

ОТЗЫВ официального оппонента

на диссертацию на соискание ученой степени кандидата химических наук

Сушкова Николая Ивановича

на тему: «Сочетание лазерно-искровой эмиссионной спектрометрии и спектроскопии комбинационного рассеяния света для установления взаимосвязей элементного и молекулярного состава зоопланктона»

по специальности 1.4.2. Аналитическая химия

Диссертационная работа Сушкова Н.И. посвящена разработке новых подходов к химическому анализу тканей морских гидробионтов. **Актуальность** этих исследований определяется наличием целого комплекса задач в области современных биогеохимических исследований морей и океанов, где необходим быстрый и точный химический анализ на борту научно-исследовательского судна или подводного аппарата. Не смотря на высокий уровень современного развития физико-химических методов анализа, большинство подходов ограничены применимостью только в специализированных лабораторных условиях. Николай Иванович предлагает в качестве альтернативы таким методам использование комбинации лазерно-искровой эмиссионной спектрометрии и спектроскопии комбинационного рассеяния, которые в перспективе могут обеспечить решение определенного круга задач биологии морей. С этой точки зрения предлагаемое исследование, безусловно, актуально.

Положения, выносимые диссертантом на защиту, представляются полностью обоснованными, подтверждаются приведенными результатами экспериментальных исследований и расчетами. Диссертационное исследование проведено на высоком методическом уровне с использованием современных аналитических методов и адекватных подходов к обеспечению достоверности.

Научная новизна диссертационной работы заключается, на мой взгляд, в следующем:

-- продемонстрирована эффективность совместного хеометрического анализа данных ЛИЭС и спектроскопии комбинационного рассеяния света для

установления связей между элементным и молекулярным составом зоопланктона;

-- показано, что установленные корреляционные зависимости между различными сигналами стабильно повторяются независимо от выбранного алгоритма, что свидетельствует о потенциальной широкой применимости данного подхода и возможности его адаптации к иным видам биообъектов;

-- установлены химические соединения, связанные с особенностями накопления лития в морских организмах;

-- предложены способы прямого полуколичественного определения щелочных, щелочно-земельных металлов, а также бора и фосфора методом ЛИЭС.

В качестве **практической значимости** хочется отметить вклад автора в понимание механизма аккумуляции отдельных элементов животными организмами, и в понимание взаимосвязи элементного и молекулярного состава биологических тканей. Предложенное сочетание методов спектроскопии КРС и ЛИЭС представляется весьма удобным и многообещающим подходом для изучения сложных биохимических процессов.

Материалы исследования прошли **широкую апробацию** на различных конференциях (более 10 различных российских и международных научных мероприятий) и в полном объеме представлены в рецензируемой научной периодике: по материалам диссертационной работы опубликовано пять статей в журналах, индексируемых реферативными базами Web of Science, Scopus, RSCI.

Содержание автореферата соответствует содержанию диссертации, которая имеет классическую структуру, и состоит из трех глав, заключения и выводов. В первой главе приведен обзор литературных источников по теме диссертации, подробно описаны методы ЛИЭС и КРС. Вторая глава посвящена методологическим аспектам исследования и описывает проведенные в работе эксперименты, приборное оформление физико-химических исследований. В третьей главе подробно изложены полученные результаты, приведены

графики, таблицы и диаграммы, используемые для интерпретации полученных данных.

Материалы диссертации изложены хорошим и грамотным языком с богатым иллюстративным материалом (работа содержит 38 рисунков, 18 таблиц, и четыре приложения).

Объем проведенных экспериментальных исследований весьма внушителен, а полученные результаты в целом крайне интересны. Результаты работы можно порекомендовать для дальнейшего использования в научных исследованиях в области химического анализа биологических образцов в следующих организациях: Институте химии СПбГУ, Химическом факультете МГУ, Институте аналитического приборостроения РАН, Казанском (Приволжском) Федеральном Университете, Университете ИТМО.

После ознакомления с диссертацией у меня возник ряд вопросов и замечаний:

1) Автором предложена «интегральная метрика для оценки погрешности анализа — множитель правильности. Она показывает степень отклонения измеренных значений от опорных; при этом 10 % результатов с наибольшими отличиями считаются выбросами, что позволяет избегать чрезмерного влияния краёв распределения...». Мне осталась непонятна эта новация, необходимость ее введения и принципиальное отличие этой метрики от, например, средней относительной ошибки. Автор заявляет, что предложенная метрика «делает более удобным сравнение между собой результатов анализа различных образцов и групп образцов» - мне осталось непонятным, в чем заключается это удобство.

2) Для выявления корреляций между элементарным и молекулярным составом анализируемых образцов на основе данных ЛИЭС и КР диссертант применяет неотрицательное матричное разложение, анализ общих компонент и анализ независимых компонент. Использование такого широкого инструментария заслуживает всяческих похвал, но вместе с тем возникает вопрос - нельзя ли было получить те же самые/схожие результаты,

воспользовавшись более традиционными методами, например, каноническим корреляционным анализом? Чем обоснована необходимость применения такого широкого разнообразия методов обработки многомерных данных, если результатом этой обработки всегда является установление корреляций?

3) При чтении третьей главы мне не хватило биологической интерпретации обнаруженных корреляций. Установлено, что содержание лития связано с аминокислотами и пигментами – что из этого следует? Можно как-то это объяснить, связать с биологическими процессами?

4) Мне видится некоторое противоречие между декларациями во введении к работе о необходимости создания аналитических методов, которые могут использоваться непосредственно на борту научно-исследовательского судна, или подводного аппарата и, собственно, используемыми в работе ЛИЭС и КРС – на мой взгляд, они не вполне пригодны для обозначенных условий эксплуатации. Достаточно ознакомиться с материалами второй главы диссертации, чтобы в этом убедиться. Пока это, скорее, уникальная лабораторная установка, нежели инструмент для использования в экспедициях.

Все эти замечания и комментарии носят дискуссионный и уточняющий характер и не меняют общего положительного впечатления о представленном диссертационном исследовании.

Работа соответствует специальности 1.4.2. Аналитическая химия, а именно следующим ее направлениям: 2. Методы химического анализа (химические, физико-химические, атомная и молекулярная спектроскопия, хроматография, рентгеновская спектроскопия, масс-спектрометрия, ядерно-физические методы и др); 5. Математическое обеспечение химического анализа; 12. Анализ объектов окружающей среды.

Диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В.Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует специальности 1.4.2. Аналитическая химия (по химическим наукам), а также критериям, определенным пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении ученых степеней в

Московском государственном университете имени М.В.Ломоносова. Диссертационное исследование оформлено согласно требованиям Положения о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова.

Таким образом, соискатель Сушков Николай Иванович заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.2. Аналитическая химия.

Официальный оппонент:

доктор химических наук,

профессор кафедры аналитической химии

Института химии ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет»

Кирсанов Дмитрий Олегович



- 08.10.2025

Дата подписания

Контактные данные:

тел

Специальность, по которой официальным оппонентом защищена диссертация:

02.00.02 – Аналитическая химия

Адрес места работы:

198504, Санкт-Петербург, Петергоф, Университетский проспект, дом 26.

Институт химии ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет»