

УДК 535.3 (574.5)

СУТОЧНАЯ ДИНАМИКА ГИДРООПТИЧЕСКИХ И ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОЗЕРА КРАСИЛОВСКОЕ

**И. А. Суторихин, В. И. Букатый, О. Б. Акулова, И. М. Фроленков,
О. М. Фроленков, У. И. Янковская**

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

В работе приведены результаты суточных измерений динамики гидрооптических и гидробиологических характеристик на озере Красиловское (Алтайский край), которые показали слабую зависимость между собой, что, возможно, связано с сезонными изменениями самих изучаемых параметров озера и протекающих внутриводоёмных процессов, непосредственно влияющих на них.

Ключевые слова: прозрачность, хлорофилл, показатель ослабления света, озера.

Биоценозы озер являются показателем качества поверхностных вод. Большой интерес приобретает проблема мониторинга, состояния водоемов на территории Алтайского края. Недостаточная изученность водных экосистем, необходимость решения многочисленных проблем сохранения и рационального использования природных ресурсов определили актуальную задачу исследования озер на территории края.

Целью работы является определение суточного хода гидрооптических и гидробиологических характеристик озера Красиловское в 2013-2015 гг. Летом 2013 г., 2015 г. и весной 2014 г. на оз. Красиловское были проведены суточные исследования динамики спектрального показателя ослабления света $\epsilon(\text{м}^{-1})$, концентрации хлорофилла "а" $C(\text{мг/м}^3)$ и температуры воды $T(^{\circ}\text{C})$ на разных глубинах водоёма. Отбор проб в пелагиальной части озера осуществлялся каждые два часа для определения значений ϵ и T и каждые шесть часов – для значений C . После этого проводились измерения спектральной прозрачности воды в диапазоне длин волн 400–800 нм и с шагом 30 нм, на спектрофотометре ПЭ-5400УФ и фильтрация проб водорослей фитопланктона *in situ*. В период суточных наблюдений 18–19 июня 2013 г., 28–29 мая 2014 г. и 16–17 июля 2015 г. было проведено 3276 серий измерений спектральной прозрачности воды. В данных сериях измерений использовались кварцевые кюветы с

геометрической длиной пути 10 мм. При этом было обработано 273 пробы озёрной воды, из них 105 проб – только для определения концентрации хлорофилла "а".

Дополнительно на разных глубинах озера проводились непрерывные измерения температуры воды, pH, растворенного в воде кислорода и электропроводности воды с помощью многопараметрического автоматического зонда YSI 6600 V2 - 4. Максимальная глубина водоёма в месте отбора проб летом 2013 г. составила 5,5 м, весной 2014 г. и летом 2015 г. – 6 м.

Вертикальное распределение концентрации хлорофилла в течение суток летом 2013 г., весной 2014 г. и летом 2015 г. представлено на рисунках 1 а, б и в, соответственно.

Наибольшая концентрация хлорофилла "а" в поверхностном слое в течение суток летом 2013 г. отмечена ранним утром – 6:00, равная $21,1 \text{ мг/м}^3$ и в полдень – $18,4 \text{ мг/м}^3$, а в течение дня и ночью значения C понижались (рис. 1а). Весной 2014 г. максимальные значения концентрации хлорофилла "а" зарегистрированы в полдень на глубинах 1 м равные $24,0 \text{ мг/м}^3$ и 3 м – $23,8 \text{ мг/м}^3$ (рис. 1б). Летом 2015 г. величины C находились в диапазоне $8,2\text{--}47,4 \text{ мг/м}^3$.

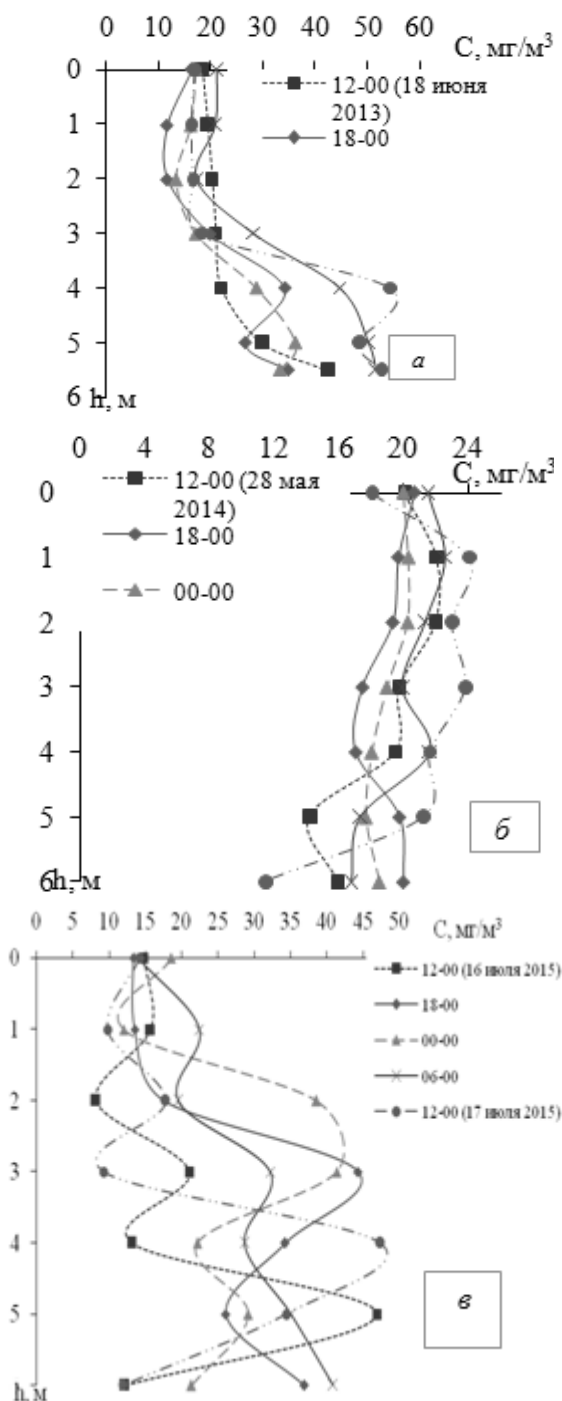


Рисунок 1 – Суточная динамика хлорофилла "а" на разных глубинах оз. Красиловское: а - 18-19 июня 2013 г., б - 28-29 мая 2014 г., в - 16-17 июля 2015 г.

Максимальные значения концентрации хлорофилла отмечены на глубинах 4 и 5 м в полдень, и 3 м в 18-00, которые составили 47,4, 46,8 и 44,3 мг/м³, соответственно (рис. 1в). Суточное изменение хлорофилла опре-

деляется в основном чередованием низкой и высокой интенсивности света и колебаниями температуры воды [3, 4].

Среднесуточная прозрачность по диску Секки по данным летних измерений составила 1,5 м, весенних – 1 м.

Для сравнения на рисунках 2-4 представлена суточная динамика показателя ослабления света на длине волны 430 нм на разных глубинах водоёма. Используемая длина волны 430 нм характеризуется тем, что в видимой области спектра находятся два максимума поглощения природной водой [1, 2]: первый – это область спектра 400-450 нм, которая соответствует полосе поглощения гуминовыми соединениями и второй – это максимум поглощения света хлорофиллом "а" в районе 430-440 нм.

Результаты измерений спектральной прозрачности воды в период суточных наблюдений в июне 2013 г., мае 2014 г. и июле 2015 г. показали совершенно различный временной ход исследуемой гидрооптической характеристики водоёма.

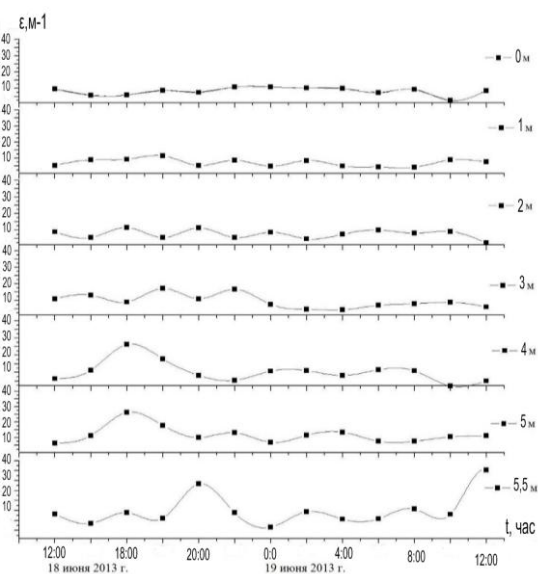


Рисунок 2 – Суточная динамика показателя ослабления света ϵ на разных глубинах оз. Красиловское 18-19 июня 2013 г.

Из рисунка 2 видно, что кривая динамики показателя ослабления света ϵ в придонном слое во время наблюдений в шести временных интервалах находится в противофазе и в шести – в одной фазе с кривой изменения этого параметра в поверхностном слое. Возможно, это обусловлено конвективным переносом вещества воды в течение суток летом по вертикали озера. Максимумы ϵ в поверхностном слое озера в июне 2013 г. зарегист-

СУТОЧНАЯ ДИНАМИКА ГИДРООПТИЧЕСКИХ И ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОЗЕРА КРАСИЛОВСКОЕ

рированы в полдень (12-00), в (22-00) и в полночь (00-00) 18 июня, но с резким падением в (10-00) часов 19 июня. Это может быть связано, прежде всего, с процессами, проходящими на границе раздела вода – атмосфера, а также с суточной миграцией планктонных организмов. В придонном слое водоёма (на границе раздела вода – донные отложения) наибольшие значения показателя ослабления отмечены в (20-00) 18 июня и в полдень 19 июня, резкий минимум наблюдался в полночь.

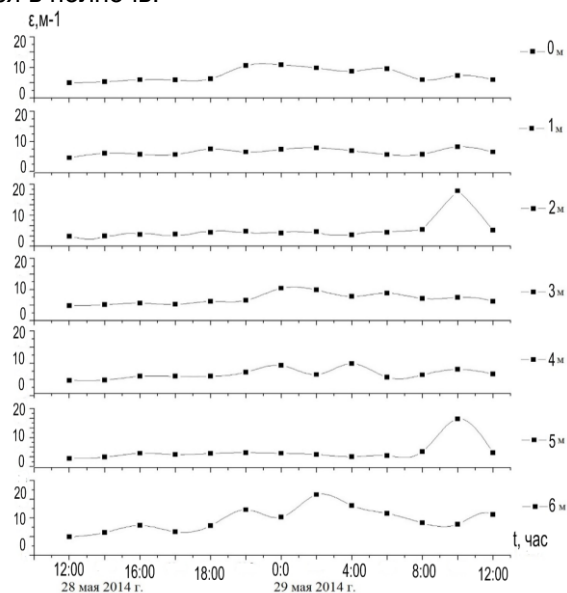


Рисунок 3 – Суточная динамика показателя ослабления света ϵ на разных глубинах оз. Красиловское 28–29 мая 2014 г.

В результате суточных измерений в мае 2014 г. показателей ослабления света установлено, что резких максимумов и минимумов значений ϵ в поверхностном слое озера Красиловское и на глубинах 1, 3 и 4 м не наблюдается. И только на глубине 2 и 5 м имеется резко выраженный максимум, который приходится на (10-00) 29 мая. В придонном слое максимум величины ϵ отмечен вечером в (22-00) 28 мая, ночью в (02-00) и полдень 29 мая.

Максимум величины ϵ в поверхностном слое озера в июле 2015 г. зафиксирован ночью в (02-00) 17 июля, когда значение показателя ослабления света составило 20 м^{-1} . Минимальная величина ϵ отмечена в (22-00) 16 июля – 5 м^{-1} . На глубине 6 м (в придонном слое водоёма) значения ϵ варьировали в пределах от 10 до 25 м^{-1} . Максимум зарегистрирован в полдень 16 июля, но с резким падением ночью в (02-00) часов 17 июля.

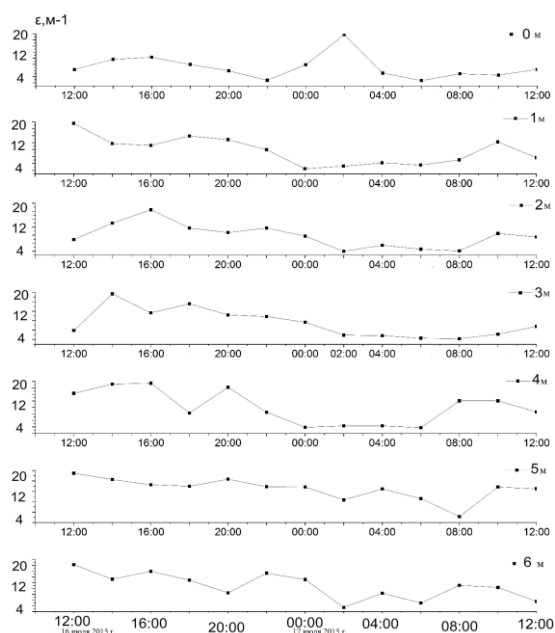


Рисунок 4 – Суточная динамика показателя ослабления света ϵ на разных глубинах оз. Красиловское 16–17 июля 2015 г.

Суточная динамика температуры воды во многом определяет суточные миграции гидробионтов (растений, животных и микроорганизмов, населяющих морские и пресноводные водоёмы) [5].

Неравномерное вертикальное распределение T в озере летом 2013 г. связано с прямой термической стратификацией, что характерно для водоёмов умеренных широт. При этом максимальные значения в поверхностном слое отмечены в (18-00) часов 18 июня ($20,0^\circ\text{C}$) и в полдень 19 июня $19,4^\circ\text{C}$, минимальные – в (8-00) 19 июня $18,7^\circ\text{C}$. В придонном слое наибольшие значения зафиксированы в полдень $13,0^\circ\text{C}$, вечером – в (20-00) 18 июня $13,4^\circ\text{C}$ и в (4-00) 19 июня $13,1^\circ\text{C}$. Это связано с миграцией планктонных организмов в течение дня, которая, в свою очередь, зависит от динамики температуры воды и освещённости, о чём уже говорилось выше, а также обусловлена перемешиванием водных масс в озере.

По результатам весенних суточных измерений температуры воды на озере наблюдалось равномерное вертикальное распределение величины T . Понижение температуры воды до $13,0^\circ\text{C}$ в поверхностном слое водоёма зафиксировано ночью в (02-00) 29 мая, в придонном слое – в полдень 28 мая и (10-00) – 29 мая. Для глубины 1 м зафиксирован максимум значений температуры воды, приходящийся на (06-00) 29 мая $14,4^\circ\text{C}$.

Летом 2015 г. в течение суток значения температуры воды в поверхностном слое озера Красиловское варьировали в пределах от 21,4 до 24,3 °С, в придонном слое – от 12,5 до 15,2 °С.

Суточные наблюдения за изменчивостью показателя ослабления света, концентрации хлорофилла и температуры воды на разных глубинах озера Красиловское (Алтайский край) показали, что водоём отличается не только гидробиологическими характеристиками, но также и оптическими. Полученные результаты помогут дополнить теоретические представления о формировании и функционировании водных экосистем под влиянием природных и антропогенных факторов, дать оценку объектов, их экологического состояния.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Оптика океана / Под ред. Мониной А.С. – Т.1. Физическая оптика океана. – М.: Наука, 1983. 372 с.
2. Шифрин К.С. Введение в оптику океана. Л.: Гидрометеиздат, 1983. – 278 с.
3. Показеев К.В., Филатов Н.Н. Гидрофизика и экология озёр. М.: Изд-во Московского ун-та, 2002. – Т.1. 275 с.
4. Тимченко В.М. Экологическая гидрология водоёмов Украины. Киев. Наукова Думка, 2006. 384 с.
5. Биологический энциклопедический словарь / Гл. ред. М.С. Гиляров; Редколлегия: А.А. Бабаев, Г.Г. Винберг, Г.А. Заварзин и др. – 2-е изд., исправленное. М.: Сов. энциклопедия, 1986. 831 с.

Суторихин И.А. – д.ф.-м.н., проф., г.н.с. ИВЭП СО РАН, тел. : (3852) 666-502, e-mail: sia@iwer;
Букатый В.И. – д.ф.-м.н., проф., г.н.с. ИВЭП СО РАН, e-mail: v.bukaty@mail.ru;
Фроленков О.М. – инженер ИВЭП СО РАН;
Фроленков И.М. – инженер ИВЭП СО РАН, e-mail: frolencov@mail.ru ;
Акулова О. Б. – инженер ИВЭП СО РАН;
Янковская У.И. – инженер ИВЭП СО РАН.