

ОТЗЫВ

**официального оппонента на диссертационную работу Акуловой Ольги Борисовны
«Разработка методов и измерительно-вычислительного комплекса для оценки
экологически значимых гидрооптических характеристик пресноводных водоёмов
(на примере озёр Алтайского края)», представленную на соискание учёной степени
кандидата технических наук по специальности
25.00.27 – гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия**

Представленная на оппонирование кандидатская диссертация Акуловой О.Б. направлена на решение одного из наименее изученных вопросов современной гидрофизики – разработки и применения новых методов и технических средств для экологической оценки и контроля над состоянием пресноводных водоёмов при изучении их гидрооптических характеристик. В работе указано, что одними из наиболее важных гидрооптических характеристик как индикаторов экологического состояния водных экосистем являются показатели ослабления, поглощения и рассеяния света, а также относительная прозрачность воды по белому диску Секки. Здесь также упомянуто известное положение о том, что чем сильнее меняется определённый гидрооптический параметр среды в пространстве или во времени, тем обычно большее экологическое влияние он оказывает на живые организмы и сообщества организмов в водоемах.

Целью диссертационной работы Акуловой О.Б. является разработка технологии расчёта спектрального вклада компонентов озёрной воды в показатель ослабления света, а также разработка измерительно-вычислительного комплекса на основе использования оптического метода флуктуаций прозрачности для определения концентраций и размерного состава частиц водной взвеси для исследования экологически значимых гидрооптических характеристик пресноводных водоёмов на примере трёх разнотипных озёр Алтайского края.

Исходя из поставленной цели, обозначены основные задачи исследований: 1) разработать технологию расчёта и оценить спектральный вклад компонентов озёрной воды в показатель ослабления света (на примере озёр Алтайского края: Лапа, Красиловское и Бол. Островное); 2) определить средние размеры и среднюю счётную концентрацию частиц органоминеральной взвеси в озёрной воде с помощью разработанного измерительно-вычислительного комплекса на основе оптического метода флуктуаций прозрачности; 3) провести экспериментальные исследования концентраций и размеров частиц органоминеральной взвеси в изучаемых озёрах с помощью метода флуктуаций прозрачности и метода оптической микроскопии; 4) выявить закономерности изменения показателя ослабления света в поверхностном слое водоёмов Алтайского края с использованием технологии расчёта спектрального вклада компонентов озёрной воды и разработанного измерительно-вычислительного комплекса, а также изучить взаимосвязи спектральной прозрачности воды с гидробиологическими характеристиками исследуемых водных объектов.

На защиту выносятся четыре защищаемых положения, которые подробно отражены в главах диссертации.

Апробация материалов диссертации проходила на конференциях разного уровня, как на международных, так и региональных.

Диссертационная работа Акуловой О.Б. чётко структурирована и состоит из введения, трёх глав, заключения, содержащего основные выводы. Общий объём диссертации составляет 176 страниц; в том числе содержит 63 рисунка и 24 таблицы. Библиографический список включает 260 литературных ссылок, из них 48 работ на иностранных языках. Текст диссертации написан добротным научным языком, тщательно отредактирован и выверен.

Во введении диссертации достаточно подробно показана актуальность исследования и изученность проблемы, где совершенно справедливо отмечено, что изучение гидрооптических характеристик во внутренних водоёмах в нашей стране недостаточно проработаны, в том числе в озёрах Алтайского края.

В первой главе диссертации проведён анализ опубликованных работ в области исследования гидрооптических характеристик в озёрных экосистемах мира, а также приведены основные термины и определения.

Отдельным разделом первой главы в диссертации представлены результаты исследований и методы измерения гидрооптических характеристик водоемов, а также приборы для их регистрации.

Достаточно полно отражена изученность вопроса, использовано большое количество литературных источников, в том числе и на иностранных языках. Важным является вывод, сделанный автором по результатам обзора о том, что комплексные измерения первичных гидрооптических характеристик водоемов, как индикаторов их экологического состояния, являются важной задачей. При этом необходимо отметить, что с развитием спутниковых средств наблюдений возрастает роль непосредственных измерений *in situ*. Поэтому крайне важным и актуальным является изучение динамики всех сложных процессов, происходящих в озёрах, с использованием оптических методов, как наиболее информативных.

Во второй главе соискатель переходит к анализу существующих методов исследований концентраций и размерного состава частиц водной органико-минеральной взвеси, а именно, методов фильтрации и сепарации, пробоотборников, оптической и электронной микроскопии, нефелометрического и турбидиметрического методов, оптического метода флуктуаций прозрачности и др.), где отмечены их преимущества и недостатки.

В разделе 2.2. автором подробно рассмотрен метод флуктуаций прозрачности, его теоретические основы и погрешность измерений, чётко обосновывается выбор данного метода, на основе которого был разработан измерительно-вычислительный комплекс для определения средней концентрации и среднего размера взвешенных в воде частиц. Описана

принципиальная схема прибора. Соискатель отмечает, что прибор обладает широкими возможностями для сопоставления оптических характеристик как модельных, так и природных экосистем, а также для оценки качества воды. Измерительно-вычислительный комплекс характеризуется следующими преимуществами: возможность его применения для экспресс-анализа концентрации и размеров частиц *in situ*, обеспечивает высокую точность измерений, конструктивно прост, технологичен. Полученный результат средних значений концентраций и размеров частиц органо-минеральной взвеси в исследуемых водоёмах сравнивался с данными, полученными автором методом оптической микроскопии.

В разделе 2.3. обосновано преимущество применения спектрофотометрического метода определения спектральной прозрачности воды по сравнению с широко применяемым методом по диску Секки. Дана краткая характеристика используемых приборов для регистрации первичной гидрооптической характеристики – показателя ослабления света.

В разделе 2.3.2. охарактеризованы объекты исследования; подробно описаны методики полевых и лабораторных работ; приведены результаты исследований пространственно-временной изменчивости показателя ослабления света, относительной прозрачности по диску Секки, температуры воды и хлорофилла "а" на разных глубинах озёр Алтайского края, а также результаты расчётов средней концентрации и размеров частиц взвеси в поверхностном слое водоёмов. Впечатляет проделанный автором большой объём работы и то, что данный раздел написан на основании многочисленных работ диссертанта – 35 публикаций. Автором определён трофический статус озёр, который оценивался по концентрациям хлорофилла и общего фосфора, относительной прозрачности с применением трофического индекса Карлсона (TSI), в основу которого положены тесные корреляционные связи между вышеуказанными параметрами.

На основании результатов, полученных в ходе исследования пространственного распределения и временной изменчивости показателя ослабления света, автором впервые были выявлены особенности оптических свойств трёх озёр Алтайского края – Лапа, Красиловское и Бол. Островное.

В третьей главе в отдельных разделах рассматриваются основные компоненты озёрной воды (чистая вода, органо-минеральная взвесь, растворённое органическое вещество, фитопланктон) и их оптические свойства. Автором приведена схема разработанной технологии расчёта спектрального вклада компонентов озёрной воды в показатель ослабления света для водоёмов Алтайского края на основе использования физической модели поглощения и рассеяния света в природной воде.

Соискатель обосновывает выбор рабочей длины волны света и отмечает, что физическая модель даёт возможность выявить механизм формирования рассеивающих и поглощающих свойств озёрной воды в оптическом диапазоне и оценить для реальных ситуаций раз-

личные характеристики этих свойств, для которых недостаточно экспериментальных данных.

Анализ спектрального вклада компонентов озёрной воды в показатель ослабления света в поверхностном слое воды озёр Алтайского края показал, что основной максимальный вклад в показатель ослабления света в зависимости от сезона вносит взвесь (значения варьируют в широком диапазоне – от 11,5% осенью до 92% весной). Максимальный вклад жёлтого вещества осенью доходит до 59,5%. Значения вклада хлорофилла в разные сезоны года находились в пределах 0,9–43,3%, чистой воды – от 0,1 до 29,5%. При этом молекулярное рассеяние света чистой водой не вносит ощутимый вклад и составляет 0,1% для всех исследуемых озёр.

Установлено, что среднее значение показателя ослабления света на характерной длине волны $\lambda=430$ нм за исследуемый период 2011–2014 гг. составило для оз. Бол. Островное $25,3 \text{ м}^{-1}$, для озёр Лапа и Красиловское – $5,2 \text{ м}^{-1}$ и $7,4 \text{ м}^{-1}$, соответственно, а среднее значение концентрации хлорофилла "а" в поверхностном слое озёр за данный период составило для оз. Бол. Островное $36,0 \text{ мг/м}^3$, для озёр Лапа и Красиловское – $11,3 \text{ мг/м}^3$ и $24,8 \text{ мг/м}^3$, соответственно. Таким образом, водоёмы отличаются не только оптическими характеристиками, но также и гидробиологическими. Следовательно, ослабление света озёрной водой может служить объективным маркером гидрофизических характеристик водоёмов, который можно использовать для оценки их экологического состояния.

Заключение диссертации содержит основные выводы на основе результатов, полученных в работе, в соответствии с задачами и положениями, выносимыми на защиту.

По диссертационной работе имеются следующие вопросы и замечания:

1. В диссертации достаточно подробно описано исследование содержания в озерах важного биогенного элемента – общего фосфора. В то же время в работе отсутствует корреляционная связь между данным параметром и спектральной прозрачностью воды, а также содержанием хлорофилла "а" в изучаемых озёрах.
2. При разработке спектрофотометрического метода автором проводился учёт времени и скорости осаждения частиц взвеси, однако не указан временной интервал измерений спектрального коэффициента пропускания света озёрной водой.

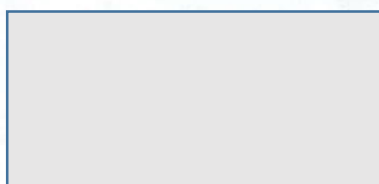
Несмотря на сделанные замечания, которые не носят принципиального характера, следует подчеркнуть, что диссертация Акуловой О.Б. является законченной научно-исследовательской работой, логически выстроенной, хорошо аргументированной, доказывающей основные защищаемые положения, выполненной на большом фактическом материале и решающей актуальную экологическую проблему. Работа легко читается. Научные результаты, полученные автором, опубликованы в 40 работах, из которых 9 в журналах, рекомендованных ВАК, и имеют важное практическое значение, позволяют учитывать региональные

особенности исследуемых водных объектов территории Алтайского края при комплексном гидрооптическом мониторинге. Предлагаемые разработки являются новыми и достоверными и направлены на решение важной фундаментальной проблемы в гидрофизике.

Автореферат соответствует содержанию диссертации и оформлен в соответствии с установленными требованиями. Основные защищаемые положения сформулированы и раскрыты.

Диссертационная работа Акуловой Ольги Борисовны «Разработка методов и измерительно-вычислительного комплекса для оценки экологически значимых гидрооптических характеристик пресноводных водоёмов (на примере озёр Алтайского края)» соответствует требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям и соответствует паспорту специальности 25.00.27 – Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия (технические науки) и требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ, № 842, от 24.09.2013 г. 25.00.27 – Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия (технические науки), а её автор, Акулова О.Б., заслуживает присуждения ей учёной степени кандидата технических наук.

Седалищев Виктор Николаевич,
доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой вычислительной
техники и электроники
физико-технического факультета
Алтайского государственного университета



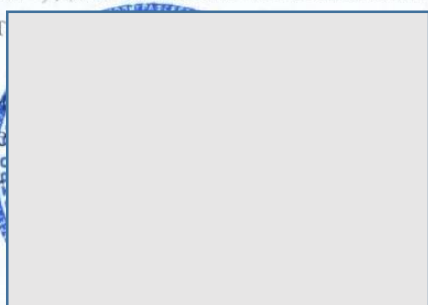
В.Н. Седалищев

«30» июня 2015 г.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Алтайский государственный университет» (ФГБОУ ВПО АлтГУ)
Почтовый адрес: 656049, г. Барнаул, пр. Красноармейский, 90, ауд. 211
E-mail: sedalischev@phys.asu.ru
Рабочий телефон: 8-(385-2)-380-751

Я, Седалищев Виктор Николаевич, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой, и их дальнейшую обработку.

Подпись доктора технических наук
Учёный секретарь совета Университета
кандидат филологических наук



М.А. Демина

М.А. Демина

«30» июня 2015 г.