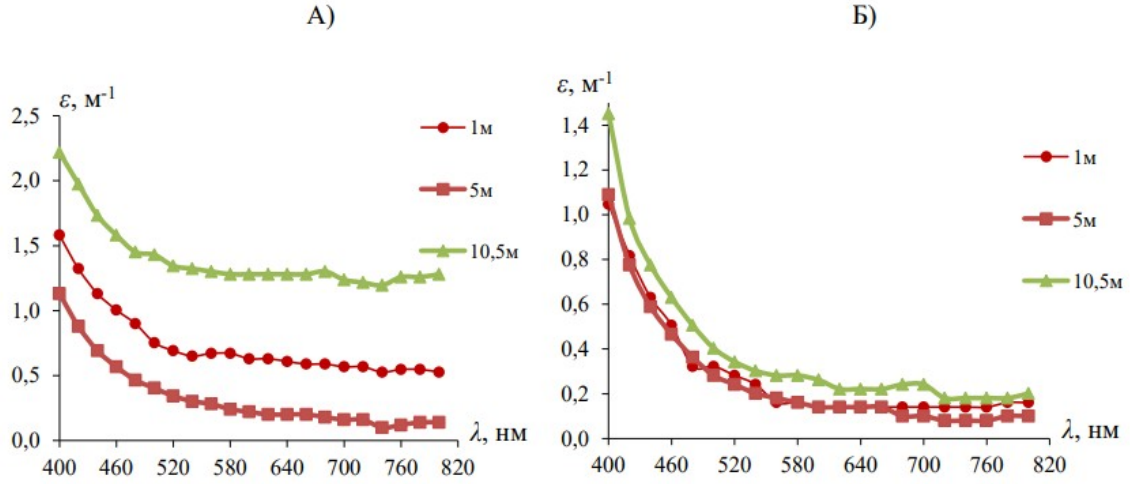

Рисунок 2. Зависимость ε(λ) на разных глубинах станции №4 17.02.2023 до фильтрации А) и после фильтрации Б).

Возможной причиной такой аномальной зависимости ε(λ) на ряде станций водохранилища может являться влияние бактериопланктона, который может развиваться и создавать микроколоний в отсутствии света при низких температурах воды [8]. Высокая адсорбционная способность позволяет им закрепляться на взвешенных частицах фитопланктона, минеральной взвеси или детрита.

Как отмечено в [9] диаметр клеток большей части планктонных бактерий составляет 0,2-0,6 мкм, а показатель поглощения света занимает красную область спектра.

Таким образом, можно предположить, что на ряде стаций и глубинных горизонтах водохранилища в период снежно-ледового покрова создаются условия для интенсивного развития микроколоний планктонных бактерий адсорбирующихся на гидрозолях и тем самым повышающих их оптическую активность в красной области спектра. В этой части в перспективе необходимы углубленные гидробиологические исследования.

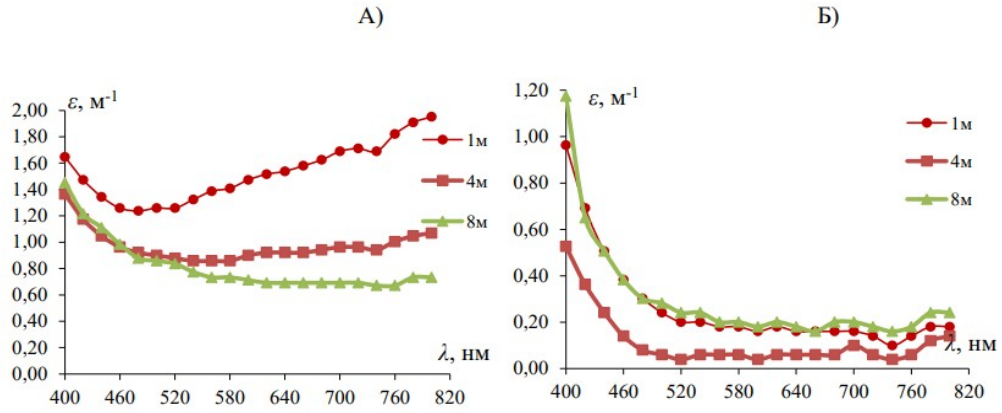

Рисунок 3. Зависимость ε(λ) на разных глубинах станции №1 16.02.2023 до фильтрации А) и после фильтрации Б).

Кроме того результаты проведенных экспедиционных работ свидетельствует о существенной неоднородности и слоистой структуре водных масс озеровидной части водохранилища в период снежно-ледового покрова. Фильтрация водных проб показала наличие в них существенного количества ослабляющих свет гидрозолей органического и не органического состава, а также клеток гидробионтов, которые преимущественно сосредоточены на нижних глубинных горизонтах. Растворенные вещества имеют максимальные концентрации в верхних, подледных горизонтах.

Цитируемая литература

1. Гранин Н.Г., Шерстянкин П.П. Применение гидрооптических методов в лимнологии. Оптические методы изучения океанов и внутренних водоемов. Новосибирск, Наука, 1979, с. 269-274.
2. Акулова О.Б., Букатый В.И., Суторихин И.А. Влияние компонентов природной воды на спектральный показатель ослабления света (на примере водоемов Алтайского края). Оптика атмосферы и океана, Т.30, №5, 2017. С.414 -419.
3. Вологдин М.П., Шерстянкин П.П. Показатели ослабления светового излучения для вод Ивано-Арахлейских озер (Забайкалье) в зимний период. Оптические методы изучения океанов и внутренних водоемов. Новосибирск, Наука, 1979, с. 281-285.
4. Суторихин И.А., Коломейцев А.А., Феттер Г.Г., Кириллов В.В., Литвиненко С.А. Межгодовая динамика гидрофизических характеристик озеровидной части Новосибирского водохранилища в период ледостава. Материала IV Всероссийской научной конференции с международным участием. – Барнаул, 2022. –Т.1. С. 238-242.
5. Суторихин И.А., Коломейцев А.А., Литвиненко С.А. Гидрооптические параметры воды Телецкого озера в период устойчивой летней и зимней температурной стратификации. Фундаментальная и прикладная гидрофизика. 2020. Т.13.№2. С.35-42.
6.Многолетняя динамика водно-экологического режима Новосибирского водохранилища/ответ. ред. О.Ф. Васильев; - Новосибирск: изд-во СО РАН, 2014, - С.30.
7. Kopelevich O.V. Low-parametric model of seawater optical properties. Ocean Optics, I: Physical Ocean Optics / Ed.A.S. Monin. Moscow, Nauka, 1983, 208–234.
8. Копылов А.И., Косолапов Д.Б. Бактериопланктон водохранилищ Верхней и Средней Волги. М.: Изд-во СГУ, 2008. -377 с.
9. Hahn M.W. The microbial diversity of inland waters // Curr. Opin. Biotechnol. 2006. V. 17. P. 256-261.