

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Щербакова Павла Николаевича
«Физиологическая пластичность микроводоросли *Desmodesmus* sp.,
изолированной из беломорского гидроида»

представленной на соискание ученой степени кандидата биологических наук
по специальности 03.01.05 – физиология и биохимия растений

Диссертационное исследование П. Н. Щербакова посвящено крайне интересной в научном и практическом аспектах и мало изученной проблеме адаптационного потенциала (физиологической пластичности) симбиотических субарктических микроводорослей, ассоциированных с морскими беспозвоночными.

Прежде всего, необходимо отметить четкую постановку цели и задач диссертационной работы и обоснованность выбора основного объекта исследования – мезофильной зеленой микроводоросли *Desmodesmus* sp. R. Chodat., 1999 (Sphaeropleales, Scenedesmaceae, штамм IPPAS S-2014), первого представителей рода *Desmodesmus*, выделенного из ассоциации с морскими животными (беломорским гидроидом *Dynamena pumila*). Как было показано ранее, *Desmodesmus* sp. характеризуется исключительной устойчивостью к высоким концентрациям CO₂ в среде и способностью накапливать в этих условиях значительные внутриклеточные резервы азота, фосфора и нейтральных липидов (Solovchenko et al., 2014; Shebanova et al., 2017). Такие особенности позволяют использовать *Desmodesmus* sp. в качестве модельного организма в исследованиях механизмов стресс-толерантности видов-эндосимбионтов к избыточным концентрациям CO₂, возникающим в среде их обитания при дыхании животных, а также к острому дефициту азота, периодически развивающемуся в морской воде. Практическим результатом такого подхода может быть выявление новых видов микроводорослей, пригодных для использования в биотехнологических системах по утилизации промышленных дымовых газов.

В качестве организма сравнения (контроля) была выбрана свободно живущая и эволюционно близкая микроводоросль *Tetradesmus obliquus* (Turpin) M.J.Wynne (Sphaeropleales, Scenedesmaceae, штамм IPPAS S-2023), выделенная из морской воды в том же географическом регионе.

Главные задачи исследования состояли в сравнительной оценке уровня стресс-устойчивости симбиотического и свободноживущего представителей семейства Scenedesmaceae к разделительному и совместному действию избытка CO₂ и дефицита азота в среде и выявлении особенностей структурно-функциональных реакций близкородственных, но обитающих в различных экологических нишах видов, к действию указанных стрессоров.

Использование комплекса высокочувствительных, адекватных поставленным задачам культуральных и физико-химических методов исследования (электронной микроскопии, спектрофотометрии, ПАМ-флуориметрии, элементного и транскриптомного анализа и др.), а также вдумчивый анализ экспериментальных данных позволили автору получить достоверные результаты и расширить современные представления о механизмах адаптации фототрофных микроорганизмов к углекислотному стрессу и азотному голоданию.

Наиболее важные результаты, полученные П.Н. Щербаковым при выполнении диссертационной работы, состоят в следующем.

Показано, что уникальная способность *Desmodesmus* sp. не только выживать, но и активно делиться при высокой концентрации CO₂ в (20%) газо-воздушной смеси проявляется только при достаточной обеспеченности клеток азотом. В этих условиях высокие концентрации CO₂ в среде стимулируют развитие фотосинтетического аппарата клеток, проявляющееся в существенном увеличении целого ряда структурно-физиологических параметров: площади хлоропласта и тилакоидов (в 1.5 раза), скорости фиксации CO₂ (до 1,5 л/л/сут), уровня нефотосинтетического тушения возбужденных состояний хлорофилла, оптимальной для роста интенсивности света (примерно в 3 раза) и др.

В условиях азотного голодания высокие концентрации CO₂ вызывают в клетках *Desmodesmus* sp. редукцию хлоропластов и увеличение резервных субклеточных структур (олеосом, крахмальных зерен и полисахаридного слоя клеточной стенки).

Механизмы высокой CO₂-толерантности *Desmodesmus* sp. носят комплексный характер и включают эффективное поддержание гомеостаза pH, гибкую регуляцию CO₂-концентрирующих механизмов, индукцию фотозащитных механизмов (усиление нефотохимического тушения возбужденных состояний хлорофилла и циклического транспорта электронов вокруг ФСII) и оперативное перераспределение фотоассимилятов между клеточными компартментами.

Подтвержден высокий потенциал *Desmodesmus* sp. IPPAS S-2014 для применения в альготехнологиях, нацеленных на фотосинтетическое изъятие CO₂ из промышленных дымовых газов.

Реферат отражает личный вклад автора. Основные результаты изложены в 8 статьях в научных периодических изданиях, индексируемых в базах Scopus и/или Web of Science и представлены на 5 международных конференциях.

Вместе с тем у авторов отзыва есть ряд замечаний по оформлению автореферата, из которых следует упомянуть следующие:

- отсутствие свободноживущего вида *Tetradesmus obliquus* в формулировках цели, задач и положений, выносимых на защиту;
- отсутствие некоторых литературных ссылок в перечне использованных методов исследования;
- неудачное, на наш взгляд, использование термина «штамм» для сокращенного обозначения двух разных видов из разных родов («штамм S-2014» и «штамм S-2023»);
- преимущественное использование в разделе «Накопление биомассы и динамика pH среды» эмоционально-оценочных характеристик различий

между видами (больше-меньше, выше-ниже), которые было бы уместно дополнить конкретными численными значениями.

Указанные замечания носят рекомендательный характер и не снижают высокой оценки выполненного исследования.

Ознакомившись с авторефератом диссертации Павла Николаевича Щербакова «Физиологическая пластичность микроводоросли *Desmodesmus* sp., изолированной из беломорского гидроида», считаем, что он соответствует критериям, установленным для диссертаций на соискание ученой степени кандидата биологических наук Положением о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова, а его автор заслуживает искомой степени.

29 октября 2019 г.

Ведущий научный сотрудник,
Руководитель отдела биотехнологий и фиторесурсов
ФИЦ Институт биологии южных морей
имени А.О. Ковалевского РАН
к.б.н. (специальность 03.02.10 – гидробиология)
299011 г. Севастополь, пр. Нахимова, 2


А.Б. Боровков

Ведущий научный сотрудник
ФИЦ Институт биологии южных морей
имени А.О. Ковалевского РАН
к.б.н. (специальность 03.02.06 – ихтиология)
299011 г. Севастополь, пр. Нахимова, 2

Г.С. Минюк