

Лаборатория Фотосинтетического электронного транспорта



Лаборатория фотосинтетического электронного транспорта является одной из самых многочисленных в нашем институте. Основопологающим моментом успешного развития исследований является то, что в ней работают в основном молодые специалисты и привлекается большое число молодежи для написания бакалаврских, магистерских и аспирантских работ.

Заведующей лабораторией является доктор биологических наук Борисова Мария Мансуровна, которая, обладая прекрасными организаторскими способностями и широким кругозором, поддерживает работоспособность сотрудников на высоком уровне.

Область научных исследований лаборатории

Основная научная цель лабораторных проектов – изучение механизмов адаптационных перестроек фотосинтетического аппарата растений при воздействии стрессовых факторов, которые особенно актуальны в настоящее время: условия освещенности, засуха и засоление почвы, повышение содержания CO₂ в воздухе, атака фитопатогенами; а также разработка стратегий целенаправленного повышения адаптационного потенциала растений к этим факторам стресса. Также большой интерес вызывают исследования, благодаря которым появляется понимание о функционировании того или иного белка или комплекса и разрабатываются механизмы для повышения жизнеспособности растений, приводящее к увеличению их продуктивности.

В лаборатории ведется работа на уровне:

- Целого растения
- Интактных клеток (протопласты)
- Интактных хлоропластов
- Активных тилакоидных мембран
- Пигмент-белковых комплексов





Объектами исследований являются:

- Арабидопсис (*Arabidopsis thaliana*)
- Хламидомонада
- *Bacillus* sp



- Ячмень
- Шпинат
- Горох

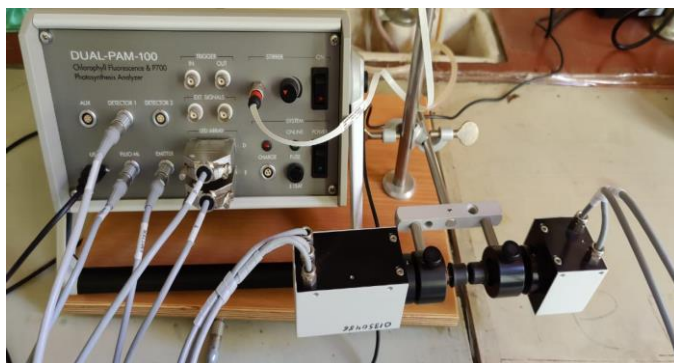
Методы и приборная база лаборатории, института, ФИЦ:

Для исследования фотосинтеза:

ОJIP-тест (кинетики индукции флуоресценции хлорофилла а с высоким временным разрешением)

Dual-PAM: для измерения активностей фотосистемы 2 и 1;

Дополняется модулями для измерения электрохромного сдвига поглощения каротиноидов

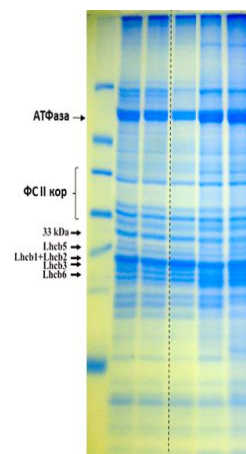


Газоанализатор для измерения метаболизма CO₂, совмещенный с РАМ-флуориметром

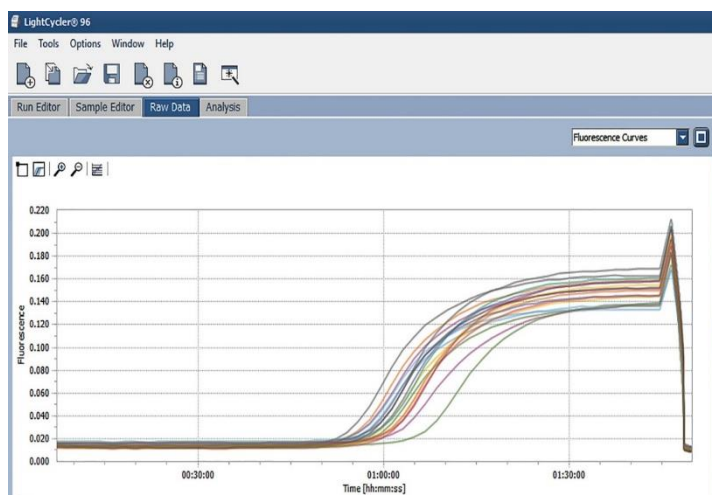


Общебиологические методы:

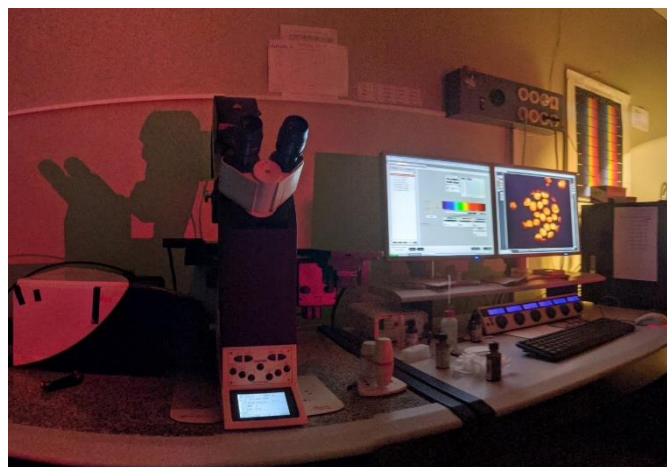
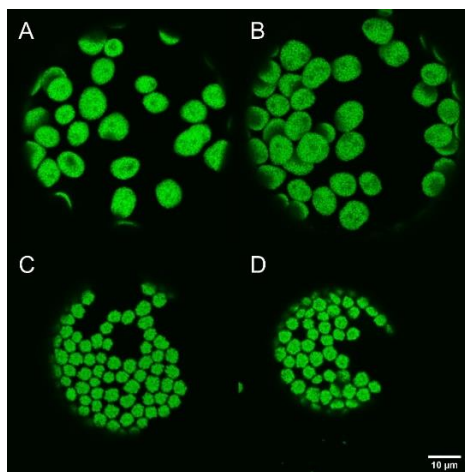
Электрофорез и вестерн-блот анализ



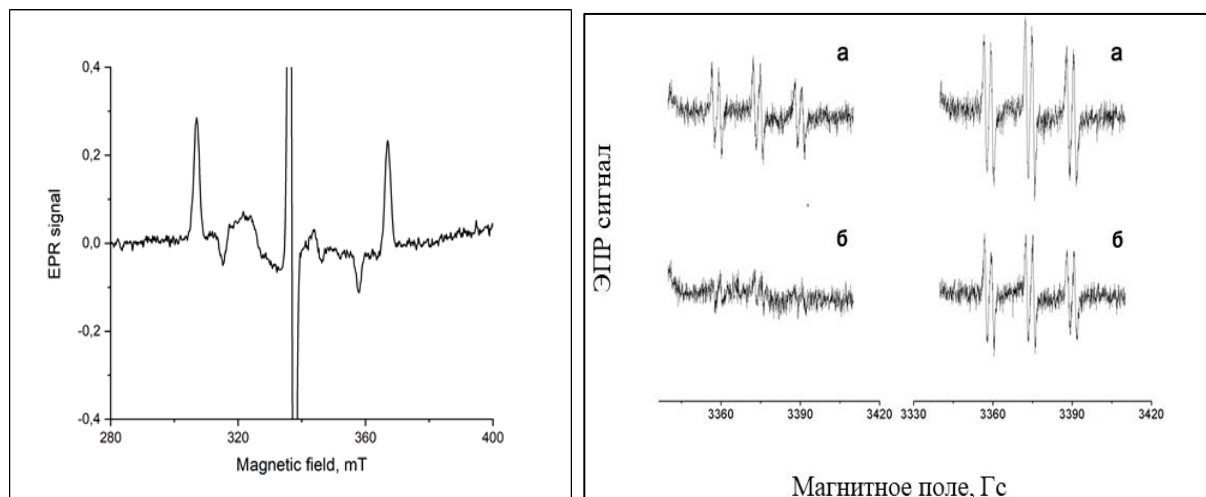
ПЦР в реальном времени



Конфокальная микроскопия



ЭПР-спектроскопия



рН-метрия
Кислородный
электрод
Спектрофотометрия
Спектрофлуориметри
я
ВЭЖХ
И многое др.



Основные направления исследований.

1. Анализ растительных культур, направленный на обнаружение механизмов и компонентов, ответственных за адаптацию к стрессовым условиям
2. Тестирование новых штаммов ризосферных непатогенных микроорганизмов, способных повысить сопротивляемость растений к условиям среды и фитопатогенам
3. Изучение ключевого участника электрон-транспортных цепи – цитохромного $bc(f)$ комплекса, имеющего во всех организмах общий план строения, но различающийся в деталях.
4. Разработка методов и подходов для переноса перспективных белков из одного организма в другой для увеличения их продуктивности за счет лучшей сопротивляемости негативным факторам окружающей среды.
5. Изучение отдельных белков растительной клетки для понимания механизмов их функционирования с перспективой дальнейшего их использования в биотехнологии.
6. Создание новых линий растений, обладающих повышенной устойчивостью к факторам биотической и абиотической природы
7. Изучение действия антиоксидантов, выделенных из растений в качестве протекторов при работе с клетками животного и растительного происхождения.

Гранты лаборатории

2019

1. грант РНФ № 17-14-01371 "Молекулярно-генетические и биохимические основы регуляции функционирования фотосинтетического аппарата растений", финансирование лаборатории в 2019 г. 5 млн. рублей; руководитель Иванов Б.Н.
2. грант РНФ №17-76-10058 «Механизмы биологической защиты растений при колонизации микроорганизмами рода *Pseudomonas*»; руководитель Ветошкина Д.В.
3. грант РФФИ мол_а №18-34-00978; руководитель Журикова Е.М.
4. грант РФФИ № 19-04-00112; руководитель М.М. Борисова.

2020

1. грант РНФ № 17-14-01371 "Молекулярно-генетические и биохимические основы регуляции функционирования фотосинтетического аппарата растений", финансирование лаборатории в 2020 г. 6 млн. рублей; руководитель Иванов Б.Н.
2. грант РФФИ № 19-04-00112; финансирование в 2020 г. 1 млн. рублей; руководитель М.М. Борисова.

2021

1. грант РНФ № 17-14-01371-П "Молекулярно-генетические и биохимические основы регуляции функционирования фотосинтетического аппарата растений", финансирование 6 млн. рублей; руководитель Иванов Б.Н.
2. грант РНФ № 22-24-01074 «Особенности фотосинтетических энергопреобразующих мембран эукариот, определяющие функциональные характеристики центрального звена переноса электронов, цитохромного b6f комплекса», финансирование 1.5 млн. рублей; руководитель Козулева М.А.
3. грант «Умник» № 16398ГУ/202 "Разработка препарата на основе пластохинона для повышения антиоксидантного статуса клеток при действии стрессовых факторов", финансирование - 500 тыс. рублей, руководитель Вильянен Д.В.

Награды

2020

1. Надеева Е.М. Лауреат премии Губернатора Московской области в сфере науки и инноваций для молодых ученых и специалистов в 2020 году.
2. Федорчук Т.П. Награда за лучший устный доклад "*Carboxylic acid reductases and transaminases in the biocatalytic transformation of adipic acid to 6-aminocaproic acid and 1,6-hexamethylenediamine*" на 24-ой Международной Пушинской школе-конференции молодых учёных "Биология - наука XXI века". 5-9 октября 2020. Секция "Биотехнология и приборостроение"

2021

1. Диплом за лучший доклад молодых ученых на Всероссийской конференции «Современные проблемы фотобиологии», Ветошкина Дарья

2. Благодарность спикеру Ветошкиной Д.В. международного формата популяризации науки Science Slam за участие в Science Slam Среда Обучения, 28 октября 2021 года

Сотрудничество (включая связи с отраслевой и вузовской наукой)

2019

В отчетном году сотрудники лаборатории выполняли совместные исследования со следующими коллективами (6 коллективов):

1. ИФПБ РАН, Лаборатория молекулярной спектроскопии.
2. НИИ физико-химической биологии им. А.Н. Белозерского Московского Государственного Университета им. М.В. Ломоносова, Лаборатория электрогенных процессов отдела фотобиохимии.
3. Тель-Авивский Университет (Израиль), Лаборатория исследований возобновляемой энергии, кафедра молекулярной биологии и экологии растений, факультет наук о жизни,
4. Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН, г. Сыктывкар, Лаборатория экологической физиологии растений.
5. Институт биохимии и физиологии микроорганизмов РАН, лаборатория молекулярной микробиологии.
6. Сибирский институт физиологии и биохимии растений Сибирского отделения Российской академии наук, г. Иркутск.

2020

Козулева М.А. Разработан курс лекций по биоэнергетике для аспирантов по специальности "физиология растений" и "биохимия".

2021

1. Лаборатория молекулярной микробиологии, Институт биохимии и физиологии микроорганизмов РАН, ФИЦ ПНЦБИ РАН, Пущино, Россия,
2. Лаборатория внутриклеточной сигнализации, Институт биофизики клетки РАН ФИЦ ПНЦБИ РАН, Пущино, Россия,
3. Лаборатория молекулярной микробиологии Институт биохимии и физиологии микроорганизмов РАН ФИЦ ПНЦБИ РАН, Пущино, Россия,
4. Лаборатория биотехнологии и физиологии фототрофных организмов, Институт фундаментальных проблем биологии РАН ФИЦ ПНЦБИ РАН, Пущино, Россия,
5. Институт физической и химической биологии имени Белозерского, Москва, Россия
6. МГУ имени Ломоносова, Москва, Россия
7. Лаборатория экологической физиологии растений, Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН, Сыктывкар, Россия
8. University of Toronto, Center for the Analysis of Genome Evolution & Function (CAGEF). Toronto ON, Canada,
9. School of Molecular Sciences and Center for Bioenergy and Photosynthesis, Arizona State University, Tempe, USA,

Преподавательская деятельность

2019

1. Разработан и прочитан курс "Биоэнергетика" в рамках образовательной программы по биохимии для аспирантов (**Мальян А.Н.**).
2. Прочитан курс лекций «Биофизика» для студентов Биотехнологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова (**Иванов Б.Н.**).
3. **Ведется** курс теоретических и практических занятий по физико-химическим методам в биологии для студентов 2 курса биологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова (**Журикова Е.М., Ветошкина Д.В.**).
4. Руководство производственной практикой студента 4-го курса Биотехнологического факультета МГУ Балашова Н.В. (**Борисова М.М.**).

2020

1. Руководство курсовой работой бакалавра 4 курса МГУ Миклишанской Владиславы Викторовны, выполняемой на базе ИФПБ РАН в период с 16.11.2020 г. по 30.12.2020 (**Федорчук Т.П.**).
2. Руководство практикой бакалавров 4 курса МГУ, проходившей на базе ИФПБ РАН. (**Федорчук Т.П.**).
3. Руководство курсовой работой бакалавра 4 курса ТГПУ им. Л.Н. Толстого Литвиновой Валентины Денисовны, выполняемой на базе ИФПБ РАН в период с 16.11.2020 г. по 30.12.2020 (**Руденко. Н.Н.**).

2021

1. Разработан и прочитан курс «Биоэнергетика» для аспирантов ФИЦ ПНЦБИ РАН по направлениям «биохимия», «физиология растений» (**Козулева М.А.**).
2. Бакалаврская работа студента IV курса Биотехнологического факультета МГУ им. Ломоносова Павлова Ильи Борисовича (**Козулева М.А.**).
3. Бакалаврская работа студента IV курса Биотехнологического факультета МГУ им. Ломоносова Миклишанской Владиславы Викторовны (**Федорчук Т.П.**).
4. Бакалаврская работа студента IV курса Биотехнологического факультета ТулГУ Литвиновой Валентины Денисовны (**Руденко Н.Н.**).
5. Руководство магистрантом II года обучения из Биотехнологического факультета МГУ им. Ломоносова Маркиным Романом Валерьевичем (**Федорчук Т.П.**).
6. Руководство аспирантом III года Вильянен Дарьей Валентиновной (**Борисова М.М., Козулева М.А.**).
7. Руководство аспирантом I года Балашовым Николаем Владимировичем. (**Борисова М.М., Ветошкина Д.В.**).
8. Руководство производственной практикой бакалавра II года обучения из Биотехнологического факультета МГУ им. Ломоносова Шайфутдинова Ролана Рустемовича (**Руденко Н.Н.**).

Список статей

2019

1. Д.В. Ветошкина, М.А. Козулева, В.В. Терентьев, Е.М. Журикова, М.М. Борисова-Мубаракшина, Б.Н. Иванов. Сравнение изменений состояния фотосинтетической антенны арабидопсиса и ячменя при действии света разной интенсивности. *Биохимия*, 2019, том 84, вып. 9, с. 1311 – 1321.
2. E.M. Zhurikova, N.N. Rudenko, L.K. Ignatova, D.V. Vetoshkina, N.S. Novichkova, B.N. Ivanov. Effects of actinic light intensity on photosynthetic characteristics of *Arabidopsis thaliana* with knockout of alpha-carbonic anhydrase 2 gene. *Journal of Stress Physiology & Biochemistry*, Vol. 15, No. 1, 2019, pp. 16-24.
3. Новичкова Н.С., Мальян А.Н. Влияние вязкости растворов трегалозы на гидролиз АТФ F₁-АТФазой хлоропластов. *Биофизика*, 64 (6) 1052 – 1056.
4. Ветошкина Д.В., Позднякова-Филатова И.Ю., Журикова Е.М., Фролова А.А., Найдов И.А., Иванов Б.Н., Борисова-Мубаракшина М.М. Возрастание потенциала адаптации к повышенной освещенности растений ячменя, колонизированных ризобактериями *R. putida* BS3701. *Прикладная биохимия и микробиология*. 55(2), 181–190.
5. Смолов А.П., Маслова А.И., Ширшикова Г.Н., Найдов И.А. Действие формы минерального азота на рост и гетеротрофную фиксацию ¹⁴С-бикарбоната у *Chlamydomonas reinhardtii*. *Физиология растений* том 66, № 6, с. 472–480.
6. L. Ignatova, N. Rudenko, E. Zhurikova, M. Borisova-Mubarakshina and B. Ivanov. Carbonic anhydrases in photosynthesizing cells of C3 higher plants. *Metabolites*. 2019, 9, 73.
7. Lyudmila Ignatova, Elena Zhurikova, Boris Ivanov The presence of the low molecular mass carbonic anhydrase in photosystem II of C3 higher plants. *Journal of Plant Physiology* 232, 94–99 (2019).
8. M.M. Borisova-Mubarakshina , D.V. Vetoshkina and B.N. Ivanov. Antioxidant and signaling functions of the plastoquinone pool in higher plants. *Physiologia Plantarum*. 166: 181–198.
9. Borisova-Mubarakshina, M. M., Tsygankov, A. A., Tomo, T., Allakhverdiev, S. I., Eaton-Rye, J. J., & Govindjee. The 10th international conference on “Photosynthesis and Hydrogen Energy Research for sustainability”: A pictorial report in honor of Tingyun Kuang, Anthony Larkum, Cesare Marchetti and Kimiyuki Satoh. *International Journal of Hydrogen Energy*, 44(59), 30927 - 30934 (2019) DOI: 10.1016/j.ijhydene.2019.09.224.
10. Borisova-Mubarakshina, M. M., Tsygankov, A. A., Tomo, T., Allakhverdiev, S. I., Eaton-Rye, J. J., & Govindjee. International conference on “Photosynthesis and Hydrogen

Energy Research for Sustainability–2019” In honor of Tingyun Kuang, Anthony Larkum, Cesare Marchetti and Kimiyuki Satoh. *Photosynthesis Research*.

11. Tatiana P. Fedorchuk, Anna N. Khusnutdinova, Robert Flick, Alexander F. Yakunin. Site-directed mutagenesis and stability of the carboxylic acid reductase MAB4714 from *Mycobacterium abscessus*. *Journal of Biotechnology* 303 (2019) 72–79.

2020

1. Rudenko N.N., Fedorchuk T.P., Terentyev V.V., Dymova O.V., Naydov I.A., Golovko T.K., Borisova-Mubarakshina M.M., Ivanov B.N. (2020) The role of carbonic anhydrase α -CA4 in the adaptive reactions of photosynthetic apparatus. The study with α -CA4 knockout plants. *Protoplasma*. 257(2):489-499.
2. Borisova-Mubarakshina M.M., Vetoshkina D.V., Naydov I.A., Rudenko N.N., Zhurikova E.M., Balashov N.V., Ignatova L.K., Fedorchuk T.P., Ivanov B.N. (2020) Regulation of the size of photosystem II light harvesting antenna represents a universal mechanism of higher plant acclimation to stress conditions. *Funct. Plant Biol.* 47(11):959-969.
3. Rudenko N., Ignatova L., Nadeeva-Zhurikova E., Fedorchuk T., Ivanov B., Borisova-Mubarakshina M. (2020) Advances in understanding the physiological role and locations of carbonic anhydrases in C3 plant cells. *Protoplasma*.
4. Kozuleva M.A., Ivanov BN, Vetoshkina DV, Borisova-Mubarakshina MM (2020) Minimizing an Electron Flow to Molecular Oxygen in Photosynthetic Electron Transfer Chain: An Evolutionary View. *Frontiers in Plant Sciences*,
5. Grechanik V, Romanova A, Naydov I, Tsygankov A. (2020) Photoautotrophic cultures of *Chlamydomonas reinhardtii*: sulfur deficiency, anoxia, and hydrogen production. *Photosynthesis Research* 143 (3), 275-286
6. Fedorchuk T.P., Khusnutdinova A.N., Evdokimova E., Flick R., Di Leo R., Stogios P., Savchenko A., Yakunin A.F. (2019/12/30). One-pot biocatalytic transformation of adipic acid to 6-aminocaproic acid and 1, 6-hexamethylenediamine using carboxylic acid reductases and transaminases. *Journal of the American Chemical Society*. 142(2) 1038-1048.
7. Rudenko N., Borisova-Mubarakshina M., Ignatova L., Fedorchuk T., Nadeeva-Zhurikova E., Ivanov B. (2020) Role of Plant Carbonic Anhydrases under Stress Conditions. *In book: Plant Stress Physiology. InTech*,
8. Ignatova L., Rudenko N., Zhurikova E., Borisova-Mubarakshina M., Ivanov B. (2020) Carbonic Anhydrases in Photosynthesizing Cells of C3 Higher Plants. *In book: Prime Archives in Biochemistry, Videleaf*. DOI: 10.37247/PAB.1.2020.4.

9. Федорчук Т.П. (2020) Применение карбоксилатредуктаз и аминотрансфераз для производства 6-аминокапроновой кислоты и гексаметилендиамина из адипиновой кислоты. Актуальная биотехнология 3(34), с. 584. ISSN 2304-4691. VIII международная научно-практическая конференция «Биотехнология: наука и практика». 22-26 сентября 2020 г. Ялта.

2021

1. Руденко Н.Н., Иванов Б.Н. (2021) Нерешённые проблемы функционирования карбоангидраз в фотосинтезирующих клетках высших СЗ-растений (2021) Биохимия, 86, 1464-1478.
2. Fedorchuk TP, Kireeva IA, Opanasenko VK, Terentyev VV, Rudenko NN, Borisova-Mubarakshina MM and Ivanov BN (2021) Alpha carbonic anhydrase 5 mediates stimulation of ATP synthesis by bicarbonate in isolated arabidopsis thylakoids. Front. Plant Sci., 12:662082.
3. Holger Dau, Boris Ivanov, Dmitry Shevela, William H. Armstrong, Govindjee Govindjee. (2021) Three overlooked photosynthesis papers of Otto Warburg (1883–1970), published in the 1940s in German and in Russian, on light-driven water oxidation coupled to benzoquinone reduction. Photosynthesis Research, 149, 259-264
4. Marina Kozuleva, Anastasia Petrova , Yuval Milrad , Alexey Semenov , Boris Ivanov , Kevin E. Redding, and Iftach Yacoby (2021) Phylloquinone is the principal Mehler reaction site within photosystem I in high light. Plant Physiology, 186, No 4, 1848–1858.
5. Maria M. Borisova-Mubarakshina, Ilya A. Naydov, Daria V. Vetoshkina, Marina A. Kozuleva, Daria V. Vilyanen, Natalia N. Rudenko and Boris N. Ivanov. (2021) Photosynthetic Antenna Size Regulation as an Essential Mechanism of Higher Plants Acclimation to Biotic and Abiotic Factors: The Role of the Chloroplast Plastoquinone Pool and Hydrogen Peroxide. In book: Vegetation Index and Dynamics.
6. Daria Vilyanen, Ilya Naydov, Boris Ivanov, Maria Borisova-Mubarakshina, Marina Kozuleva (2021) Inhibition of plastoquinol oxidation at the cytochrome b6f complex by dinitrophenyl ether of iodonitrothymol (DNP-INT) depends on irradiance and H⁺ uptake by thylakoid membranes. Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Bioenergetics, published online.

Участие в конференциях и в выставках

2019

1. 10th International Conference “Photosynthesis and Hydrogen Energy Research for Sustainability-2019” June 23 – 28, 2019, Saint Petersburg, Russia.
2. IX съезд Общества физиологов растений, Казань, 2019.
3. Международная конференция «Рецепторы и внутриклеточная сигнализация», Пушкино, Россия, 20-24 мая, 2019.
4. Пушкинская школа-конференция молодых ученых «Биология – наука 21 века», Пушкино, Россия, 15-19 апреля 2019.
5. Photosynthesis Gordon Research Conference “From the Biophysics of Natural and Artificial Photosynthesis to Bioenergy Conversation” (July 21 – 26, 2019, Newry, ME, USA)
6. International Congress on “Biophysics of Photosynthesis: from molecules to the field” October 1-3, 2019, Rome, Italy.
7. IX съезд Общества физиологов растений, Казань, 2019.
8. IV. 10th International Conference “Photosynthesis and Hydrogen Energy Research for Sustainability-2019” Saint Petersburg, Russia, June 23 – 28, 2019
9. The 14th International Conference on Reactive Oxygen and Nitrogen Species in Plants, Munich, Germany, July 10-12th, 2019.

2020

1. 24-ая Международная Пушкинская школа-конференция молодых учёных "Биология - наука XXI века". 5-9 октября 2020 г. Пушкино
2. VIII международная научно-практическая конференция «Биотехнология: наука и практика». 22-26 сентября 2020 г. Ялта.

2021

1. IX съезд Российского фотобиологического общества Всероссийская конференция «Современные проблемы фотобиологии», пос. Шепси, 12-19 сентября 2021.
2. Всероссийская научная конференция с Международным участием «Экспериментальная биология растений и биотехнология: История и взгляд в будущее», Москва, 27 сентября – 1 октября 2021.
3. Международная конференция «Рецепторы и внутриклеточная сигнализация», Пушкино 24 – 28 мая 2021.
4. III Международный симпозиум «Молекулярные аспекты редокс-метаболизма растений» (Екатеринбург, 22-28 августа 2021).
5. Зеленая Рождественская сессия 2021 "Фотосинтетические микроорганизмы для устойчивого развития" (онлайн, 16-17 декабря 2021). Green Christmas Session 2021 «Photosynthetic microorganisms for sustainable development» online, 16-17 December 2021.
6. Международные четвериковские чтения. Пушкино, 26-27 апреля 2021.