

Белорусский государственный университет

УДК 533.9.082.5; 543.423; 621.373.826

ПАТАПОВИЧ Мария Петровна

**АТОМНО-ЭМИССИОННЫЙ СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ
РАЗВИТИЯ НАРУШЕНИЙ ОБМЕНА МАКРО- И МИКРОЭЛЕМЕНТОВ
В ОРГАНИЗМЕ ЧЕЛОВЕКА**

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук
по специальности 01.04.05 — оптика

Минск, 2014

Работа выполнена в Белорусском государственном университете.

Научный руководитель —

Зажогин Анатолий Павлович

доктор физико-математических наук,
профессор, профессор кафедры лазерной
физики и спектроскопии
Белорусского государственного университета.

Официальные оппоненты:

Гапоненко Сергей Васильевич

доктор физико-математических наук,
профессор, член-корреспондент НАН
Беларуси, заведующий лабораторией
нанооптики ГНУ «Институт физики им. Б.И.
Степанова НАН Беларуси»;

Мечковский Станислав Антонович

доктор химических наук, профессор,
профессор кафедры аналитической химии
Белорусского государственного университета.

Оппонирующая организация —

**Белорусский национальный технический
университет.**

Защита состоится 12 декабря 2014 г. в 14.00 на заседании совета по защите диссертаций Д 02.01.17 при Белорусском государственном университете по адресу: 220030 Республика Беларусь, г. Минск, ул. Ленинградская, 8, корпус юридического факультета, ауд. 407, e-mail: gulis@bsu.by; телефон ученого секретаря 209-57-09.

С диссертацией можно ознакомиться в Фундаментальной библиотеке Белорусского государственного университета.

Автореферат разослан «10 » ноября 2014 г.

Ученый секретарь

совета по защите диссертаций

доктор физико-математических наук профессор

И.М. Гулис

КРАТКОЕ ВВЕДЕНИЕ

Самые распространенные заболевания – ишемическая болезнь сердца, гипертоническая болезнь, болезни пищеварительных органов, опухоли, заболевания центральной нервной системы – принято считать болезнями стресса, число которых может достигать 90 % патологии современного человека.

Надежно установлено и научно обосновано, что любая патология обусловлена заметным изменением содержания жизненно необходимых (эссенциальных) элементов (ЖНЭ) в биологических субстратах человека. При патологии возникает весьма значительный дисбаланс в распределении физиологически значимых макро- и микроэлементов. В этой связи особое значение приобретает разработка методов не только сиюминутной, но особенно ретроспективной оценки накопления и распределения химических элементов в организме человека. Это в значительной степени может помочь диагностике болезней и выработке эффективных мер их профилактики и лечения.

Решение этого вопроса поможет диагностике болезней, возникающих при различных видах стресса, приводящих к нарушению элементного обмена и проявившихся в виде заболевания в значительно более поздние сроки.

Атомно-эмиссионная многоканальная спектроскопия, как высокочувствительный аналитический метод, находит применение в различных областях исследований, в том числе и в медицине, поскольку позволяет быстро и одновременно определять элементы в широком диапазоне объектов.

Особыми достоинствами обладает лазерная атомно-эмиссионная многоканальная спектрометрия (ЛАЭМС), которая включает и локальность повреждения поверхности, и использование минимальных количеств анализируемого материала, и слабую зависимость процесса абляции от физико-химических свойств образца, и существенное увеличение аналитического сигнала при использовании сдвоенных лазерных импульсов, и, наконец, возможность одновременного определения большого числа элементов. Все сказанное позволит значительно расширить пределы применения ЛАЭМС в медицинской практике, как для оценки общего содержания, так и локального пространственного распределения жизненно необходимых элементов в биологических субстратах (БС).

Актуальность диссертационной работы обусловлена необходимостью разработки новых методик не только общей, но и ретроспективной количественной оценки накопления и обмена жизненно необходимых химических элементов в организме человека. Полученные результаты могут стать неотъемлемой частью медицинской диагностики, подходом к прогнозу и коррекции хронических и стрессовых заболеваний человека.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Связь работы с крупными научными программами и темами

Диссертационная работа выполнялась в соответствии с заданиями, входящими в следующие программы и проекты:

ГПНИ «Кристаллические и молекулярные структуры»; тема 727/03 «Разработка атомно-эмиссионных спектроскопических методов экспресс-анализа природных и технологических материалов на основе спектрометров с позиционно-чувствительными фотоприемниками»; 01.01.06-31.12.10 гг.; номер гос. регистрации №20063173.

ГПНИ «Электроника и фотоника»; тема 508/03 «Разработка лазерных атомно-эмиссионных спектроскопических методов экспресс-анализа биологических материалов на основе многоканальных спектрометров» 01.01.11-31.12.13 гг.; номер гос. регистрации №20114355.

ГПНИ «Конвергенция» 3.3.02.2. Тема 529/03. «Разработка лазерных атомно-эмиссионных спектроскопических методов экспресс-анализа макро- и микроэлементов в различных биологических материалах у пациентов с ишемией головного мозга». 01.01.11-31.12.15 гг.; номер гос. регистрации №20114362.

Цель и задачи исследования

Целью настоящей работы является разработка новых методик количественной и полуколичественной оценки общего содержания и локального распределения ЖНЭ Ca, Mg, Na, K, Fe, Cu, Zn и Al в биосубстратах человека с использованием методов атомно-эмиссионной многоканальной спектрометрии. Предполагалось сделать анализ БС человека более экономичным и экспрессным, расширить область практического применения методов в медицинской диагностике и повысить эффективность лечения.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие основные задачи:

1. Изучить влияние формы пробы и метода введения ее в дуговой разряд, тока дуги и параметров регистрации спектров многоэлементными приемниками на чувствительность и возможность одновременного определения основных ЖНЭ в образцах БС методом атомно-эмиссионной многоканальной спектрометрии при возбуждении спектров электрической дугой переменного тока.

2. Исследовать влияние параметров возбуждающих лазерных импульсов и регистрации спектров многоэлементными приемниками на чувствительность определения основных ЖНЭ в образцах БС и водных

растворов солей методом лазерной атомно-эмиссионной многоканальной спектрометрии при возбуждении спектров сдвоенными лазерными импульсами.

3. Для повышения чувствительности и точности проведения количественного анализа методом ЛАЭМС со сдвоенными лазерными импульсами разработать способы управления размером высушенных на пористой подложке капель БС и водных растворов солей основных ЖНЭ.

4. Разработать стандартные образцы и методики ретроспективной оценки и количественного определения общего содержания ЖНЭ в твердых и жидких образцах БС.

Объектами исследования выбраны такие БС человека, как волосы и кровь, поскольку они являются наилучшими индикаторами изменений содержания химических элементов в организме, сопровождающих обменные процессы и нейрофизиологические функции человека.

Предмет исследования: процессы, влияющие на интенсивность спектральных линий ЖНЭ и чувствительность анализа при возбуждении спектров образцов БС электрической дугой переменного тока и сдвоенными лазерными импульсами; использование АЭМС для полуколичественной и количественной оценки общего и ретроспективного распределения ЖНЭ в БС. Выбор АЭМС обусловлен рядом преимуществ этого метода по сравнению со стандартными лабораторными анализами, которые недостаточно показательны на начальных стадиях развития болезни.

Положения, выносимые на защиту

1. Воздействие сдвоенных лазерных импульсов, сдвинутых относительно друг друга во времени на 6-9 мкс, на высушенную на поверхности пористого тела каплю биологической жидкости обеспечивает практически десятикратное увеличение интенсивности спектральных линий элементов по сравнению с интервалами 0-2 мкс и позволяет одновременно определять локальные пикограммовые количества жизненно необходимых элементов (Ca, Mg, Na, K, Fe, Cu, Zn и Al) при регистрации спектров в атмосфере воздуха.

2. Разработанные методики повышения чувствительности спектрального анализа позволяют проводить одновременное количественное определение микрограммовых концентраций основных жизненно необходимых элементов в образцах биологических субстратов и ретроспективную оценку метаболизма элементов в организме по дифференциальному анализу образцов волос методом атомно-эмиссионной многоканальной спектрометрии с возбуждением спектров дугой переменного тока.

3. Использование методов осадочной хроматографии для управления размерами высушенных на пористой подложке капель биологических

жидкостей позволяет повысить чувствительность анализа и разработать методики и стандартные образцы для оценки локального и общего содержания жизненно необходимых элементов в высушенных каплях биологических жидкостей методом лазерной атомно-эмиссионной многоканальной спектromетрии со сдвоенными лазерными импульсами.

4. Разработанные методики полуколичественного и количественного определения общего содержания и локального пространственного распределения жизненно необходимых элементов в образцах цельных волос методом двухимпульсной лазерной атомно-эмиссионной спектromетрии позволяют проводить ретроспективную оценку метаболизма жизненно необходимых элементов в организме человека по анализу волос и могут служить основой для разработки новых диагностических методов.

Личный вклад соискателя

Содержание диссертационной работы отражает личный вклад соискателя в проведение экспериментальных и теоретических исследований, анализ и интерпретацию полученных результатов. Основные результаты, приведенные в диссертационной работе, получены автором самостоятельно.

Научным руководителем А.П. Зажоговым была сформулирована тема диссертационной работы, осуществлена постановка задач, обоснован выбор объектов изучения, оказана помощь при анализе и интерпретации полученных результатов.

Доктором медицинских наук, профессором, зав. отделом РНПЦ неврологии и нейрохирургии Н.И. Нечипуренко, доктором медицинских наук, профессором, замдиректора по научной работе РНПЦ психического здоровья Т.В. Докукиной — ведущими специалистами РБ в области заболеваний центральной нервной системы, обозначены и сформулированы нерешаемые традиционными методами проблемы диагностики заболеваний центральной нервной системы и аутизма.

Соавторы основных работ: к.х.н., с.н.с. Ж.И. Булойчик оказывала помощь в освоении методов приготовления модельных растворов биологических образцов, содержащих соли различных металлов; к.б.н., с.н.с. РНПЦ неврологии и нейрохирургии И.Д. Пашковская осуществляла подготовку образцов БЖ пациентов с заболеваниями ЦНС. Ряд работ опубликован совместно с аспирантом Чинь Нгок Хоангом (объекты исследований – жидкие биосубстраты человека и метод клиновидной дегидратации), студентками Фам Уиен Тхи, Лэ Тхи Ким Ань.

Апробация результатов диссертации

Результаты диссертационной работы были представлены на следующих научных конференциях: VII, IX Международных научных конференциях «Лазерная физика и оптические технологии» (Гродно, 2008, 2012); II и IV Конгрессах физиков Беларуси (Минск, 2008, 2013); VII и VIII Международных научно-технических конференциях «Квантовая электроника» (Минск, 2008, 2010); IV Международной научно-практической конференции «Проблемы инженерно-педагогического образования в Республике Беларусь» (Минск, 2009); VI Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы экологии» (Гродно, 2010); VII Международной научно-технической конференции «МЕДЭЛЕКТРОНИКА-2012» (Минск, 2012); XXI Республиканской научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов «Физике конденсированного состояния» (Гродно, 2013); II Международной научно–практической конференции, посвященной 110-летию со дня рождения академика А.Н. Севченко «Прикладные проблемы оптики, информатики, радиофизики и физики конденсированного состояния» (Минск, 2013); Международной научной конференции, «Фундаментальные науки — медицине» (Минск, 2013).

Опубликованность результатов диссертации

Результаты диссертационной работы опубликованы в 39 работах, в числе которых 12 статей в научных журналах в соответствии с пунктом 18 Положения о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий в Республике Беларусь (общим объемом 5,17 авторского листа), 24 статьи в сборниках научных трудов и материалов конференций, 3 тезисов докладов.

Структура и объем диссертации

Диссертация состоит из перечня условных обозначений, введения, общей характеристики работы, пяти глав, заключения, библиографического списка. Полный объем диссертации составляет 136 страниц; работа содержит 41 рисунок на 18 страницах; 31 таблицу на 11 страницах. Библиографический список на 18 страницах состоит из 181 наименования, включая собственные публикации автора.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ

В главе 1 дан краткий обзор состава различных биологических субстратов и физико-химических методов их анализа. Охарактеризована роль

основных ЖНЭ в жизнеспособности организма человека. Показано, что нарушение баланса макро-микроэлементов является причиной и стартовым механизмом возникновения многих заболеваний.

Из анализа литературных данных следует, что большинство физико-химических методов и методик разработано для определения интегрального или общего содержания ЖНЭ в биосубстратах, что не дает возможности провести реальную оценку развития дисбаланса химических элементов. Так, согласно приведенных в главе литературных данных, нижняя и верхняя граница содержания ЖНЭ в одинаковых субстратах различных людей может различаться на порядок и даже больше. В связи с чем, не отработаны многие методические вопросы донозологической (предболезненной) диагностики изменений в организме человека, способных повлечь за собой развитие патологических процессов, не разработаны гигиенические нормативы содержания химических элементов в биосредах человека, что не позволяет проводить корректную оценку риска здоровью.

Отсюда очевидна роль правильного выбора субстратов и аналитических методов, способных не только надежно фиксировать уровень концентрации этих элементов в норме и патологии, но и следить за динамикой их взаимодействия в организме, то есть проводить ретроспективный анализ метаболизма элементов за длительный промежуток времени. В качестве объектов исследования выбраны волосы и кровь человека.

Проанализировав имеющиеся аналитические физико-химические методы, авторы при проведении собственных исследований по разработке методик ретроспективной оценки метаболизма остановились на методах атомно-эмиссионной многоканальной спектromетрии при возбуждении спектров электрической дугой переменного тока и сдвоенными лазерными импульсами.

Решение этого вопроса поможет диагностике различных видов патологии, вызванных нарушением элементного обмена и проявившихся в виде заболевания в значительно более поздние сроки.

В главе 2 приведено описание экспериментальной установки ЭМАС 200М с возбуждением спектров электрической дугой переменного тока и лазерного двухимпульсного атомно-эмиссионного многоканального спектрометра LSS-1. Возможность программно изменять параметры регистрации спектров позволяет находить оптимальные условия для определения концентрации элементов в каждом конкретном случае.

Подробно описана экспериментальная установка на базе лазерного спектрометра LSS-1, которая позволяет использовать для абляции вещества и возбуждения спектров как одиночные (ОЛИ), так и сдвоенные (СЛИ) лазерные

импульсы, сдвинутые во времени друг относительно друга, что существенно расширяет аналитические возможности прибора.

Проведен краткий обзор методик подготовки биосубстратов для анализа. Обоснован подбор модельных сред, максимально приближенных к реальным объектам исследований.

Рассмотрены вопросы взаимодействия лазерного излучения с поверхностью твердых тел. Оценена зависимость процессов формирования приповерхностной лазерной плазмы и ее последующей эволюции от параметров лазерных импульсов. Кратко рассмотрены оптические характеристики и вопросы взаимодействия лазерного излучения с прозрачными твердыми полимерами из БЖ. Детально рассмотрены методические основы лазерного атомно-эмиссионного анализа. Изучена зависимость интенсивности линий в спектрах приповерхностной лазерной плазмы от энергии импульсов, интервала между импульсами, количества последовательных импульсов в серии, физико-химических свойств анализируемых солей, входящих в состав растворов. Для возможности одновременного определения элементов из малой навески пробы подобраны аналитические линии для основных ЖНЭ (Ca, Mg, Al, Cu, Fe, Zn). Определены оптимальные параметры сдвоенных импульсов (интервал 6-9 мкс), обеспечивающих возможность определения локальных пикограммовых содержаний металла.

Глава 3 посвящена разработке методик общей и ретроспективной оценки метаболизма ЖНЭ методом АЭМС с возбуждением спектров электрической дугой переменного тока.

Детально рассмотрены методические основы атомно-эмиссионного анализа при возбуждении спектров электрической дугой переменного тока.

Для возможности одновременного определения элементов из малой навески пробы подобраны аналитические линии для основных ЖНЭ (Ca, Mg, Al, Cu, Fe, Zn и Be), лежащие в диапазоне 300-335 нм.

Для получения высокой чувствительности анализа и воспроизводимости результатов исследованы скорости поступления анализируемых элементов в разряд при различных токах дуги, определены разовые экспозиции и число повторений спектра, оценены и изготовлены электроды подходящей формы и размера. В результате оптимизации достигнута реальная чувствительность порядка $1 \cdot 10^{-5}$ % для большинства ЖНЭ.

Описана методика приготовления стандартных растворов солей, содержащих от 0,10 до 0,0001 % каждого элемента для выполнения количественного атомно-эмиссионного анализа.

Оптимизирована методика «мокрого озоления» твердых биосубстратов (волос) смесью концентрированной азотной кислоты и 30 % перекиси водорода.

Построены градуировочные графики для количественного определения Ca, Mg, Al, Cu, Fe, Zn и Be и определены концентрации макро- и микроэлементов в волосах пациентов с острым ишемическим инсультом, детей с аутизмом. Показано, что существенный недостаток кальция, меди и цинка явно свидетельствует о дисбалансе элементов в организме и наличии патологии.

Важность практического использования разработанной методики для ретроспективного анализа метаболизма элементов показана на примере количественного определения ЖНЭ в волосах пациентки, что позволило остановить развитие гиперкальциемии и существенно улучшить состояние ее здоровья. Хронология изменения концентрации элементов в волосах в течение примерно года (прирост длины примерно 1 см в месяц) приведена на рисунке 1.

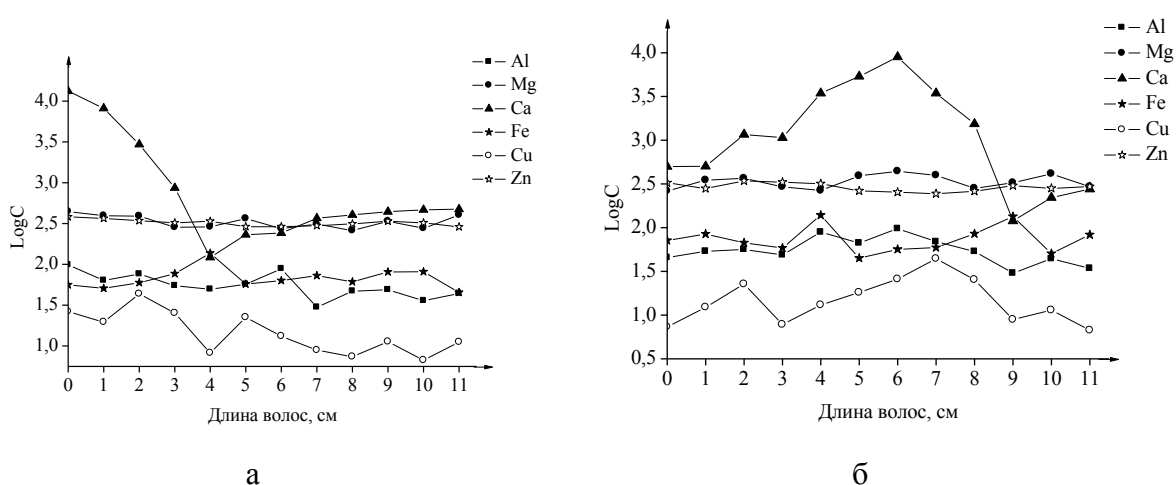


Рисунок 1 – Изменение концентрации элементов по длине волос

При обращении пациентки в поликлинику был определен пониженный уровень кальция (длина волос 4 см, рисунок 1а) и гемоглобина и назначены кальций- и железосодержащие препараты. Самочувствие ее не улучшилось, а со временем даже ухудшилось. Как видно из рисунка 1а, у нее практически развивалась гиперкальциемия. По нашей рекомендации она прекратила прием кальцийсодержащих препаратов. Постепенно уровень кальция пришел в норму (рисунок 1б), самочувствие пациентки заметно улучшилось и стабилизировалось.

Разработана также методика количественного определения общего содержания ЖНЭ элементов в образцах цельной крови человека с использованием градуировочных графиков, построенных с помощью стандартных эталонов изготовленных на основе физиологического раствора.

В главе 4 методом двухимпульсной ЛАЭМС исследовано пространственное распределение основных эссенциальных элементов по диаметру высушенной на пористой поверхности капли растворов солей, БЖ и минерализованных волос. Целью исследований являлось уменьшение размеров

высохшей капли и улучшение равномерности распределения катионов по ее поверхности, что приближает разработку стандартных образцов, наиболее адекватных реальным образцам БЖ человека, и может способствовать проведению полуколичественной и количественной оценки локального пространственного распределения макроэлементов в высохшей капле.

Подобраны параметры и режимы воздействия СЛИ на поверхность образцов. Изучено влияние концентрации анализируемых элементов, температуры, сорастворителей на размер высохшей капли БЖ. Получены позитивные результаты при использовании метода осадочной бумажной хроматографии, позволившего значительно уменьшить размер капли и тем самым повысить чувствительность метода.

Изучены в качестве осадителей гидроокиси и фосфаты калия и натрия, опробованы различные вариации порядка нанесения осадителя, смеси анализируемых солей, альбумина (компонент состава БЖ) на пористую поверхность беззольного бумажного фильтра (черная лента) при проведении анализа. Найдена корреляционная зависимость между диаметром капли, типом фосфата калия, порядком нанесения растворов на фильтр и растворимостью образующихся фосфатов кальция.

Проведено сравнение зон распределения ЖНЭ в высохших на пористой поверхности каплях модельных образцов и крови без осадителей и при использовании ортофосфата калия в качестве осадителя. Найдено, что использование осадителя резко уменьшает размер зоны распределения кальция как в образцах реальных БЖ от 16-18 до 6-7 мм, так и в модельных образцах, что чрезвычайно важно для прикладного использования локальной лазерной атомно-эмиссионной спектроскопии при проведении количественного анализа БЖ.

Для разработки методик по определению количественного содержания химических элементов по длине цельных волос (дифференциальная оценка) в качестве модельных систем были опробованы различные виды нитей длиной 5 см. Показано, что при использовании капли ортофосфата калия, нанесенной по середине длины нити, можно создавать такие условия осаждения, при которых размеры зон распределения для различных макроэлементов в высохших каплях будут практически равны; это может быть использовано для разработки методик оценки содержания и метаболизма ЖНЭ в реальных образцах цельных волосах по их длине.

Глава 5 посвящена разработке методик полуколичественного и количественного анализа элементного состава БС. Приведена интегральная и дифференциальная оценка содержания макро- и микроэлементов в БЖ и твердых биосубстратах (волосы).

Разработаны стандартные образцы и построены градуировочные графики для определения общего содержания макро- и микроэлементов с использованием в качестве осадителя K_3PO_4 методом ЛАЭМС.

Методика приготовления образцов следующая. Каплю (10 мкл) водного раствора 10 % ортофосфата калия наносили на поверхность бумажного фильтра диаметром 20 мм, высушивали при температуре $40^{\circ}C$ и относительной влажности воздуха $30 \div 35$ % в течение примерно 5 минут. Затем поверх высушенной соли наносили каплю такого же объема водно-солевого раствора 0,5-0,6 % альбумина. Использованы водно-солевые растворы альбумина с добавлением хлоридов анализируемых металлов с концентрациями 0,001; 0,005; 0,01; и 0,1 % по каждому из элементов Ca, Mg и Al. Анализировали суммарные результаты действия 10 последовательных СЛИ. Энергия лазерного излучения — 58 и 42 мДж (первый и второй импульсы, соответственно), временной интервал между удвоенными импульсами — 8 мкс. Абляция осуществлялась через 0,6 мм. Размер точки порядка 0,10-0,15 мм. По диаметру пробы проводили анализ в 30 точках.

С использованием градуировочных графиков выполнено количественное определение концентрации ЖНЭ в БЖ, в том числе тяжелых металлов вплоть до 10^{-3} % методом лазерной атомно-эмиссионной спектроскопии со удвоенными лазерными импульсами.

Найдено, что для минерализации волос наилучшим осадителем является гидроксид натрия, который нейтрализует раствор и практически вдвое уменьшает размер капли.

На рисунке 2 приведены кривые распределения интенсивности линии кальция для двух образцов минерализованных волос и водного раствора нитратов кальция, алюминия и магния с концентрацией 0,1 % по каждому элементу с использованием гидроокиси натрия в качестве нейтрализующего агента и осадителя.

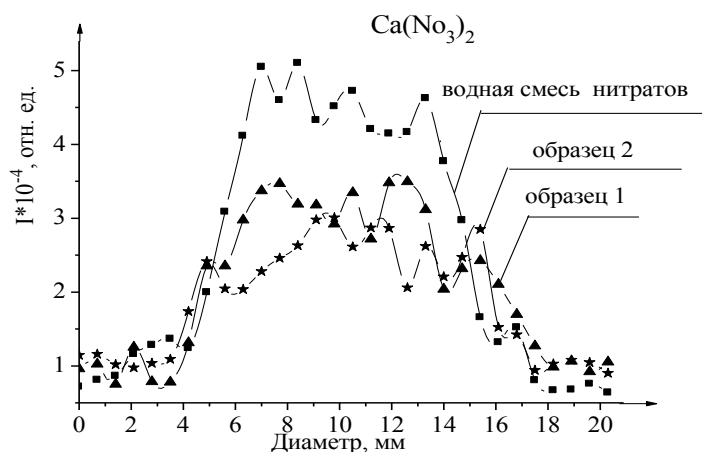


Рисунок 2 — Интенсивность линии Ca II (393,366 нм) по диаметру капли

Как видно, по форме они очень близки, стандарты и условия проведения анализа БЖ адекватны. Основываясь на полученных результатах, строились градуировочные графики для количественного определения общего содержания макроэлементов в пробах минерализованных волос.

Для построения градуировочных графиков и дальнейшего ретроспективного определения концентрации ЖНЭ в реальных объектах, цельных образцах волос человека, были разработаны и приготовлены стандартные образцы. Для приготовления серии стандартных образцов использовались хлопчатобумажные нити № 50 длиной 5,0 см, а в качестве осадителя — ортофосфат калия.

Чтобы максимально приблизиться к количественной оценке определяемых элементов, анализировали суммарные результаты действия 30 последовательных СЛИ в одну точку. Оценен вид пробы под микроскопом и обнаружено, что такое воздействие обеспечивает пробивание образцов насквозь и демонстрирует идентичность их поверхностей.

По разработанной методике проведен ретроспективный анализ изменений содержания ЖНЭ в волосах больных с острым нарушением мозгового кровообращения (ОНМК), прослежена динамика изменения концентрации основных показательных элементов — кальция, магния, железа, что связано с течением болезни и ходом лечения пациентов.

Используя полученные результаты, проведен ретроспективный анализ изменений содержания ЖНЭ у пациента с онкологией ЦНС и прослежена динамика изменения кальция на протяжении нескольких лет до и после лечения.

С использованием разработанной методики нами было проведено количественное определение жизненно необходимых элементов в волосах больного с диагнозом «Интрамедуллярное образование на уровне С2 позвоночника». Данные по кальцию представлены на рисунке 3.

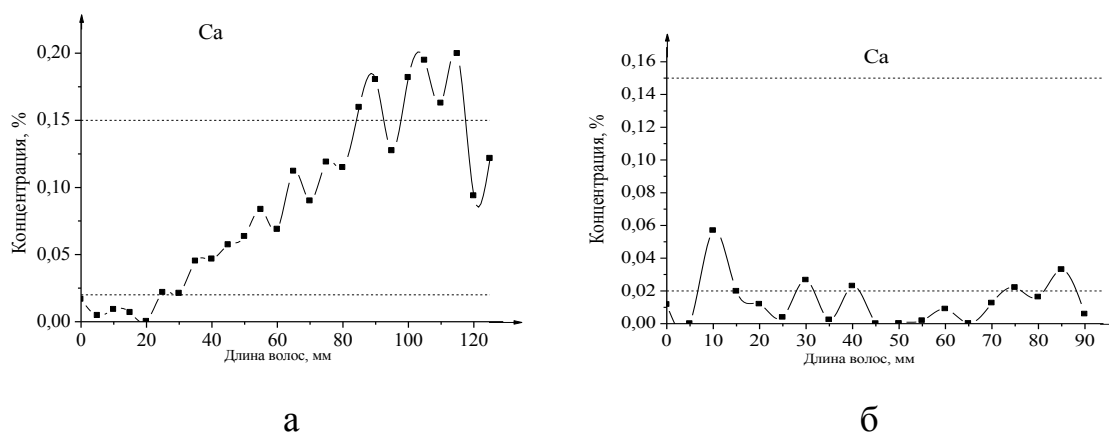


Рисунок 3 — Распределение кальция по длине волос пациента: а - до лечения; б – после лечения

Из приведенных данных на рисунке 3а видно, что концентрация кальция в какой-то момент начинает резко уменьшаться. Это можно объяснить, по-видимому, стрессовой ситуацией, после которой пациент оказался на лечении в стационаре, где ему был проведен курс пульстерапии.

Спустя 3 месяца был проведен анализ, аналогичный предыдущему. Результаты показаны на рисунке 3б.

Из этих данных видно, что уровень кальция продолжает уменьшаться, но с меньшей скоростью. Можно предположить, что лечение дало результаты, но на данный момент концентрация кальция оказалась еще ниже допустимой. Следовательно, все еще необходимо проведение наблюдения за состоянием метаболизма ЖНЭ у больного и его коррекция

Одним из расстройств, возникающих вследствие нарушения развития головного мозга, которое характеризуется выраженным всесторонним дефицитом социального взаимодействия и общения, а также ограниченными интересами и повторяющимися действиями, является аутизм.

Несмотря на обширные исследования, до полного понимания истоков биохимических сбоев еще далеко. Возможно, своевременно проведенная оценка количественных изменений содержания ЖНЭ у матери и ребенка за длительный промежуток времени поможет наметить пути коррекции основных направлений в лечении ребенка. Определение динамики изменения содержания элементов может быть одним из маркеров такого детского заболевания.

Следует подчеркнуть, что в такой ситуации нет необходимости определять точное содержание макроэлементов, более важно следить за динамикой их изменения.

На рисунке 4 в качестве примера представлены интенсивности спектральных линий кальция и магния в последовательных точках образцов волос ребенка и матери.

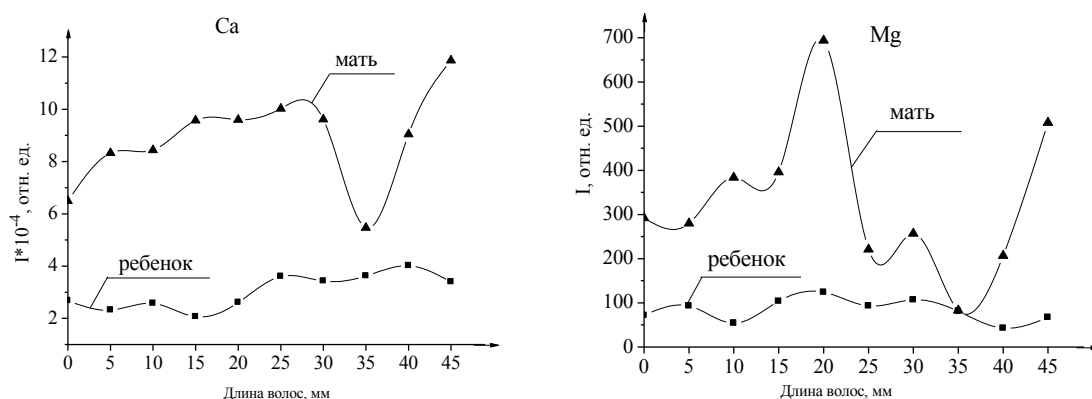


Рисунок 4 — Интенсивность спектральных линий кальция и магния в последовательных точках по длине волос матери и ребенка

При оценке локального распределения ЖНЭ по длине волос в случае резкого изменения концентрации элементов у матери выяснилось наличие стрессового состояния, что может отразиться на развитии ребенка. Поэтому создание и хранение биопсихологического портрета хотя бы потенциально предрасположенных к стрессу матерей может значительно снизить потенциально существующую инвалидность детей.

Таким образом, разработанная нами методика ретроспективной оценки метаболизма элементов по изменению интенсивностей линий, а также определение динамики изменения содержания элементов может быть одним из маркеров не только детских заболеваний, но и патологии любого человека.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты диссертации

1. Установлено, что воздействие сдвоенных лазерных импульсов, сдвинутых относительно друг друга во времени на 6-9 мкс, на высушенную на поверхности пористого тела каплю биологической жидкости обеспечивает практически десятикратное увеличение интенсивности спектральных линий элементов по сравнению с интервалами 0-2 мкс и позволяет одновременно определять локальные пикограммовые количества жизненно необходимых элементов (Ca, Mg, Na, K, Fe, Cu, Zn и Al) при регистрации спектров в атмосфере воздуха [2, 4, 6, 8, 9, 25, 33].

2. Разработаны методики проведения количественного анализа содержания ЖНЭ в различных биологических субстратах методом атомно-эмиссионной многоканальной спектроскопии с возбуждением спектров дугой переменного тока. Методики позволяют одновременно определять микрограммовые концентрации ЖНЭ в минерализованных образцах биосубстратов (волосы) и образцах цельных БЖ (кровь). Ретроспективная оценка метаболизма ЖНЭ в организме по длине волос позволила остановить развитие процесса гиперкальциемии и существенно улучшить здоровье пациентки [1, 17, 18].

3. С целью повышения чувствительности метода ЛАЭМС использована осадочная хроматография, изучено влияние осадителя на размер высушенных на пористой подложке капель БЖ. Установлены зависимости между диаметром капли, типом осадителя, порядком нанесения растворов на фильтр и растворимостью образующихся гидроокисей и фосфатов макроэлементов [3, 5, 7, 12, 13, 14, 16, 19, 21, 37].

4. Установленные закономерности позволили разработать методики и стандартные образцы для оценки локального и общего содержания макроэлементов в высушенных каплях БЖ. Проведена оценка локального

пространственного и общего содержания макроэлементов в высушенных каплях БЖ пациентов методом двухимпульсной лазерной атомно-эмиссионной спектроскопии [10, 11, 22, 23, 24, 31, 32, 33].

5. Разработаны стандартные образцы и методики для оценки локального содержания макроэлементов в образцах цельных волос. Разработанные методики использованы для ретроспективной оценки метаболизма ЖНЭ в организме пациентов и контроля за процессами лечения при диагностическом обследовании пациентов. Анализ изменения локального пространственного содержания макроэлементов по длине волос пациентов до и после операции дает возможность оценивать качество проведенной операции [12, 15, 20, 25, 26, 27, 28, 29, 31, 35, 36].

6. Разработаны методики ретроспективной оценки метаболизма элементов за длительный промежуток времени по изменению интенсивностей линий ЖНЭ в волосах матерей и их детей с диагнозом аутизм. Показано, что определение факта и времени резкого изменения содержания элементов может быть одним из маркеров при диагностике такого детского заболевания и поможет наметить пути коррекции основных направлений при лечении ребенка. Создание и хранение биопсихологического портрета будущих матерей может значительно снизить потенциально существующую инвалидность детей [12, 15, 27, 28, 30, 34, 38, 39].

Рекомендации по практическому использованию результатов

В ходе проведения исследований в рамках диссертационной работы был получен ряд новых научных результатов, которые могут быть рекомендованы для практического использования:

- Показаны дополнительные возможности и преимущества использования двухимпульсной лазерной атомно-эмиссионной спектроскопии в медико-биологических исследованиях. Двухимпульсная лазерная атомно-эмиссионная спектроскопия является предпочтительным методом количественного анализа биологических субстратов и позволяет одновременно определять локальные пикограммовые концентрации макро- и микроэлементов (Ca, Mg, Na, K, Fe, Cu, Zn и Al) при регистрации спектров, в том числе при ретроспективной оценке концентраций макроэлементов.
- Найденные способы управления размером высохшей на пористой подложке капли БЖ и установленные корреляционные зависимости между диаметром капли, типом фосфата калия, порядком нанесения растворов на фильтр и растворимостью образующихся фосфатов предполагается использовать для повышения чувствительности метода ЛАЭМС.
- Разработанные методики ретроспективной оценки метаболизма ЖНЭ в организме по длине волос, которые позволили остановить развитие

процесса гиперкальциемии и существенно улучшить здоровье пациентки, могут быть рекомендованы для более широкого применения.

- Разработанные методики ретроспективной оценки метаболизма элементов по изменению интенсивностей линий ЖНЭ у матерей и их детей с диагнозом аутизм за длительный промежуток времени имеет смысл предложить как один из маркеров такого детского заболевания, что поможет наметить пути коррекции основных направлений в лечении ребенка. Поэтому создание и хранение биопсихологического портрета хотя бы потенциально предрасположенных к стрессу матерей может значительно снизить потенциально существующую инвалидность детей.

- Анализ изменения локального пространственного содержания макроэлементов по длине волос пациентов до и после операции дает возможность оценивать качество проведенной операции и процесс послеоперационного периода реабилитации.

- Разработанные методики использованы для ретроспективной оценки метаболизма ЖНЭ в организме пациентов и ускоряют процесс диагностического обследования пациентов (Акт о внедрении результатов исследования во 2-ом неврологическом отделении ГУ «РНПЦ неврологии и нейрохирургии» от 25.11. 2013 г. Акт о внедрении результатов исследования во 3-ем неврологическом отделении ГУ «РНПЦ неврологии и нейрохирургии» от 25.11. 2013 г.).

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в рецензируемых научных журналах

1. Булойчик, Ж.И. Количественный атомно-эмиссионный спектральный анализ дикорастущих съедобных растений / Ж.И. Булойчик, А.П. Зажогин, М.П. Патапович // Вестн. Бел. Гос. ун-та, Сер. 1. — 2008. — № 2. — С. 21-25.
2. Атомно-эмиссионный многоканальный спектральный анализ: научное и практическое применение / Е.С. Воропай, К.Ф. Ермалицкая, А.П. Зажогин, М.П. Патапович, А.Р. Фадаиян // Вестн. Бел. Гос. ун-та, Сер. 1. — 2009. — № 1. — С. 14-20.
3. Патапович, М.П. Лазерный искровой спектральный анализ водных растворов кальция при воздействии сдвоенных лазерных импульсов на пористые тела/ Патапович, М.П. Булойчик Ж.И. // Вестн. Бел. Гос. ун-та, Сер. 1. — 2009. — № 3. — С. 14-17.
4. Патапович, М.П. Разработка методик экспресс-анализа химического состава растительных объектов методом лазерной искровой спектрометрии со сдвоенными лазерными импульсами / М.П. Патапович // Молодежь в науке — 2009. Прил. к журн. Вести НАН Беларуси. Сер. физ тех. наук, в 5 ч. —2010. — Ч. 5 — С. 182-185.
5. Патапович, М.П. Определение послойного содержания элементов в многолетних растительных объектах (кора ели) методом лазерного многоканального спектрального анализа / М.П. Патапович, П.Н. Белый, Ж.И. Булойчик // Вестн. Бел. Гос. ун-та, Сер. 1. — 2010. — № 3. — С. 33-37.
6. Фадаиян, А.Р. Процессы модификации поверхности алюминиевых сплавов с легкоплавкими микродобавками при лазерной обработке их мощными сдвоенными лазерными импульсами / А.Р. Фадаиян, М.П. Патапович // Вестн. Бел. Гос. ун-та, Сер. 1. — 2010. — № 3. — С. 51-56.
7. Исследование влияния физико-химических свойств солей алюминия, введенных в пористые тела, на интенсивность его линий в спектрах при воздействии сдвоенных лазерных импульсов на пробу / М.П. Патапович, Чинь Нгок Хоанг, Ж.И. Булойчик, А.П. Зажогин // Вестн. Бел. Гос. ун-та, Сер. 1. — 2011. — № 1. — С. 17-21.
8. Влияние физико-химических свойств уранатов аммония на формирование оксидов урана при лазерном воздействии / А.П. Зажогин, Д.С. Умрейко, М.П. Патапович, А.Р. Фадаиян, А.И. Комяк, С.Д. Умрейко // Журн. прикл. спектр. — 2011. — Т. 78, № 3. — С. 383-390.
9. Получение оксидов и определение концентрации урана в соединениях нитратов уранила при воздействии на них сдвоенных лазерных

импульсов / А.П. Зажогин, Д.С. Умрейко, М.П. Патапович, А.Р. Фадаиян, А.И. Комяк, С.Д. Умрейко // Журн. прикл. спектр. — 2011. — Т. 78, № 5 — С. 772-778.

10. Влияние физико-химических свойств фосфатов калия на распределение катионов Са, Mg и Al в высохших каплях альбумина методом локальной лазерной атомно-эмиссионной спектроскопии / Чинь Нгок Хоанг, М.П. Патапович, Фам Уиен Тхи, И.Д. Пашковская, Ж.И. Булойчик, А.П. Зажогин // Вестн. Бел. Гос. ун-та, Сер. 1. — 2012. — № 3. — С. 12-15.

11. Влияние гидроксидов К и Na на пространственное распределение Са, Mg и Al в высохших каплях белка методом лазерной атомно-эмиссионной спектроскопии / Чинь Нгок Хоанг, М.П. Патапович, Фам Уиен Тхи, И.Д. Пашковская, Ж.И. Булойчик, А.П. Зажогин // Вестн. Бел. гос. ун-та, Сер. 1. — 2013. — № 1. — С. 29-33.

12. Разработка методик повышения чувствительности при определении содержания эссенциальных тяжелых металлов в биологических образцах методом лазерной атомно-эмиссионной спектроскопии / М.П. Патапович, Чинь Нгок Хоанг, И.Д. Пашковская, Лэ Тхи Ким Ань, Ж.И. Булойчик // Вестн. Бел. гос. ун-та, Сер. 1. — 2013. — № 2. — С. 19-24.

Статьи в сборниках научных трудов и материалов конференций

13. Зажогин, А.П. Особенности поступления химических элементов в лазерную плазму при абляции продуктов животноводства двойными лазерными импульсами / А.П. Зажогин, М.П. Патапович, Ж.И. Булойчик// VII междунар. науч. конф. «Лазерная физика и оптические технологии»: сборник науч. трудов конф., Минск, 17-19 июня 2008 г.: в 2 т. / НАН Беларуси, инс. физики им. Б.И. Степанова НАН Беларуси, Бел. респуб. фонд фундам. иссл., российский фонд фундам. иссл., бел. физич. о-во; под ред.: Н.С. Казака [и др.]. — Минск, 2008. — Т. 2. — С. 89-92.

14. Зажогин, А.П. Разработка экспресс-методов анализа химического состава растительных объектов методом лазерной атомно-эмиссионной спектроскопии / А.П. Зажогин, М.П. Патапович, Ж.И. Булойчик// VII междунар. науч. конф. «Лазерная физика и оптические технологии»: сборник науч. трудов конф., Минск, 17-19 июня 2008 г.: в 2 т. / НАН Беларуси, инс. физики им. Б.И. Степанова НАН Беларуси, бел. респуб. фонд фундам. иссл., российский фонд фундам. иссл., бел. физич. о-во; под ред.: Н.С. Казака [и др.]. — Минск, 2008. — Т. 2. — С. 93-96.

15. Процессы взаимодействия мощных двойных лазерных импульсов с поверхностью и объемом твердотельных пористых мишеней, содержащих соединения металлов / А.П. Зажогин, М.П. Патапович, А.Р. Фадаиян, Ж.И. Булойчик // II конгресс физиков Беларуси: сборник науч. трудов, Минск, 3-5

ноября 2008 г./ НАН Беларуси, Мин-во образ., институт физики им. Б.И. Степанова, ОО «Белорусское физическое общество», бел. респуб. фонд фундам. иссл.; редкол.: С.Я. Килин [и др.]. — Минск, 2008. — С. 49-50.

16. Разработка методик количественного анализа элементного состава жидких образцов методом лазерной искровой спектрометрии со сдвоенными лазерными импульсами / М.П. Патапович, А.Р. Фадаиян, А.П. Зажогин, Ж.И. Булойчик // Проблемы инженерно-педагогического образования в Республики Беларусь: Материалы III междунар. научно-практ. конф., Минск, 19-21 октября 2008 г./ Мин-во обр., БНТУ; редкол.: Б.М. Хрусталева [и др.]. — Минск, 2009. — С. 343-347.

17. Содержание основных эссенциальных микро- и макроэлементов в волосах детей и их матерей / Т.В. Докукина, М.П. Патапович, И.Г. Третьяк, Н.К. Григорьева, Т.Н. Алыко, А.П. Зажогин, Ж.И. Булойчик // Актуальные проблемы экологии: материалы VI Междунар. науч.-практ. конф., Гродно, 27-29 октября 2010 г./ Мин-во обр., ГрГУ им Я. Купалы; редкол.: И.Б. Заводник [и др.]. — Гродно, 2010. — С.169-171.

18. Содержание основных элементов в крапиве в ареале г. Минска / А.А. Минько, М.П. Патапович, П.Н. Белый, М.В. Кудин, Ж.И. Булойчик, А.П. Зажогин // Актуальные проблемы экологии: материалы VI Междунар. науч.-практ. конф., Гродно, 27-29 октября 2010 г./ Мин-во обр., ГрГУ им Я. Купалы; редкол.: И.Б. Заводник [и др.]. — Гродно, 2010. — С.255-257.

19. Исследование влияния гидроокисей К и Na на распределение катионов Са и Mg в высушенных на бумажных фильтрах каплях белка методом локальной лазерной атомно-эмиссионной спектрометрии / Чинь Нгок Хоанг, М.П. Патапович, Фам Уиен Тхи, И.Д. Пашковская, Ж.И. Булойчик, Н.И. Нечипуренко, А.Л. Танин, А.П. Зажогин // Лазерная физика и оптические технологии : материалы IX междунар. науч. конф., Гродно, 30 мая - 2 июня 2012 г. / НАН Беларуси, Мин-во обр. РБ, Ин-т физ. им. Б.И.Степанова НАН Беларуси, Гродн. гос. ун-т им. Я.Купалы, Бел. респуб. фонд фонд. иссл. Бел. физ. о-во ; редкол.: С.А. Маскевич [и др.]. — Гродно, 2012. — С. 228-231.

20. Разработка методик определения содержания основных эссенциальных элементов в волосах методами лазерной атомно-эмиссионной многоканальной спектрометрии / М.П. Патапович, Чинь Нгок Хоанг, И.Д. Пашковская, Лэ Тхи Ким Ань, Ж.И. Булойчик Н.И. Нечипуренко, Г.Т. Маслова, А.П. Зажогин // «МЕДЭЛЕКТРОНИКА — 2012» Средства медицинской электроники и новые медицинские технологии : сборник науч. ст. VII Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 13-14 декабря 2012 г. / Мин-во обр. РБ, Мин-во здравоохр. РБ, Бел. гос. ун-т инф. и рад., Бел. мед. акад. посл. образ. ; редкол.: В.С. Улащик [и др.]. — Минск, 2012. — С. 184-185.

21. Исследование влияния гидроокисей К и Na на распределение Ca, Mg и Al в высохших на бумажных фильтрах каплях белка методом лазерной атомно-эмиссионной спектроскопии / Чинь Нгок Хоанг, М.П. Патапович, И.Д. Пашковская, А.Л. Танин, Фам Уиен Тхи, Ж.И. Булойчик, Н.И. Нечипуренко, А.П. Зажогин // «МЕДЭЛЕКТРОНИКА — 2012» Средства медицинской электроники и новые медицинские технологии : сборник науч. ст. VII Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 13-14 декабря 2012 г. / Мин-во обр. РБ, Мин-во здравоохр. РБ, Бел. гос. ун-т инф. и рад., Бел. мед. акад. посл. образ. ; редкол.: В.С. Улащик [и др.]. — Минск, 2012. — С. 201-203.

22. Синтез нанокластеров оксидов цинка и меди из растворов ортофосфатных солей при лазерной абляции пористых образцов / М.П. Патапович, Чинь Нгок Хоанг, Лэ Тхи Ким Ань, А.П. Зажогин // Физико-химические аспекты изучения кластеров, наноструктур и наноматериалов : межвуз. сб. науч. тр. / Мин-во обр. и науки РФ, Твер. гос. ун-т ; редкол.: В.М. Самсонов [и др.]. — Тверь, 2012. — Вып. 4. — С. 230-234.

23. Синтез нанокластеров оксидов кальция и алюминия из растворов фосфатных солей при лазерной абляции пористых образцов / Чинь Нгок Хоанг, М.П. Патапович, Фам Уиен Тхи, А.П. Зажогин // Физико-химические аспекты изучения кластеров, наноструктур и наноматериалов : межвуз. сб. науч. тр. / Мин-во обр. и науки РФ, Твер. гос. ун-т ; редкол.: В.М. Самсонов [и др.]. — Тверь, 2012. — Вып. 4. — С. 314-318.

24. Изучение влияния загрязнения окружающей среды на содержание биогенных элементов в лишайниках на примере анализа химического состава *Nuragumnia Physodes* / А.А. Минько, М.П. Патапович, П.Н. Белый, М.В. Кудин // Прикладные проблемы оптики, информатики, радиофизики и физики конденсированного состояния : материалы II Междунар. науч.-прак. конф., посвящ. 110-летию со дня рож. акад. А.Н. Севченко, Минск, 27-28 февраля 2013 г. / Мин-во обр. РБ, Науч.-ис. учр. "ин-т прик. физ. проб. им. А.Н.Севченко" БГУ ; редкол.: В.И. Попечиц [и др.]. — Минск, 2013. — С. 226-227.

25. Разработка методик определения меди в биологических объектах (волосах) методом лазерной атомно-эмиссионной спектроскопии / М.П. Патапович, И.Д. Пашковская, Лэ Тхи Ким Ань, Н.И. Нечипуренко, А.П. Зажогин // Прикладные проблемы оптики, информатики, радиофизики и физики конденсированного состояния : материалы II Междунар. науч.-прак. конф., посвящ. 110-летию со дня рож. акад. А.Н. Севченко, Минск, 27-28 февраля 2013 г. / Мин-во обр. РБ, Науч.-ис. учр. "ин-т прик. физ. проб. им. А.Н.Севченко" БГУ ; редкол.: В.И. Попечиц [и др.]. — Минск, 2013. — С. 234-235.

26. Исследование динамики метаболизма макро- и микроэлементов в организме человека методом лазерной атомно-эмиссионной спектроскопии волос по их длине / М.П. Патапович, И.Д. Пашковская, Лэ Тхи Ким Ань, Н.И.

Нечипуренко, А.П. Зажогин // Прикладные проблемы оптики, информатики, радиофизики и физики конденсированного состояния : материалы II Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 110-летию со дня рож. акад. А.Н. Севченко, Минск, 27-28 февраля 2013 г. / Мин-во обр. РБ, Науч.-ис. учр."ин-т прик. физ. проб. им. А.Н.Севченко" БГУ ; редкол.: В.И. Попечиц [и др.]. — Минск, 2013. — С. 236-237.

27. Патапович, М.П. Дифференциальная оценка количественного содержания химических элементов в волосах человека / М.П. Патапович, Лэ Тхи Ким Ань // Физика конденсированного состояния : материалы XXI междунар. науч.-практ. конф. аспирантов, магистрантов и студентов, Гродно, 18-19 апреля 2013 г. / Гродн. гос. ун-т им. Я. Купалы ; редкол.: Г.А. Хацкевич [и др.]. — Гродно, 2013. — С. 206-208.

28. Патапович, М.П. Разработка методик определения меди и цинка в биологических объектах (волосах) методом лазерной атомно-эмиссионной спектроскопии / М.П. Патапович, Лэ Тхи Ким Ань // Физика конденсированного состояния : материалы XXI междунар. науч.-практ. конф. аспирантов, магистрантов и студентов, Гродно, 18-19 апреля 2013 г. / Гродн. гос. ун-т им. Я. Купалы ; редкол.: Г.А. Хацкевич [и др.]. — Гродно, 2013. — С. 208-210.

29. Исследование динамики метаболизма макроэлементов в организме больных (ОМНК) методом лазерной атомно-эмиссионной спектроскопии волос по их длине / М.П. Патапович, И.Д. Пашковская, Лэ Тхи Ким Ань, Н.И. Нечипуренко, Ж.И. Булойчик, А.П. Зажогин // IV Конгресс физиков Беларуси : сборник науч. труд., Минск, 24-26 апреля 2013 г. / НАН Беларуси, Мин-во обр. РБ, Ин-т физ. им. Б.И. Степанова НАН Беларуси, Бел. гос. ун-т, Бел. физ. о-во, Бел. респуб. фонд фундам. иссл. ; редкол.: С.Я. Килин [и др.]. — Минск, 2013. — С. 363-364.

30. Оценка стресс-реакции матери и ребенка методами лазерной атомно-эмиссионной спектроскопии волос / М.П. Патапович, Т.В. Докукина, С.А. Марчук, А.П. Зажогин // IV Конгресс физиков Беларуси : сборник науч. труд., Минск, 24-26 апреля 2013 г. / НАН Беларуси, Мин-во обр. РБ, Ин-т физ. им. Б.И. Степанова НАН Беларуси, Бел. гос. ун-т, Бел. физ. о-во, Бел. респуб. фонд фундам. иссл. ; редкол.: С.Я. Килин [и др.]. — Минск, 2013. — С. 384-385.

31. Разработка методик повышения чувствительности определения эссенциальных тяжелых металлов в биологических образцах методом лазерной атомно-эмиссионной спектроскопии / М.П. Патапович, Чинь Нгок Хоанг, И.Д. Пашковская, Лэ Тхи Ким Ань, Н.И. Нечипуренко, А.П. Зажогин // IV Конгресс физиков Беларуси : сборник науч. труд., Минск, 24-26 апреля 2013 г. / НАН Беларуси, Мин-во обр. РБ, Ин-т физ. им. Б.И. Степанова НАН Беларуси, Бел. гос. ун-т, Бел. физ. о-во, Бел. респуб. фонд фундам. иссл. ; редкол.: С.Я. Килин [и др.]. — Минск, 2013. — С. 392-393.

32. Изучение влияния сезонности на экологию центра Минска на примере послойного анализа химического состава коры ели методом лазерной искровой спектрометрии / А.А. Минько, М.П. Патапович, П.Н. Белый, М.В. Кудин, А.П. Зажогин // IV Конгресс физиков Беларуси : сборник науч. труд., Минск, 24-26 апреля 2013 г. / НАН Беларуси, Мин-во обр. РБ, Ин-т физ. им. Б.И. Степанова НАН Беларуси, Бел. гос. ун-т, Бел. физ. о-во, Бел. респуб. фонд фундам. иссл. ; редкол.: С.Я. Килин [и др.]. — Минск, 2013. — С. 415-416.

33. Исследование процессов загрязнения поверхности свежих овощей при обработке их соединениями меди методом лазерной атомно-эмиссионной спектрометрии / А.А. Минько, М.П. Патапович, П.Н. Белый, М.В. Кудин, А.П. Зажогин // IV Конгресс физиков Беларуси : сборник науч. труд., Минск, 24-26 апреля 2013 г. / НАН Беларуси, Мин-во обр. РБ, Ин-т физ. им. Б.И. Степанова НАН Беларуси, Бел. гос. ун-т, Бел. физ. о-во, Бел. респуб. фонд фундам. иссл. ; редкол.: С.Я. Килин [и др.]. — Минск, 2013. — С. 417-418.

34. Исследование метаболизма эссенциальных элементов в организме методами лазерной атомно-эмиссионной многоканальной спектрометрии волос / А.П. Зажогин, М.П. Патапович, Т.В. Докукина, С.А. Марчук // Фундаментальные науки — медицине : материалы Междунар. науч. конф., Минск, 17 мая 2013 г.: в 2 ч. / НАН Беларуси, инс. физиологии; редкол.: И.В. Залуцкий [и др.]. — Минск, 2013. — Ч. 1. — С. 275-278.

35. Разработка методик определения содержания тяжелых металлов в волосах методом лазерной атомно-эмиссионной спектрометрии / М.П. Патапович, И. Д. Пашковская, Лэ Тхи Ким Ань, Н.И. Нечипуренко, А.П. Зажогин // Фундаментальные науки — медицине : материалы Междунар. науч. конф., Минск, 17 мая 2013 г.: в 2 ч. / НАН Беларуси, инс. физиологии; редкол.: И.В. Залуцкий [и др.]. — Минск, 2013. — Ч. 2. — С. 119-123.

36. Исследование динамики метаболизма макро- и микроэлементов в организме человека методом лазерной атомно-эмиссионной спектрометрии волос по их длине / М.П. Патапович, И. Д. Пашковская, Лэ Тхи Ким Ань, Н.И. Нечипуренко, А.П. Зажогин // Фундаментальные науки — медицине : материалы Междунар. науч. конф., Минск, 17 мая 2013 г.: в 2 ч. / НАН Беларуси, инс. физиологии; редкол.: И.В. Залуцкий [и др.]. — Минск, 2013. — Ч. 2. — С. 123-125.

Тезисы докладов конференций

37. Зажогин, А.П. Динамика процессов поступления элементов в лазерную плазму при воздействии сдвоенных лазерных импульсов на растительные образцы / А.П. Зажогин, М.П. Патапович, Ж.И. Булойчик // VII Междунар. науч.-тех. конф. "Квантовая электроника": материалы, Минск, 13-16

октября 2008 г./ Мин. обр. РБ, БГУ, НИИ ПФП им. Севченко, бел. респ. фонд фонд. иссл., ИФ им. Степанова; редкол.: И.С. Манак [и др.]. — Минск, 2008. — С. 163.

38. Исследование метаболизма магния, калия и натрия в организме методами лазерной атомно-эмиссионной многоканальной спектromетрии волос / Т.В. Докукина, М.П. Патапович, И.Г. Третьяк, Н.К. Григорьева, Т.Н. Алыко, А.П. Зажогин, Ж.И. Булойчик // VIII Междунар. науч.-тех. конф. "Квантовая электроника": материалы, Минск, 22-25 ноября 2010 г./ Мин. обр. РБ, БГУ, НИИ ПФП им. Севченко, бел. респ. фонд фонд. иссл., ИФ им. Степанова; редкол.: М.М. Кугейко [и др.]. — Минск, 2010. — С. 192.

39. Анализ состояния обмена макроэлементов в организме за определенные промежутки времени методами лазерной атомно-эмиссионной многоканальной спектromетрии волос / Т.В. Докукина, М.П. Патапович, И.Г. Третьяк, Н.К. Григорьева, Т.Н. Алыко, А.П. Зажогин, Ж.И. Булойчик // VIII Междунар. науч.-тех. конф. "Квантовая электроника": материалы, Минск, 22-25 ноября 2010 г./ Мин. обр. РБ, БГУ, НИИ ПФП им. Севченко, бел. респ. фонд фонд. иссл., ИФ им. Степанова; редкол.: М.М. Кугейко [и др.]. — Минск, 2010. — С. 193.

РЭЗЮМЭ

Патаповіч Марыя Пятроўна

Атамна-эмісійны спектраметрычны аналіз развіцця парушэнняў абмену макра-і мікраэлементаў у арганізме чалавека

Ключавыя словы: атамна-эмісійная спектраметрыя, здвоеныя лазерныя імпульсы, электрычная дуга пераменнага току, біялагічныя субстраты, рэтраспектыўны аналіз метабалізму элементаў.

Мэтай работы з'яўляецца распрацоўка новых методак колькаснай і паўколькаснай ацэнкі агульнага ўтрымання і лакальнага размеркавання ЖНЭ Са, Mg, Na, K, Fe, Cu, Zn і Al ў біясубстратах чалавека з выкарыстаннем метадаў атамна-эмісійнай шматканальнай спектраметрыі.

Метады даследавання: эксперыменты праводзіліся з дапамогай лазернага двухімпульсна атамна-эмісійнага спектрометра LSS-1 (вытворчасць сумеснага беларуска-японскага прадпрыемства "LOTIS ТП") і атамна-эмісійнага шматканальнага спектрометра ЭМАС 200м (в-ць ЗАТ «Спектраскапічныя сістэмы» РБ г. Мінск).

Атрыманыя вынікі і іх навізна. Устаноўлена, што ўздзеянне здвоеных лазерных імпульсаў, ссунутых адносна адзін аднаго ў часе на 6-9 мкс, на высушаную на паверхні порыстага цела кроплю БС забяспечвае практычна дзесяціразовае павелічэнне інтэнсіўнасці спектральных ліній элементаў у параўнанні з інтэрваламі 0-2 мкс. З мэтай павышэння адчувальнасці вызначэння ЖНЭ метадам ЛАЭМС вивучаны ўплыў асадзіцеля на памер высушаных на кіпрай падкладцы кропель БС. Устаноўлены залежнасці паміж дыяметрам кроплі, тыпам асадзіцеля, парадкам нанясення раствораў на фільтр і растваральнасцю ўтвараюцца гідравокісу і фасфатаў макра- і мікраэлементаў. Выкарыстанне метадаў асадкавай храматаграфіі дазволілі кіраваць памерам высушаных на кіпрай падкладцы кропель біялагічных вадкасцяў, павысіць адчувальнасць аналізу, распрацаваць метадыкі і стандартныя ўзоры для ацэнкі лакальнага і агульнага ўтрымання ЖНЭ. Распрацаваны метадыкі павышэння адчувальнасці спектральнага аналізу, устаноўлены аптымальныя параметры ўзбуджэння і рэгістрацыі спектраў шматканальнымі спектрометрамі пры ўзбуджэнні спектраў дугой пераменнага току і здвоенымі лазернымі імпульсамі, што дазволіла праводзіць рэтраспектыўную ацэнку метабалізму ЖНЭ ў арганізме чалавека па аналізе валасоў.

Вобласць прымянення вынікаў. Распрацаваныя метадыкі колькаснага вызначэння агульнага ўтрымання і прасторавага размеркавання ЖНЭ ва ўзорах вадкіх і цвёрдых субстратаў могуць служыць асновай для распрацоўкі новых дыягнастычных метадаў у медыцынскай практыцы.

РЕЗЮМЕ

Патапович Мария Петровна

Атомно-эмиссионный спектрометрический анализ развития нарушений обмена макро- и микроэлементов в организме человека

Ключевые слова: атомно-эмиссионная спектрометрия, сдвоенные лазерные импульсы, электрическая дуга переменного тока, биологические субстраты, ретроспективный анализ метаболизма элементов.

Целью работы является разработка новых методик количественной и полуколичественной оценки общего содержания и локального распределения ЖНЭ Ca, Mg, Na, K, Fe, Cu, Zn и Al в биосубстратах человека с использованием методов атомно-эмиссионной многоканальной спектрометрии.

Методы исследования: эксперименты проводились с помощью лазерного двухимпульсного атомно-эмиссионного спектрометра LSS-1 (производство совместного белорусско-японского предприятия "LOTIS ТП") и атомно-эмиссионного многоканального спектрометра ЭМАС 200М (пр-во ЗАО «Спектроскопические системы» РБ г. Минск).

Полученные результаты и их новизна. Установлено, что воздействие сдвоенных лазерных импульсов, сдвинутых относительно друг друга во времени на 6-9 мкс, на высушенную на поверхности пористого тела каплю БС обеспечивает практически десятикратное увеличение интенсивности спектральных линий элементов по сравнению с интервалами 0-2 мкс. С целью повышения чувствительности определения ЖНЭ методом ЛАЭМС изучено влияние осадителя на размер высушенных на пористой подложке капель БС. Установлены зависимости между диаметром капли, типом осадителя, порядком нанесения растворов на фильтр и растворимостью образующихся гидроокисей и фосфатов макро- и микроэлементов. Использование методов осадочной хроматографии позволило управлять размером высушенных на пористой подложке капель биологических жидкостей, повысить чувствительность анализа, разработать методики и стандартные образцы для оценки локального и общего содержания ЖНЭ. Разработаны методики повышения чувствительности спектрального анализа, установлены оптимальные параметры возбуждения и регистрации спектров многоканальными спектрометрами при возбуждении спектров электрической дугой переменного тока и сдвоенными лазерными импульсами, что позволило проводить ретроспективную оценку метаболизма ЖНЭ в организме человека по анализу волос.

Область применения. Разработанные методики количественного определения общего содержания и пространственного распределения ЖНЭ в образцах жидких и твердых субстратов могут служить основой для разработки новых диагностических методов в медицинской практике.

SUMMARY

Patapovich Mariya Petrovna

Atomic-emission spectrometric analysis of the micro-and macroelemental metabolism disorders developing in human organism

Key words: atomic-emission spectrometry, double laser pulses, a. c. electric arc, biological substrates, retrospective analysis of elemental metabolism.

The principal aim of the work is to develop new techniques for quantitative and semiquantitative estimation of the total content and local distribution of such essential elements as Ca, Mg, Na, K, Fe, Cu, Zn, and Al in human biosubstrates with the use of atomic-emission spectrometry.

Methods of study: the experiments were performed using an LSS-1 double-pulse laser atomic-emission spectrometer (manufactured by the Belaruisan-Japanese enterprise "LOTIS TII") and an EMAS 200M Spectrometer by Spectroscopic Systems (Minsk, Belarus).

Obtained results and their novelty. It has been found that in fact the effect of double laser pulses, with a delay for 6-9 μs relative each other, on the biosubstrate drop dried on the surface of a porous body offers ten-fold increase in the elemental spectral line intensities as compared to delays of 0-2 μs . To improve the sensitivity of detecting the essential elements, the effect of a precipitator on a size of the drops dried on a porous surface has been studied by multichannel laser atomic-emission spectrometry. The relationships between the drop diameter, precipitator type, procedures used to apply solutions to the filter and solubility of the formed hydroxides and phosphates of macro- and microelements have been established. The use of precipitation chromatography has made it possible to control a size of the drops of biological fluids dried on the porous surface; to improve the analytical sensitivity; to develop the analytical techniques and standard samples for estimation of the local and total content of the essential elements. Special techniques to improve sensitivity of spectral analysis have been proposed; optimum parameters of spectral excitation and recording by multichannel spectrometers with the use of the a. c. electric arc and double laser pulses for excitation have been selected enabling one to obtain retrospective estimates of the elemental metabolism in human hair.

Application field. The developed techniques and methods for quantitative estimation of the total content and spatial distribution of the essential elements in samples of liquid and solid substrates may form the basis for working out new diagnostic methods in medicinal practice.

