

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.340.06, СОЗДАННОГО НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АВТОНОМНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМ. Н.И. ЛОБАЧЕВСКОГО» МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ
СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 9.02.2023 г. № 2

О присуждении Суховой Екатерине Михайловне, гражданке России, ученой степени кандидата биологических наук.

Диссертация «Оценка применимости нормализованных индексов отражения для выявления локального и системного действия неблагоприятных абиотических факторов на высшие растения» по специальности 1.5.2 – биофизика принята к защите 20.10.2022 г., протокол № 19, диссертационным советом 24.2.340.06, созданным на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (603022, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, 23, приказ Минобрнауки РФ от 14 октября 2016 года № 1256/нк).

Соискатель, Сухова Екатерина Михайловна, 1994 года рождения, в 2018 г. закончила ННГУ им. Н.И. Лобачевского. Диплом об окончании магистратуры № 105204 0026379, регистрационный номер 37-139 выдан 13 июля 2018 г. ННГУ им. Н.И. Лобачевского.

В период с 2018 г. по 2022 г. обучалась в аспирантуре, сдала кандидатские экзамены по специальности 1.5.2 – Биофизика. Справка о сдаче кандидатских экзаменов № 042/А от 05.09.2022 г. выдана ННГУ им. Н.И. Лобачевского.

В период подготовки диссертации соискатель Сухова Е.М. работала на кафедре биофизики Института биологии и биомедицины ННГУ им. Н.И. Лобачевского в должности младшего научного сотрудника.

Диссертация Суховой Екатерины Михайловны «Оценка применимости нормализованных индексов отражения для выявления локального и системного действия

неблагоприятных абиотических факторов на высшие растения» выполнена на базе кафедры биофизики Института биологии и биомедицины ННГУ им. Н.И. Лобачевского, была рекомендована к защите на заседании кафедры биофизики ИББМ 01.07.2022 г.

Научный руководитель – **Сухов Владимир Сергеевич** – кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры биофизики Института биологии и биомедицины Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского

Официальные оппоненты:

Ризниченко Галина Юрьевна, д.ф.-м.н., проф., профессор кафедры биофизики биологического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «**Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова**», г. Москва.

Борисова Мария Мансуровна, д.б.н., зам. директора по научной работе; ведущий научный сотрудник лаборатории фотосинтетического электронного транспорта с исполнением обязанностей заведующего лабораторией Института фундаментальных проблем биологии Российской академии наук (ИФПБ РАН) Обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Федеральный исследовательский центр «Пущинский научный центр биологических исследований Российской академии наук», г. Пущино.

дали положительные отзывы на диссертацию.

В положительном отзыве официального оппонента д.ф.-м.н., **Ризниченко Галины Юрьевны** отмечается, что диссертационная работа Суховой Екатерины Михайловны «Оценка применимости нормализованных индексов отражения для выявления локального и системного действия неблагоприятных абиотических факторов на высшие растения» посвящена развитию подходов к повышению эффективности использования индексов отражения для оценки состояния растений в условиях локального и системного действия неблагоприятных абиотических факторов. В рамках работы осуществляется решение ряда важных прикладных проблем в области дистанционного мониторинга состояния растений: разработка нового, устойчивого к фоновому освещению метода измерения фотохимического индекса отражения с применением коротких импульсов измерительного света, выявление высокой эффективности использования светоиндуцированных изменений фотохимического индекса отражения для оценки фотосинтетических процессов, обнаружение ряда новых индексов отражения, чувствительных к действию неблагоприятных факторов на растительный организм, а также – выявление возрастания пространственной неоднородности параметров фотосинтеза и фотохимического индекса отражения в плоскости листа при действии неблагоприятных факторов.

Вопросы и замечания к работе:

1. Автору следовало бы в литературном обзоре уделить больше внимания сравнению возможностей различных оптических методов в качестве индикаторов стресса, тем более что автор активно использует эти методы для подтверждения своих выводов в ходе работы

2. В списке аббревиатур отсутствуют некоторые часто употребляемые сокращения, например, RGB (имиджинг).

3. Непонятно, почему [Sukhov et al., 2015] (с.29) дается как ссылка на формулу квантового выхода фотосинтеза.

4. Диссертация не свободна от досадных «опечаток» - в основном, неправильного числа и падежа существительных, очевидно, связанных с компьютерным редактированием текста. К сожалению, такие недочеты делают некоторые фразы при первом прочтении бессмысленными. Конечно, потом, разобравшись в контексте, можно понять, что хотел сказать автор.

5. Из приведенного на стр. 63 материала не ясно утверждение о том, что у гороха наблюдается только 10% снижение содержания воды, у пшеницы – 61%.

6. Можно ли благодаря разработанной модели дискриминировать процессы уменьшения числа устьиц при сохранении величины их проводимости и уменьшение проводимости устьиц при сохранении их общего числа. Какие модельные кривые (или характеристики) помогут это сделать, и можно ли их сравнить с экспериментальными данными?

Эти замечания не умаляют достоинств представленной диссертационной работы Суховой Е.М., которая является завершенным исследованием, выполненном на мировом уровне с использованием современных экспериментальных методов, комплексных методов анализа результатов измерения и математического моделирования. Полученные в рамках исследования результаты, опубликованы в 14 статьях в журналах, индексируемых Web of Science и Scopus; получен один патент. Достоверность и обоснованность полученных результатов, выносимых на защиту положений и выводов не вызывает сомнений.

Диссертация Суховой Екатерины Михайловны: «Оценка применимости нормализованных индексов отражения для выявления локального и системного действия неблагоприятных абиотических факторов на высшие растения» является законченной научно-квалификационной работой, которая полностью соответствует требованиям Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации №842 от 24.09.2013г. (в действующей редакции), а

ее автор, Сухова Екатерина Михайловна, заслуживает присуждения искомой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.2 – биофизика.

В положительном отзыве официального оппонента д.б.н., **Борисовой Марии Мансуровны** отмечается, что диссертационная работа Суховой Екатерины Михайловны посвящена, прежде всего, обнаружению индексов отражения, связанных с фотосинтетическими процессами у растений. При этом в работе предложены два новых нормализованных индекса отражения, рассчитываемые на основании длин волн 613 и 605 нм, и длин волн 670 и 432 нм, чувствительных к действию стрессоров. Разработан подход для более точного измерения PRI с использованием вспышек желто-зеленого измерительного света, с использованием которого впервые показано, что применение модифицированных PRI, рассчитанных на основании интенсивностей отраженного света при 545 нм или 555 нм вместо 531 нм, обеспечивает более высокую чувствительность индекса к изменениям фотосинтетических процессов. Выявлены некоторые механизмы формирования изменения PRI у растений; в частности, впервые достоверно показана связь PRI с закислением люмена хлоропластов. Обнаружен существенный вклад изменений проводимости устьиц в пространственную неоднородность распределения скорости линейного электронного транспорта и ассимиляции углекислого газа в листе.

Полученные в диссертационной работе Суховой Е.М. результаты представлены в серии публикаций в высокорейтинговых журналах; апробированы на всероссийских и международных конференциях.

У оппонента имеется ряд вопросов и замечаний:

1. В литературном обзоре не представлены данные об изменении пигментного состава листьев в течение дня, что может сказываться на измерении пигментных индексов отражения и неоднородности индексов отражения.

2. Автором предположено, что выявленные в ходе работы изменения индексов отражения при 613 и 605 нм могут быть связаны с изменением содержания хлорофиллов a и b; такое предположение было сделано на основе литературных данных. Целесообразным было бы проведение измерений содержания данных пигментов при действии исследуемых факторов с целью подтверждения такой корреляции.

3. На рисунках 5.2 и 5.7 в подписи к рисункам указаны условия (кратковременного?) водного дефицита, в то время как на самих рисунках фигурирует «засуха», однако термин «засуха» автором используется при описании результатов действия длительной почвенной засухи.

4. Не совсем понятно как в разделе 5.3 учитывался ионный транспорт через плазмалемму, включавший работы калиевых каналов, H^+ -АТФазы и K^+/H^+ -антитпорта.

5. Известно, что при действии стрессовых факторов активируется не только циклический электронный транспорт вокруг фотосистемы I в фотосинтетической электрон-транспортной цепи, но и увеличивается скорость переноса на молекулярный кислород (реакция Мелера или так называемый псевдоциклический электронный транспорт). Возникает вопрос, можно ли попытаться учесть этот факт при моделировании?

Несколько ухудшают положительное восприятие опечатки в тексте (стр. 7, стр. 8, стр. 25, стр. 29, стр. 33, стр. 55 и т.д.). Однако указанные замечания не умаляют значимости диссертационной работы.

Диссертация Суховой Екатерины Михайловны: «Оценка применимости нормализованных индексов отражения для выявления локального и системного действия неблагоприятных абиотических факторов на высшие растения» является законченной научно-квалификационной работой. Диссертационная работа Суховой Е.М. полностью соответствует требованиям Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации №842 от 24.09.2013г. (в действующей редакции), а ее автор Сухова Е.М., несомненно, заслуживает присуждения искомой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.2 – биофизика.

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физиологии растений им. К.А. Тимирязева Российской академии наук, г. Москва в своем положительном отзыве, подписанным Аллахвердиевым Сулейманом Ифхан оглы, д.б.н., член-корреспондентом РАН, главным научным сотрудником, заведующим лабораторией управляемого фотобиосинтеза ИФР РАН и утвержденным и.о. директора, чл.-корр. РАН Лось Дмитрием Анатольевичем, указывает, что диссертационная работа Суховой Екатерины Михайловны «Оценка применимости нормализованных индексов отражения для выявления локального и системного действия неблагоприятных абиотических факторов на высшие растения» является актуальным и оригинальным исследованием, выполненным на высоком уровне.

Диссертация посвящена развитию методов дистанционного мониторинга состояния растений на основании индексов отражения. В первой части результатов диссертационного исследования проведен комплексный анализ изменений индексов отражения у растений в условиях действия на них неблагоприятных факторов. На основании анализа были предложены два новых индекса отражения (с использованием длин волн 613 и 605 нм и длин волн 670 и 432 нм), которые показали высокую чувствительность к действию на растения засухи. В рамках второй группы результатов предложен ряд подходов для повышения эффективности использования фотохимического

индекса отражения в дистанционном мониторинге состояния растений. С использованием мета-анализа литературных данных были выявлены оптимальные условия для измерения фотохимического индекса отражения, предложен новый метод измерения индекса с использованием коротких вспышек желто-зеленого измерительного света и разработана на его основе система проксимального имиджинга фотохимического индекса отражения, показана высокая эффективность применения светоиндуцированных изменений фотохимического индекса отражения для оценки фотосинтетических процессов и предложен ряд модифицированных фотохимических индексов отражения, которые являются более чувствительными к изменениям фотосинтеза. В третий части результатов описывается математическая модель фотосинтетических процессов в листе, анализ которой показывает усиление пространственной неоднородности распределения фотосинтетических процессов в листе при действии неблагоприятных факторов.

В целом, работа заслуживает высокой оценки, однако, хотелось бы уточнить следующие моменты:

1. В своей работе диссертант предлагает модифицированные индексы отражения PRI(545, 570) и PRI(555, 570), которые, как автор полагает, являются более эффективными нежели, классический фотохимический индекс отражения PRI(531, 570). Однако, остается неясным, будут ли эти индексы эффективными при измерении в условиях открытого грунта или при их регистрации на уровне растительного покрова, так как диссертант провел исследования только в лабораторных условиях на зафиксированном в плоскости измерения листе.

2. В ряде экспериментов при исследовании фотохимического индекса отражения диссертант использует длительные измерительные вспышки желто-зеленого света (десятки секунд). По современным представлениям зеленый свет также играет существенную роль в протекании фотосинтетических процессов, обеспечивая энергией световые реакции фотосинтеза в клетках, расположенных в глубине листа. Возможно ли влияние измерительных вспышек желто-зеленого света на фотосинтетические процессы растений, а, следовательно, на величину фотохимического индекса отражения?

3. На рисунке 4.4 диссертации описывается возможность функционирования разработанной системы с двумя режимами измерительного освещения: с фиксированной и регулируемой длительностью вспышки желто-зеленого света. Второй режим не используется в диссертации, объясните его назначение.

Диссертационная работа Суховой Е.М. является актуальным и оригинальным исследованием, выполненным на высоком уровне. Работа может стать основой для практического применения в области мониторинга растений. Результаты исследования

представлены в ведущих рецензируемых научных журналах.

Диссертационная работа Суховой Екатерины Михайловны соответствует требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук. Сухова Екатерина Михайловна заслуживает присуждения ученой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.2 - биофизика.

Соискатель имеет 18 опубликованных научных работы по теме диссертации, из них 14 статей в рецензируемых научных изданиях, включённых в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук, 1 патент и 4 тезиса в материалах конференций. Опубликованные работы посвящены развитию методов применения индексов отражения для выявления стрессовых изменений у высших растений. Опубликованные работы в полной мере отражают результаты диссертационного исследования.

Авторский вклад соискателя составляет 90%. Недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации, в диссертации Суховой Е.М. отсутствуют.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации.

1. Sukhova E., Sukhov V. Connection of the photochemical reflectance index (PRI) with the photosystem II quantum yield and nonphotochemical quenching can be dependent on variations of photosynthetic parameters among investigated plants: a meta-analysis // Remote Sens. 2018. V. 10. Article 771. (IF 5.349, Q1 (SJR))

2. Sukhov V., Sukhova E., Vodeneev V. Long-distance electrical signals as a link between the local action of stressors and the systemic physiological responses in higher plants // Prog. Biophys. Mol. Biol. 2019. V. 146. P. 63-84. (IF 4.799, Q1 (SJR))

3. Sukhov V., Sukhova E., Gromova E., Surova L., Nerush V., Vodeneev V. The electrical signal-induced systemic photosynthetic response is accompanied by changes in the photo-chemical reflectance index in pea // Func. Plant Biol. 2019. V. 46. P. 328-338. (IF 2.81, Q1 (SJR))

4. Сухов В.С., Громова Е.Н., Сухова Е.М., Сурова Л.М., Неруш В.Н., Воденеев В.А. Анализ связи показателей световой стадии фотосинтеза с фотохимическим индексом отражения (PRI) в условиях кратковременного освещения листа гороха // Биологические мембранны. 2019. Т. 36. С. 32–43. (Q4 (SJR))

5. Сухова Е.М., Юдина Л.М., Воденеев В.А., Сухов В.С. Анализ связи изменений фотохимического индекса отражения (PRI) и закисления люмена хлоропластов листьев гороха и герани в условиях кратковременного освещения // Биологические мембранны. 2019. Т. 36. С. 218–228. (Q4 (SJR))

6. Sukhova E., Sukhov V. Analysis of light-induced changes in the photochemical reflectance index (PRI) in leaves of pea, wheat, and pumpkin using pulses of green-yellow measuring light // Remote Sens. 2019. V. 11. Article 810. (IF 5.349, Q1 (SJR))

7. Yudina L., Sukhova E., Gromova E., Nerush V., Vodeneev V., Sukhov V. A light-induced decrease in the photochemical reflectance index (PRI) can be used to estimate the energy-dependent component of non-photochemical quenching under heat stress and soil drought in pea, wheat, and pumpkin // Photosynth. Res. 2020. V. 146. P. 175–187. (IF 3.429, Q1 (SJR))

8. Sukhova E., Sukhov V. Relation of photochemical reflectance indices based on different wavelengths to the parameters of light reactions in photosystems I and II in pea plants // Remote Sens. 2020. V. 12. Article 1312. (IF 5.349, Q1 (SJR))

9. Sukhova E., Yudina L., Gromova E., Ryabkova A., Kior D., Sukhov V. Complex analysis of the efficiency of difference reflectance indices on basis of 400-700 nm wavelengths for revealing the influences of drought and heating on plant seedlings // Remote Sens. 2021. V. 13. Article 962. (IF 5.349, Q1 (SJR))

10. Sukhova E., Sukhov V. Electrical signals, plant tolerance to actions of stressors, and programmed cell death: is interaction possible? // Plants. 2021. V. 10. Article 1704. (IF 4.658, Q1 (SJR))

11. Sukhova E., Yudina L., Gromova E., Ryabkova A., Vodeneev V., Sukhov V. Influence of local burning on difference reflectance indices based on 400–700 nm wavelengths in leaves of pea seedlings // Plants. 2021. V. 10. Article 878. (IF 4.658, Q1 (SJR))

12. Sukhov V., Sukhova E., Khlopkov A., Yudina L., Ryabkova A., Telnykh A., Sergeeva E., Vodeneev V., Turchin I. Proximal imaging of changes in photochemical reflectance index in leaves based on using pulses of green-yellow light // Remote Sens. 2021. V. 13. Article 1762. (IF 5.349, Q1 (SJR))

13. Sukhova E., Ratnitsyna D., Sukhov V. Stochastic spatial heterogeneity in activities of H⁺-ATPases in electrically connected plant cells decreases threshold for cooling-induced electrical responses // Int. J. Mol. Sci. 2021. V. 22. Article 8254. (IF 6.34, Q1 (SJR))

14. Sukhova E., Kior D., Kior A., Yudina L., Zolin Y., Gromova E., Sukhov V. New nor-malized difference reflectance indices for estimation of soil drought influence on pea and wheat // Remote Sens. 2022. V. 14. Article 1731. (IF 5.349, Q1 (SJR)).

Указанные публикации входят в перечень ВАК и международные реферативные базы данных и системы цитирования Web of Science и Scopus.

На диссертацию и автореферат поступило 5 отзывов, все положительные. В отзывах указывается, что представляемая работа характеризуется высоким теоретическим и экспериментальным уровнем, по своей новизне и актуальности имеет большое научное и практическое значение, соответствует требованиям Высшей аттестационной комиссии. Отзывы получены из:

1. ФГБНУ ФИЦ "Институт цитологии и генетики СО РАН", за подписью к.б.н., доц., в.н.с. лаборатории эволюционной биоинформатики и теоретической генетики **Афонникова Дмитрия Аркадьевича**, без замечаний.

2. ФГАОУ ВО "Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского", д.ф.-м.н., проф. каф. теории колебаний и автоматического регулирования радиофизического факультета **Канакова Олега Игоревича**. В отзыве имеется вопрос: может ли разработанная модель использоваться для описания потенциалов действия в клетках растений и будут ли связаны такие потенциалы с фотосинтезом?

3. ФИЦ НЦБИ РАН, за подписью д.б.н., с.н.с., руководителя группы экологии и физиологии фототрофных организмов Института фундаментальных проблем биологии РАН **Кособрюхова Анатолия Александровича**, без замечаний.

4. ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, за подписью д.б.н., проф.. зав. каф. физиологии растений **Тараканова Ивана Германовича** и к.б.н., доц., доц. каф. физиологии растений **Лариковой Юлии Сергеевны**, без замечаний.

5. Института фундаментальных проблем биологии РАН ФИЦ "Пущинский научный центр биологических исследований РАН", за подписью к.б.н., ведущего научного сотрудника лаборатории фотосинтетического окисления воды **Терентьева Василия Валерьевича**. В отзыве имеются замечания: в работе используется не совсем удачные терминологические обороты, используемые в тексте, например, люмен хлоропластов. По-видимому, имелся в виду люмен тилакоидов хлоропластов. Или light scattering, что означает, видимо, светорассеяние.

Эти незначительные замечания не снижают научной ценности работы, проделанной Суховой Е.М., а её автор, безусловно, заслуживает присуждения учёной степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.2. – Биофизика.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их соответствии критериям требований, изложенных в пп. 22 и 24 «Положения о присуждении учёных степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24

сентября 2013 г. № 842: являются компетентными по заявленной в диссертации соискателя специальности, имеют профильные публикации по проблеме диссертационного исследования и способны объективно оценивать актуальность темы диссертации, а также достоверность, теоретическую значимость и научно-практическую ценность полученных в работе результатов (сведения о них размещены на официальном сайте ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского»: <https://diss.unn.ru/1298>).

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- **выявлено** два новых индекса отражения, чувствительных к действию стрессоров на растения;
- **разработан** новый метод измерения фотохимического индекса отражения (PRI) с использованием импульсов желто-зеленого измерительного света и создана новая система пространственного имиджинга фотохимического индекса отражения;
- **показана** более высокая чувствительность светодиндуцированных изменений фотохимического индекса отражения к фотосинтетическим параметрам растений;
- **выявлена** более высокая чувствительность модифицированных фотохимических индексов отражения к фотосинтетическим параметрам растений;
- **разработана** математическая модель фотосинтетических процессов в листовой пластинке, учитывающая поступления CO₂ через устьица;
- **показано** возрастание неоднородности пространственного распределения фотосинтетических процессов и фотохимического индекса отражения в условиях действия неблагоприятных факторов.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- **изучены** компоненты быстрых изменений фотохимического индекса отражения;
- **доказано**, что изменения pH люмена тилакоидов хлоропластов являются важным механизмом изменения фотохимического индекса отражения;
- **раскрыта** возможная связь пространственной неоднородности фотосинтетических показателей при действии неблагоприятных факторов с плотностью устьиц.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

- **предложены** новые индексы отражения, которые могут быть использованы для дистанционного мониторинга влияния неблагоприятных факторов на сельскохозяйственные растения.

- разработан новый метод регистрации фотохимического индекса отражения, устойчивый к фоновому освещению и система пространственного проксимального имиджинга фотохимического индекса отражения.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что:

- проведено большое количество экспериментов, позволяющее оценить воспроизводимость результатов исследований, использованы стандартные методы статистического анализа, позволяющие оценить достоверность полученных результатов;

- использовано высокотехнологичное оборудование и надежные апробированные экспериментальные методы;

- установлено качественное и количественное согласие с теоретическими выводами и обоснованиями, а также с результатами, представленными в независимых источниках по данной тематике.

Личный вклад соискателя состоит в участии в проведении работы на всех этапах её выполнения, включая постановку задач, планирование и проведение экспериментов, обработку и интерпретацию полученных результатов, а также подготовку научных статей и представление результатов на конференциях.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:

(i) возможно ли использование индексов отражения для выявления конкретного типа неблагоприятных факторов, действующих на растения? (ii) Какие практические перспективы результатов исследования? (iii) Почему при расчете PRI была использована только длина волны 570 нм? (iv) Как будет меняться PRI при индуцированном светом расширении хлоропластов? (v) Почему при развитии кратковременного водного дефицита число индексов отражения, статистически значимо отличающихся от контроля, большое на первые, трети и последующие сутки воздействия и относительно малое на вторые?

Соискатель Сухова Е.М. ответила на задаваемые ей в ходе заседания вопросы и привела собственную аргументацию, указав, что: (i) полученные результаты не позволяют точно выявлять природу неблагоприятного фактора на основании предложенных методов, которые показывают скорее общие стрессовые изменения состояния растения; однако, результаты создают предпосылки для разработки методов такого выявления на основании пространственного распределения изменений индексов отражения. (ii) Можно выделить практические перспективы по всем основным блокам исследования, включая возможность использования предложенных индексов для выявления действия засухи на растения, возможность применения предложенного метода измерения PRI для создания новых систем мультиспектрального имиджинга и возможность использования пространственной неоднородности распределения PRI для выявления стрессовых изменений у растений. (iii)

значение 570 нм было выбрано как длина волны, которая преимущественно используется для расчета PRI в литературе; однако, имеются отдельные работы, в которых предпринимались попытки использовать другие длины волн. (iv) Такие исследования не проводились; однако нельзя полностью исключать, что такое расширение может происходить в условиях загрязнения и влиять на PRI. (v) По-видимому, это связано с несколькими фазами стрессового ответа растения, включая начальное нарушение физиологических процессов, последующую частичную компенсацию нарушений вследствие активации адаптивных механизмов и дальнейшее повреждение растения в условиях нарастания водного дефицита.

На заседании 9 февраля 2022 года диссертационный совет принял решение за исследование применимости нормализованных индексов отражения для выявления локального и системного действия неблагоприятных абиотических факторов на высшие растения, имеющее значение для развития биофизики, присудить Суховой Екатерине Михайловне ученую степень кандидата биологических наук по специальности 1.5.2 – биофизика.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 14 человек, из них 4 доктора наук по специальности 1.5.2 – биофизика, участвовавших в заседании, из 21 человека, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 14, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель

диссертационного совета Воденеев Владимир Анатольевич



Ученый секретарь

диссертационного совета Акинчиц Елена Константиновна

9 февраля 2023 года