

Заключение диссертационного совета МГУ.014.5
по диссертации на соискание учёной степени кандидата наук
Решение диссертационного совета от «12» ноября 2025 г. №12

О присуждении **Сушкову Николаю Ивановичу**, гражданину Российской Федерации, учёной степени кандидата химических наук.

Диссертация «**Сочетание лазерно-искровой эмиссионной спектроскопии и спектроскопии комбинационного рассеяния света для установления взаимосвязей элементного и молекулярного состава зоопланктона**» по специальности 1.4.2 Аналитическая химия принята к защите диссертационным советом 17 сентября 2025 г., протокол № 9.

Соискатель 1993 года рождения в 2015 г. окончил химический факультет Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова». В 2020 году соискатель окончил очную аспирантуру того же факультета, а с 03 марта по 03 ноября 2025 г. был прикреплен к кафедре лазерной химии того же факультета для подготовки диссертации на соискание учёной степени кандидата наук.

Соискатель работает в должности ведущего инженера на кафедре лазерной химии химического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова.

Диссертация выполнена в лаборатории лазерной диагностики кафедры лазерной химии химического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова.

Научный руководитель — кандидат химических наук **Лабутин Тимур Александрович**, доцент кафедры лазерной химии химического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова.

Официальные оппоненты:

Пупышев Александр Алексеевич, доктор химических наук, профессор, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Физико-технологический институт, профессор кафедры физико-химических методов анализа;

Зуев Борис Константинович, доктор технических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Ордена Ленина и Ордена Октябрьской Революции Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского Российской академии наук, аналитический отдел, главный научный сотрудник, заведующий лабораторией сенсоров и определения газообразующих примесей;

Кирсанов Дмитрий Олегович, доктор химических наук, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет», Институт химии, профессор кафедры аналитической химии, дали **положительные** отзывы на диссертацию.

Выбор официальных оппонентов обосновывался их высокой компетентностью в области аналитической химии, в том числе спектроскопических методов анализа и хемометрики, а также наличием публикаций по тематике, близкой к тематике рассматриваемой диссертации.

Соискатель имеет **9** опубликованных работ, в том числе по теме диссертации **5** работ, из них **5** статей, опубликованных в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ по специальности **по специальности 1.4.2 Аналитическая химия**.

1. *Nikolai I. Sushkov, Timur A. Labutin*. Laser-induced breakdown spectroscopy of biological tissues: Plasma diagnostics and a comparison of quantification approaches // *Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy*. 2024. V. 211. No. 106834. EDN: ANLGVE. – 1.09 п.л. Вклад автора 70 %. Импакт-фактор **3,4** (JIF).

2. *Н.И. Сушков, Н.Н. Курьян, С.Н. Анучин, С.М. Зайцев*. Совместное применение лазерно-искровой эмиссионной спектроскопии и рентгенофлуоресцентной спектроскопии для элементного анализа водных организмов // *Журнал прикладной спектроскопии*. 2023. Т. 90, № 6. С. 917–925. EDN: PBESON. – 1.04 п.л. Вклад автора 80 %. Импакт-фактор **0,331** (РИНЦ).

3. *Nikolai I. Sushkov, Gábor Galbács, Patrick Janovszky, Nikolay V. Lobus, Timur A. Labutin*. Towards automated classification of zooplankton using combination of laser spectral techniques and advanced chemometrics // *Sensors*. 2022. V. 22(21). P. 8234. EDN: DBBNRD. – 1.85 п.л. Вклад автора 70 %. Импакт-фактор **3,4** (JIF).

4. *Nikolai I. Sushkov, Gábor Galbács, Krisztián Fintor, Nikolay V. Lobus, Timur A. Labutin*. A novel approach for discovering correlations between elemental and molecular composition using laser-based spectroscopic techniques // *Analyst*. 2022. V. 147(14). P. 3248. EDN: XHPKS. – 1.07 п.л. Вклад автора 70 %. Импакт-фактор **3,6** (JIF).

5. *Н.И. Сушков, Н.В. Лобус, И.В. Селиверстова, Т.А. Лабутин*. Химический анализ зоопланктона методом лазерно-искровой эмиссионной спектроскопии без использования образцов сравнения // *Оптика и спектроскопия*. 2020. Т. 128, вып. 9. С. 1231–1237. EDN: OYNRSK. – 0.81 п.л. Вклад автора 70 %. Импакт-фактор **0,270** (РИНЦ).

На диссертацию и автореферат поступило 5 дополнительных отзывов, все положительные.

Диссертационный совет отмечает, что представленная диссертация на соискание учёной степени кандидата химических наук является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований приводятся сведения о практическом использовании новых научных выводов:

Образцы морского зоопланктона были **впервые охарактеризованы** методами ЛИЭС и спектроскопии комбинационного рассеяния света.

Показана возможность прямого полуколичественного **определения** ряда элементов в зоопланктоне методом ЛИЭС, в том числе без образцов сравнения.

Предложена новая метрика для оценки качества результатов анализа — множитель правильности.

Показана эффективность математических алгоритмов обработки многомерных данных для биологически осмысленной кластеризации образцов зоопланктона на основе спектров лазерно-индуцированной плазмы и комбинационного рассеяния.

Предложены способы выявления корреляций между элементным и молекулярным составом анализируемых образцов на основе их спектров лазерно-индуцированной плазмы и комбинационного рассеяния. Результаты исследования в части разработки способов определения элементного состава биологических тканей без образцов сравнения могут быть применены для полуколичественного анализа зоопланктона на борту научно-исследовательских судов.

Диссертация представляет собой самостоятельное законченное исследование, обладающее внутренним единством. Положения, выносимые на защиту, содержат новые научные результаты и свидетельствуют о личном вкладе автора в науку:

1. Учёт результатов моделирования спектров плазменного источника в состоянии локального термодинамического равновесия при выборе экспериментальных условий (испарение ультрафиолетовым лазерным пучком с энергией импульса 19–25 мДж, усреднение спектров не менее чем от 5 точек на поверхности образца с накоплением сигнала от 5–11 импульсов) позволяет найти аналитические линии, свободные от самопоглощения и спектральных помех, для определения Li, B, Na, Mg, P, K, Ca и Sr в образцах животных и растительных тканей методом ЛИЭС как с использованием метода внешних стандартов, так и без образцов сравнения при наблюдении плазмы с оптимальными временными параметрами.

2. ЛИЭС без образцов сравнения позволяет проводить полуколичественное (относительная погрешность 30–80 %) определение соотношений элементов в зоопланктоне при учёте вариаций температуры и электронной плотности в различных зонах лазерно-индуцированной плазмы.

3. Предложенная для интегральной оценки величины систематической погрешности метрика – множитель правильности, – показывающая степень отклонения совокупности экспериментальных результатов от истинных значений, делает более удобным сравнение между собой результатов анализа различных образцов и групп образцов.

4. Применение метода главных компонент и неотрицательного матричного разложения к данным ЛИЭС и спектроскопии комбинационного рассеяния света позволяет выделить особенности химического состава изученных образцов зоопланктона.

5. Анализ общих компонент и удельных весов, метод главных компонент и неотрицательное матричное разложение позволяют выявить корреляции между особенностями элементного (прежде всего Li) и молекулярного состава зоопланктона по спектрам лазерно-индуцированной плазмы и комбинационного рассеяния, при этом выявленные зависимости сохраняются и при исключении собственно линий лития из рассматриваемого набора спектральных данных.

На заседании **12 ноября 2025 года** диссертационный совет принял решение присудить **Сушкову Н.И.** учёную степень кандидата химических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 16 докторов наук по специальности 1.4.2. Аналитическая химия, участвовавших в заседании, из 21 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за - 17, против - 0, недействительных бюллетеней - 0.

Председатель диссертационного совета
академик РАН

Золотов Ю.А.

Учёный секретарь
диссертационного совета
к.х.н.

Ананьева И.А.

13.11.2025г.