

## ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу СЕМАДЕНИ Ивана Владимировича

### «СОДЕРЖАНИЕ ХЛОРОФИЛЛА И ФОТОСИНТЕТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ФИТОПЛАНКТОНА РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА В ГОДЫ С РАЗНЫМИ ГИДРОКЛИМАТИЧЕСКИМИ УСЛОВИЯМИ»

представленной на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности  
1.5.16 – Гидробиология

Работа посвящена исследованию распределения и динамики концентрации хлорофилла в Рыбинском водохранилище. Тема вечно актуальная в гидробиологии, так как объяснение и прогноз пространственно-временных изменений, базируются на понимании природных механизмов лежащих в их основе. Следует отметить, что помимо суммарной концентрации хлорофилла в воде, в работе рассматривается таксономическая структура хлорофильного пула и потенциальная активность фотосинтетического аппарата водорослей, что выгодно отличает ее от многих предшествующих исследований.

Общие замечания. Работа написана понятным языком, хотя и остается простор для улучшения ясности изложения. Кроме того, в тексте содержатся некоторые неуместные словесные конструкции от не научных, как то «фитопланктон чутко реагирует», до откровенно корявых, таких как «погодные условия лет наблюдений». Встречается и сленг, например, «биолены».

Обращает на себя внимание терминологическая запутанность. Например, повсеместно используются термины «содержание хлорофилла», «хлорофилл», «суммарное содержание хлорофилла», «хлорофильный показатель». По-видимому, автор имеет в виду одно и то же – концентрацию хлорофилла в воде. Однако читатель вынужден какое-то время размышлять над этим, чего быть не должно. Первая аббревиатура для хлорофилла (Хл) вводится на стр. 8. Далее она используется для обозначения разных хлорофиллов с добавлением соответствующей буквы. На 18 стр. эта аббревиатура для хлорофилла а (Хл а) вводится снова. Однако после стр. 19 автор перестает ей пользоваться и снова использует множественные словесные определения. То же и с суммарным содержанием хлорофилла а, для которого вводится аббревиатура на стр. 19, а затем снова на стр. 31. Все это запутывает читателя. При первом упоминании параметров в тексте надо было дать ясные определения и аббревиатуры, и только их использовать далее.

Еще в тексте фигурирует некая «эвфотная зона», которую, видимо, следует понимать как «эвфотическую». Иногда совсем неясно, что имеется в виду. На стр. 3 читаем «... физиологические показатели, в число которых входит содержание фотосинтетических пигментов...». Если речь о

концентрации хлорофилла в воде, то это никак не физиологический показатель, а если речь о внутриклеточном содержании пигментов, то это надо указать.

Переходя к структуре работы можно отметить следующее. Диссертация состоит из введения, 6 разделов, выводов и списка литературы. Во введении обосновывается актуальность данного исследования и формулируется цель и задачи исследования, новизна полученных результатов.

Защищаемые положения отражают суть работы, однако изложены в слишком общем виде. Заявлено, что пространственно-временные изменения определяются погодными условиями (какими именно не определено), а коэффициент фотосинтетической активности зависит от условий развития фитопланктона (каких именно не определено). Хотя в самой работе эти условия выявлены и означены в выводах.

В первой главе приведен достаточно обширный литературный обзор, который включает: роль фитопланктона в пресноводных экосистемах, фотосинтетические пигменты и их ассоциация с таксономическими группами фитопланктона, методы определения фотосинтетических пигментов, временная динамика биомассы фитопланктона и продуктивности Рыбинского водохранилища. В целом обзор включает достаточно много работ, среди которых много современных публикаций и свидетельствует о хорошем знании диссертанта предмета исследований.

При этом обзор страдает не конкретикой. Например, читаем, «Широкое распространение получило измерение переменной флуоресценции хлорофилла с использованием ингибиторов реакционного центра ФСII ЭТЦ». Что дает измерение флуоресценции при низкой и высокой освещенности, или ингибиторе, что это говорит о состоянии ЭТЦ, не объясняется. Остается не известным, как это можно использовать для оценки физиологического состояния фитопланктона. Все это разъясняется далее в разделе Методы, но суть метода следовало изложить уже в обзоре. Преобладание общих фраз, не несущих конкретной информации иллюстрируется отсутствием в тексте цифр. На весь обзор, только в одной предложении приводится количественное сравнение.

Встречаются также не корректные определения. Например, «соотношение хлорофилла с интенсивностью фотосинтеза – есть ассимиляционное число». На деле же ровно наоборот. В данном случае надо было четко указать, что это первичная продукция за единицу времени, отнесенная к единице концентрации хлорофилла. Не избежал автор и перечисления ряда «прописных истин» достойных школьного учебника. Например – «поглощение солнечного излучения и последующие процессы передачи энергии осуществляет фотосинтетический аппарат».

Есть и загадочные фразы: «в ходе сукцессии наблюдается уменьшение размеров клеток планктонных водорослей, которое связано с эвтрофированием вод». Если, в ходе сезонной сукцессии происходит эвтрофирование водоема, то следует указать, когда и почему. Или – «сделано заключение, что схема сукцессии фитопланктона отражает повторяемость малых сезонных циклов на фоне общей цикличности, связанной с колебаниями гидроклиматических факторов. Что такое «малые сезонные циклы» и каков характерный период общей цикличности гидроклиматических факторов остается только догадываться. Или - «полезную информацию о физиологическом статусе и структуре сообществ дают специфические пигменты-маркеры, которые используют для диагностики крупных таксономических групп водорослей...». Что такое физиологический статус, и какие пигменты-маркеры его характеризуют - не понятно.

Во второй главе изложены материал и методы исследования. Следует отметить большой объем данных собранных на всей акватории водохранилища и обработанных при участии соискателя, что, безусловно, является большим достоинством работы. Методы исследования, включающие и статистический анализ, изложены достаточно подробно, за отдельными исключениями. Так, автор не указывает, каким образом проводили возбуждение флуоресценции на 3-х конкретных длинах волн. Кроме того, система уравнений для оценки концентрации хлорофилла в разных водорослях имеет много модификаций. В диссертации следовало бы не ограничиваться ссылкой на литературный источник, а привести ее полностью.

Вопрос вызывает и подраздел 2.3, который озаглавлен как «определение фотосинтетической активности фитопланктона», что не корректно. На самом деле автор использует переменную флуоресценцию (которую он, вопреки распространённому термину, здесь называет переменной) для расчета коэффициента фотосинтетической активности (КФА). Этот коэффициент есть показатель ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ активности фотосинтетического аппарата клетки, которая может быть использована в процессе фотосинтеза в зависимости от условий среды. Например, морской фитопланктон, длительно находящийся у границы фотической зоны, как правило, обладает достаточно высоким КФА, и при этом низкой первичной продукцией, из-за низкой освещенности. При увеличении освещенности, продукция пропорционально возрастает при таком же КФА.

В Главе 3 приведено подробное описание района исследований и дана характеристика метеорологических и гидрологических условий, наблюдавшихся в течение 5-летнего периода исследований. Здесь можно отметить конкретные характеристики с указанием величин и диапазона всех приводимых параметров.

В Главе 4 (подразделе 1) описана сезонная и межгодовая динамика хлорофилла в планктоне Рыбинского водохранилища. Чрезвычайно детально представлен материал по сезонной и

межгодовой динамике средней концентрации хлорофилла в столбе воды на всех исследованных станциях за 5 лет. Показано, что сезонный пик хлорофилла может приходиться на любой месяц в период с мая по октябрь в зависимости от места и года. В этом разделе диссертант уделяет много места для детального описания предполагаемой связи пика хлорофилла с температурой воды. Делается вывод о понижении трофности вод при более низкой среднегодовой температуре. Однако статистический анализ этой связи дается в другой главе.

Столь же подробно изложена и динамика концентрации хлорофилла основных отделов водорослей. Корреляционный анализ показал, что весной и осенью при температуре воды ниже 10°C основной вклад в суммарную концентрацию хлорофилла вносят диатомовые, а летом при температуре выше 10°C – сине-зеленые водоросли.

Наиболее интересен подраздел 4.3, где рассматривается связь содержания хлорофилла с факторами среды. Применённый метод главных компонент показал, что в целом, сразу много факторов определяли вариации концентрации хлорофилла. Это температура воды и воздуха, скорость ветра, уровень водохранилища, цветность и показатель физиологического состояния фотосистемы водорослей. Эти результаты статистически обоснованы и указывают на важность исследования данных факторов.

Несомненно, в основе этих связей лежат разные физические процессы, которые могут влиять на развитие фитопланктона не прямым образом. Поскольку, при отсутствии лимитации роста водорослей биогенными элементами, главными факторами являются температура и свет, то так или иначе, межгодовые и сезонные изменения в конечном итоге должны определяться именно ними. Однако в работе этого не прослеживается, что, скорее всего, связано с общим анализом разнонаправленных процессов. К сожалению, в тексте не указано какие данные были использованы при анализе МГК. По-видимому, все имеющиеся, что привело к смешению разных лет и сезонов. На самом деле разделение данных, например, по сезонам могло показать более сильные связи. Например, в холодные сезоны с доминированием диатомовых водорослей, можно ожидать положительной связи со скоростью ветра, а в летний период, при доминировании цианобактерий, наоборот, отрицательной. В работе вообще не рассматривается глубина верхнего перемешанного слоя и глубина фотической зоны, которую можно было рассчитать по глубине диска Секки, а не принимать константно равной 6 м. Соотношение этих параметров критично для развития водорослей, и может хорошо объяснять вариации в развитии, например, диатомовых водорослей.

Следует заметить, что числа Вольфа слишком грубый показатель освещенности, способный (как и NAO) выявить связь лишь с долголетними (декады) колебаниями хлорофилла. Не мудрено,

что связь и не была найдена на дистанции в 5 лет. В идеале, нужны ежедневные интегральные изменения падающей радиации в диапазоне ФАР в районе водохранилища или, как минимум, спутниковые данные. Именно такие ряды ФАР, позволяют связать динамику фитопланктона с условиями освещенности конкретного года или сезона. Например, начало и интенсивность весеннего цветения иногда связана с определенной величиной этого показателя.

В целом же, найденные корреляции следует привязать к предполагаемым природным механизмам, которые их обуславливают. Например, положительное влияние температуры на фитопланктон в летнее время, может быть связано не с повышенным обменом у водорослей, а с усилением стратификации, приводящей к более мелкому верхнему перемешанному слою, в котором средняя освещенность выше, что предопределяет более интенсивное развитие цианобактерий. Вне такой привязки, обнаруженные связи лишь указывают на направление дальнейших исследований.

Высказанное выше, следует, однако воспринимать не как замечания, а скорее как рекомендации в случае продолжения автором данного направления исследований.

В Главе 5 рассматривается пространственное распределение хлорофилла, как по горизонтали, так и по вертикали. Результаты изложены весьма детально, отдельно по годам и по районам водохранилища с указанием сопутствующих гидрометеорологических условий. Сделаны выводы, в частности, о положительной связи развития диатомовых водорослей с ветровым перемешиванием, и отрицательной с сине-зелеными водорослями.

Следует отметить не до конца использованные автором возможности анализа многочисленных данных. Так, например, подробнейшим образом изложено, какие из водорослей преобладали в фитопланктоне, в каком году, и на каком плесе водохранилища. Достоверность различий подкреплена убедительной статистикой. Однако никакого статистически обоснованного объяснения этих различий не приводится. Вместо этого, автор ограничивается утверждениями, основанными на общем знании, почерпнутом их литературных источников. Вот пример такого утверждения: «В 2021 г. высокая температура, малое количество осадков и штилевая погода были благоприятны для развития цианопрокариот, что определило интенсивную вегетацию водорослей и в закрытых, и в открытых участках». Соответственно, хотелось бы видеть статистическое сравнение доли цианобактерий в суммарном хлорофилле на открытых и закрытых участках в годы с разным стоком, температурой и ветровыми условиями. Такого рода анализ гораздо убедительнее общих рассуждений.

В главе 6 не корректно озаглавленной «фотосинтетическая активность водорослей» подробно описываются результаты измерений коэффициента активности фотосинтетического аппарата

(КФА). Рассмотрены пределы колебаний, пространственное и вертикальное распределения, сезонные и межгодовые различия.

По своей природе, КФА довольно лабильный показатель, быстро меняющийся на разных стадиях сукцессии. Не ясно, что в таком случае могут означать его среднегодовые величины, приведенные в таблице 6.1. Как и в предыдущей главе причины некоторых установленных различий объясняются общими соображениями, как правило, без ссылок на литературные источники или на собственный анализ взаимосвязей. В этом аспекте выгодно выделяется подраздел 6.4, где анализируется связь КФА с концентрацией суммарного хлорофилла и долей в ней отдельных групп водорослей. Здесь приведены статистически значимые регрессии, связывающие КФА с суммарным хлорофиллом. Эти регрессии меняются в зависимости от состава фитопланктона и от сезона. Данный подраздел представляет основную научную ценность диссертации.

Однако в заключении к разделу автор снова не избегает сентенций, основанных на общих соображениях. Например, читаем - «при ветровом перемешивании распределение КФА по глубине выравнивается, а при высокой инсоляции КФА увеличивается в придонном слое.... При малых скоростях ветра высокие КФА могут быть получены на участках, как с высоким, так и с низким содержанием хлорофилла». При этом в работе не приводится никаких таблиц или графиков связывающих КФА со скоростью ветра.

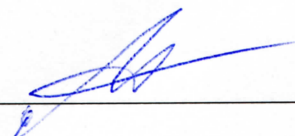
В конце работы приводятся 8 выводов, содержание которых отражает полученные результаты. В целом, выводы обоснованы.

Замечания к диссертации не умаляют основных достоинств работы и не меняют общую хорошую оценку работы. Автореферат отражает содержание диссертации. Приведенный в автореферате список публикаций по теме диссертации содержит 9 работ, из них 3 в изданиях индексируемых в базах Web of Science и/или Scopus, что свидетельствует о хорошем профессиональном уровне соискателя.

Диссертационная работа «СОДЕРЖАНИЕ ХЛОРОФИЛЛА И ФОТОСИНТЕТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ФИТОПЛАНКТОНА РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА В ГОДЫ С РАЗНЫМИ ГИДРОКЛИМАТИЧЕСКИМИ УСЛОВИЯМИ» полностью соответствует критериям, установленным пп. 9-14 Постановления Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 «О порядке присуждения ученых степеней» (ред. от 11.09.2021), а ее автор

Семадени И.В. достоин присуждения ему ученой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.16 – «гидробиология».

Доктор биологических наук,  
главный научный сотрудник Лаборатории структуры и динамики планктонных сообществ  
Федерального государственного бюджетного учреждения науки  
Института океанологии им. П.П. Ширшова Российской академии наук

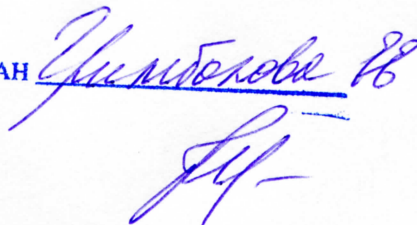
  
\_\_\_\_\_ Александр Сергеевич Микаэлян  
ИО РАН, 117997, Москва, Нахимовский просп., 36  
e-mail: mikaelyan@ocean.ru; тел. +7 (499) 124-59-74

1 апреля 2023 г.



**Верно:**

Зав. канцелярией ИО РАН





В диссертационный совет 24.1.034.01  
при Институте биологии внутренних вод  
им. И.Д. Папанина РАН

Я, **Микаэлян Александр Сергеевич**, даю согласие выступить официальным оппонентом по диссертации **Семадени Ивана Владимировича** на тему «**Содержание хлорофилла и фотосинтетическая активность фитопланктона Рыбинского водохранилища в годы с разными гидроклиматическими условиями**», представленной на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.16 – гидробиология.

#### СВЕДЕНИЯ ОБ ОППОНЕНТЕ

Фамилия Имя Отчество оппонента	Микаэлян Александр Сергеевич
Шифр и наименование специальностей, по которым защищена диссертация	03.02.10 – гидробиология
Ученая степень и отрасль науки	Доктор биологических наук, Биологические науки
Ученое звание	нет
Полное наименование организации, являющейся основным местом работы оппонента	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт океанологии им. П.П. Ширшова Российской Академии Наук
Сокращенное наименование организации, подведомственность	ИО РАН, Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
подразделение, занимаемая должность,	Лаборатория структуры и динамики планктонных сообществ, главный научный сотрудник
Почтовый индекс, адрес	117997, Российская Федерация, Москва, Нахимовский проспект, дом 36, комната 165
Телефон	+7(499)124-59-74
Адрес электронной почты	mikaelyan@ocean.ru



Список основных публикаций официального оппонента по теме диссертации в рецензируемых научных изданиях за последние 5 лет (не более 15 публикаций)

1. **Mikaelyan**, A. S., Zatsepin, A. G., Kubryakov, A. A., Podymov, O. I., Mosharov, S. A., Pautova, L. A., ... & Ocherednik, O. A. 2023. Case where a mesoscale cyclonic eddy suppresses primary production: a Stratification-Lock hypothesis. *Progress in Oceanography*, 102984.
2. Eker-Develi E., Kideys A.E., **Mikaelyan** A.S., Devlin M. J., Newton A. 2022. Editorial: Phytoplankton Dynamics Under Climate Change. *Frontiers in Marine Science*, 9.
3. Mosharova I.V., A.S. **Mikaelyan**, A.V. Lifanchuk, S.A. Mosharov, V.A. Silkin, A.V. Fedorov. 2022. Effect of anticyclonic eddy on bacterioplankton in the Black Sea: an experimental study. *Aquatic Ecology* <https://doi.org/10.1007/s10452-022-09987-1>.
4. Silkin, V., A.S. **Mikaelyan**, L. Pautova, and A. Fedorov. 2021. "Annual Dynamics of Phytoplankton in the Black Sea in Relation to Wind Exposure" *Journal of Marine Science and Engineering* 9, no. 12: 1435.
5. **Mikaelyan** A. S., Pautova L. A., Fedorov A. V. 2021 Seasonal evolution of deep phytoplankton assemblages in the Black Sea // *Journal of Sea Research*. P. 102125.
6. Kubryakov A.A., Stanichny S.V., **Mikaelyan** A.S. 2021. Extremely strong coccolithophore blooms in the Black Sea: the decisive role of winter vertical entrainment of deep water // *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*. T. 173. C. 103554.
7. Kubryakova E.A., Kubryakov A.A., **Mikaelyan** A.S. 2021. Winter coccolithophore blooms in the Black Sea: interannual variability and driving factors // *Journal of Marine Systems*. T. 213. C. 103461.
8. **Mikaelyan** A.S., Mosharov S.A., Pautova L.A., Fedorov A., Chasovnikov V.K., Kubryakov A.A. 2020. The impact of physical processes on taxonomic composition, distribution and growth of phytoplankton in the open Black Sea // *Journal of Marine Systems*. T. 208. C. 103368
9. **Mikaelyan** A.S., Zatsepin A.G., Kubryakov A.A. Effect of mesoscale eddy dynamics on bioproductivity of the marine ecosystems (Review) *Physical Oceanography*. T. 27. № 6. C. 590-618.
10. Kubryakov A.A., Stanichny S.V., Kubryakova E.A., **Mikaelyan** A.S. 2020. Seasonal stages of chlorophyll-a vertical distribution and its relation to the light conditions in the Black Sea from Bio-Argo measurements // *Journal of Geophysical Research: Oceans*. T. 125. № 12. C. e2020JC016790
11. Kubryakov A.A., Stanichny S.V., **Mikaelyan** A.S. 2019 Summer and winter coccolithophore blooms in the Black Sea and their impact on production of dissolved organic matter from Bio-Argo data // *Journal of Marine Systems*. T. 199. C. 103220.
12. **Mikaelyan** A.S., Silkin V.A., Pautova L.A., Chasovnikov V.K., Kubryakov A.A. 2018. Regional climate and patterns of phytoplankton annual succession in the open waters of the Black Sea // *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*. T. 142. C. 44-57.

Доктор биологических наук,  
главный научный сотрудник  
Лаборатории структуры и динамики планктонных сообществ

ФГБУН Институт океанологии  
им. П.П. Ширшова РАН

Микаэлян Александр Сергеевич

Дата 15.02.2023

Подпись А.С. Микаэляна удостоверяю:

Верно:

Зав. канцелярией ИО РАН

