**Институт физико-технических проблем и материаловедения имени академика Ж.Жеенбаева НациональнОЙ АкадемиИ Наук кыргызской республики И КЫРГЫЗСКО-РОССИЙСКИЙ СЛАВЯНСКИЙ**

**УНИВЕРСИТЕТ им. Б.Н.Ельцина**

Диссертационный совет Д.01.14.002

На правах рукописи

УДК 539.1 (575.2) (043.3)

543.423 (575.2) 043.3

**Рыскул кызы Гульзат**

**РАЗРАБОТКА ВЫСОКОЧУВСТВИТЕЛЬНОЙ МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ВЕЩЕСТВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПЛАЗМЕННЫХ ГЕНЕРАТОРОВ**

Специальность 01.04.05 – Оптика

**Автореферат**

диссертации на соискание ученой степени

кандидата физико-математических наук

**Бишкек – 2016**

Работа выполнена в Институте физико-технических проблем и материаловедения им. акад.Ж.Жеенбаева Национальной Академии Наук Кыргызской Республики.

**Научный руководитель**: доктор физико-математических наук,

Жеенбаев Нурбек Жаныбекович.

**Официальные оппоненты:** доктор физико-математических наук,

Профессор Татыбеков Алымбек

кандидат физико-математических наук,

доцент Байтереков Алымбек Токоевич

**Ведущая организация:**  Карагандинский Государственный Университет имени А.Букетова

(г.Караганда, Республика Казахстан)

Защита состоится «26» февраля 2016 года в 16:00 часов на заседании Диссертационного совета Д.01.14.002 по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук при Институте физико-технических проблем и материаловедения им.акад.Ж.Жеенбаева НАН КР и Кыргызско-Российского Славянского Университета им. Б.Ельцина по адресу: г.Бишкек, Чуйский проспект 265а.

С диссертацией можно ознакомиться в научном зале библиотеки Национальной Академии Наук Кыргызской Республики по адресу: г.Бишкек, Чуйский проспект 265а.

Автореферат разослан «25» января 2016 г.

Ученый секретарь

диссертационного совета

д.т.н., профессор Алымкулов С.А.

**ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ**

**АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.** Сегодня, для решения ряда фундаментальных и прикладных физических задач, связанных с определением элементного состава веществ в жидких, порошкообразных и газообразных пробах, а также эффективного применения результатов исследований на практике особенно актуальным является разработка высокочувствительных методик, позволяющих существенно повысить точность, надежность, и соответственно, достоверность анализа как состава веществ, так и примеси. Прикладное применение таких методик неразрывно связано с исследованием и разработкой цельной экспериментальной цепочки измерений, каждый практический цикл которой обоснован с научной точки зрения, подкреплен научно-исследовательскими результатами и отвечает требованиям высокоточного и экспрессного определения состава веществ.

Среди различных высокочувствительных методов исследования состава веществ атомно-эмиссионный спектральный анализ (АЭСА) по праву занимает особое место. При разработке методической основы для АЭСА принципиальную роль играют подбор плазменных генераторов, выступающих в качестве источников возбуждения света, разработка, внедрение надежных и доступных устройств подачи пробы в поток плазмы, освоение современной оптической аппаратуры для регистрации спектров и компьютеризация обработки результатов. Также немаловажным является знание и контроль физических процессов в используемых источниках возбуждения, таких как процессы нагрева и испарения веществ, что позволяет наиболее эффективно реализовать высокочувствительные аналитические методики.

В этой связи следует отметить, что в немалой степени широкой известности результатов практического использования спектрального анализа научно-исследовательскими коллективами Кыргызстана за пределами республики послужило применение уникального вида плазменных генераторов – двухструйных плазматронов. На протяжении ряда лет разрабатываемые и вводимые учеными Кыргызской Республики новые технологические особенности двухструйных плазматронов существенно подняли пределы чувствительности спектрального анализа и значительно расширили диапазон его прикладных применений, включая исследование экологических объектов окружающей среды, что продемонстрировано первыми предварительными результатами, полученными с помощью последней версии ДГП-50М.

Однако современное развитие физической науки ставит перед исследователями все более высокие задачи при использовании двухструйных плазматронов. Прежде всего, интенсификацию научно-исследовательских работ с использованием ДГП-50М, направленных на повышение чувствительности и точности анализа при определении элементного состава веществ; разработку более наукоемких, но в то же время экономичных аналитических методов и технологий; а также совершенствование спектральных методик и регистрирующей спектральной аппаратуры за счет новых научных разработок; компьютеризацию процесса обработки полученной информации, что расширяет возможности прикладных применений.

Таким образом, недостаточная изученность теоретических, методологических и прикладных проблем развития высокочувствительных методик при использовании плазменных генераторов вида ДГП-50М, необходимость определения оптимальных параметров измерения и усовершенствование возможностей элементного анализа веществ для практических применений предопределили выбор темы, цель, задачи диссертационной работы и её актуальность.

**СВЯЗЬ ТЕМЫ ДИССЕРТАЦИИ С КРУПНЫМИ НАУЧНЫМИ ПРОГРАММАМИ (ПРОЕКТАМИ) ИЛИ ОСНОВНЫМИ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИМИ РАБОТАМИ.** Тема диссертационной работы связана с реализацией государственных научно-исследовательских работ по проектам: «Исследование и создание материалов с новыми свойствами», раздел 7 «Автоматизация и усовершенствование системы регистрации атомных и молекулярных спектров для проведения спектрального анализа»; «Развитие плазменных технологий и их применение в атомно-эмиссионном спектральном анализе».

**ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ.** Целью диссертационной работы является проведение экспериментальных и теоретических исследований, направленных на разработку и применение высокочувствительной спектральной аналитической методики определения элементного состава веществ с использованием плазменного генератора ДГП-50М.

В соответствии с целью работы были поставлены следующие задачи:

1. Проанализировать и обобщить теоретические и экспериментальные исследования по применению высокочувствительных методик определения элементного состава веществ, включая научное обоснование прикладных особенностей использования плазменных генераторов, оригинальных устройств ввода пробы, регистрации эмиссионных спектров.

2. Определить по оптическим спектрам оптимальные параметры плазменного генератора вида двухструйный плазматрон ДГП-50М для проведения анализа жидкостей и порошков путем изменения угла слияния плазменных струй (α), силы тока (І), расхода рабочего (Gр) и транспортирующего (Gтр) газа. По интенсивностям спектральных линий установить оптимальные области струи плазмы ДГП-50М для элементного анализа жидкости и порошков.

3. Обосновать на примере регистрируемых атомных и молекулярных спектров применение устройства ввода жидкой пробы в поток плазмы ДГП-50М на основе соединения динамической связи жидкости и газа с ударно-струйным механизмом размельчения частиц жидкости для использования в высокочувствительной методике определения состава веществ при решении задач экологического характера.

4. Исследовать температурный режим в двухструйном плазматроне ДГП-50М до слияния плазменных струй по вращательным распределениям электронно-колебательных полос молекулярного иона азота.

5. Апробировать высокочувствительную методику определения тяжелых токсичных элементов (тяжелых металлов) в природных водах, почвах и растениях, используя плазменный генератор вида ДГП-50М.

6. Исследовать возможности усовершенствования сцинтилляционного метода анализа для определения содержания драгоценных металлов в потоке плазмы двухструйного плазматрона ДГП-50М за счет изменения места и времени регистрации спектров.

**НАУЧНАЯ НОВИЗНА РАБОТЫ.**

1. Проведен анализ теоретических и экспериментальных исследований по использованию модифицированных плазменных генераторов для определения элементного состава веществ высокочувствительными спектральными методами.

2. Экспериментально установлены оптимальные параметры плазменного генератора вида ДГП-50М и оптимальный участок плазменного потока, расположенный до слияния струй, для эффективного применения высокочувствительной аналитическойметодикиопределения концентраций веществ. Методом относительных интенсивностей во вращательной структуре молекулярного иона азота исследован температурный режим потока плазмы до слияния струй для оптимальных условий использования высокочувствительных методов.

3. Для двухструйного плазматрона ДГП-50М впервые определены особенности и разработаны основы применения высокочувствительной методики, позволяющие определять содержание тяжелых и драгоценных металлов в порошкообразных и жидких пробах.

4. Разработан и применен пневматический комбинированный распылитель уменьшающий дисперсность вводимого аэрозоля на основе соединения динамической связи жидкости и газа с ударно-струйным механизмом размельчения частиц жидкости для устойчивого получения спектров.

5. Апробирована спектральная методика, определяющая токсичные элементы (тяжелые металлы) в почвах и растениях, получены практические результаты измерения содержания тяжелых металлов в различных образцах (на примере Чуйской долины).

6. Усовершенствован метод сцинтилляционного анализа золота, позволяющий увеличить чувствительность анализа за счет и уменьшения времени регистрации пролета исследуемых частиц в плазме и подбора оптимальной зоны.

**ПРАКТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ.** Результаты работы могут найти широкое применение в эмиссионном спектральном анализе порошкообразных и жидких проб, при выборе оптимальных режимов работы плазменных генераторов вида ДГП при исследованииэлементного состава веществ и примесей. Разработанная и экспериментально апробированная высокочувствительная методика позволяет осуществлять большой объем экспрессного и автоматизированного спектрального анализа руд и минералов, содержащих драгоценные и иные металлы.Практические рекомендации, данные в работе по использованию области до слияния электродных струй плазматронов ДГП-50М могут быть использованы при анализе природных и питьевых вод, почв и растений.

Результаты диссертационного исследования могут быть использованы в качестве учебно-методической основы при разработке курса лекций по дисциплинам «Высокочувствительные эмиссионные методики спектрального анализапорошков и жидкостей», «Прикладная спектроскопия низкотемпературной плазмы», разработке учебно-методических пособий, силлабусов и программ по нимс использованием в учебном процессе вузов, в которых функционируют физические факультеты.

**ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ.** Результаты диссертационного исследования могут служить коммерческим продуктом и использоваться в отраслях горнодобывающей промышленности, химической промышленности, в объектах охраны окружающей среды**.**

Государственные органы Кыргызской Республики – Министерство экономики, Госагентство по геологии и минеральным ресурсам, Госагентство охраны окружающей среды и лесного хозяйстваКР – могут широко использовать результаты исследования.

Важнейшим фактором является то, что в условиях рынка и рыночных отношений используется более экономичная спектральная установка, позволяющая проводить исследовательские и прикладные работы не требует больших финансовых затрат и инновационных средств, обеспечивая при этом высокую эффективность и результативность.

**ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДИССЕРТАЦИИ, ВЫНОСИМЫЕ НА ЗАЩИТУ.**

1. установленные по оптическим спектрам оптимальные параметры плазменного генератора ДГП-50М для практического применениявысокочувствительных методов эмиссионной спектроскопии при определении элементного состава веществ,включая варьирование величины силы тока; соотношения расходов плазмообразующего и транспортирующего пробу газов;результаты измерения температуры плазмы;

2. разработка и обоснование использования комбинированного пневматического распылителя жидкости уменьшающего дисперсность вводимого аэрозоля и действующего на основе соединения динамической связи жидкости и газа и ударно-струйного механизма при определении элементного состава веществ и примеси (получен Патент КР, G01J 3/10 (2011.01). Бюл. №02/04. №1744512).

3. усовершенствование сцинтилляционного анализа содержания золота за счет уменьшения до 5 мс времени регистрации пролета частиц в плазме и подбора оптимального места регистрации оптического сигнала до слияния плазменных струй;

4. обоснование высокочувствительной спектральной методики определения токсичных элементов в природных водах, почвах и растениях при использовании плазменного генератора вида ДГП-50М, и в качестве практического примера – полученные по эмиссионным атомарным спектрам результаты измерений содержания тяжелых металлов в различных образцах почв и растений на примере Чуйской долины.

**ЛИЧНЫЙ ВКЛАД СОИСКАТЕЛЯ.** Личный вклад соискателя заключается в:

1. оценке конструктивных и аналитических особенностей использования двухструйного плазматрона ДГП-50М при разработке высокочувствительной аналитическойметодики;

2. обосновании применения атомно-эмиссионной методики для спектроскопического определения тяжелых и драгоценных металлов в твердых и жидких пробах;

3. получении всего экспериментального материала лично или под ее непосредственным руководством;

4. анализе и обобщении условий для установления оптимальной зоны измерений и определении оптимальных параметров плазматрона ДГП-50М, пределов их варьирования.

**АПРОБАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ.** Основные положения и результаты диссертационного исследования опубликованы в периодических изданиях. Результаты диссертационной работы были также доложены на следующих международных научно-практических конференциях: Труды международной конференции по распространению упругих и упругопластических волн, посвященной 100-летию со дня рождения академика, Героя социалистического труда Х.А. Рахматулина (Бишкек, 2009),Международной научной конференции, посвященной 80-летию академика НАН КР Ж.Жеенбаева (Бишкек, 2011), II Международном научном симпозиуме по наблюдению Земли в засушливых и полузасушливых зонах: Центральная Азия: Взгляд из космоса (Бишкек, 2014).

**ПОЛНОТА ОТРАЖЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ДИССЕРТАЦИИ В ПУБЛИКАЦИЯХ.** По результатам работы опубликованы в отечественных и зарубежных научных периодических изданиях работы, в том числе 19 статей в специализированных журналах, включая 1 патент, рекомендованных НАК КР.

**СТРУКТУРА И ОБЪЕМ ДИССЕРТАЦИИ.** Работа состоит из введения, четырех глав, выводов, списка использованной литературы. Объем диссертации - 98 стр., включая 5 таблиц, 19 рисунков.

**ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ**

Во введении обосновывается актуальность темы исследования, сформулированы цели и задачи, раскрыта научная новизна исследования и научные результаты, указана практическая и экономическая значимость диссертационной работы, даны основные положения, выносимые на защиту, указана апробация результатов работы, структура и объем работы.

**В первой главе** представлен литературный обзор использования высокочувствительных спектральных методики, основанных на эмиссионных спектроскопических методах, и возможностей их применения на практике. В литературном обзорепроанализированы становление и развитие спектральных методов, использующих плазменные генераторы для решения научно-исследовательских и прикладных задач, обобщены научные подходы способствующие организации технологической цепочки анализа, включая подготовку и ввод пробы, выбор плазменного генератора. Показана важность развития эмиссионной диагностики низкотемпературной неравновесной плазмы на основе использования методов молекулярной спектроскопии.

**Во второй главе** показано, что использование плазменных генераторов вида ДГП-50М позволяет добиваться эффективного испарения частиц аэровзвеси или аэрозоли пробы, что важно для обеспечения соотношения сигнал/шум, требуемого при организации высокочувствительной методики. Для обеспечения высоких пределов чувствительности по оптическим спектрам определены оптимальные параметры плазменного генератора ДГП-50М, такие как: сила тока, угол слияния, расход рабочего и транспортирующего газа. Данные параметры, а также температурный режим, определены для аналитического участка потока плазмы ДГП-50М. Принимая во внимание, что при реализации высокочувствительных спектральных методики должны соблюдаться размеры вводимых частиц жидкой пробы (аэрозоли), разработан и апробирован комбинированный пневматический распылитель.

**В третьей главе** представлены результаты использования высокочувствительной методики на базе двухструйного плазматрона ДГП-50М для решения экологических задач, связанных с загрязненностью окружающей среды (на примере Чуйской долины), определением содержания тяжелых металлов в природных водах. Показана необходимость обеспечения научного обоснования используемой высокочувствительной методики и применения стандартных образцов сравнения при исследовании порошкообразной и жидкой пробы.

**В четвертой главе** дано обоснование и проведено усовершенствование сцинтилляционного анализа содержания золота за счет уменьшения до 5 мс времени регистрации пролета частиц в плазме и подбора оптимального места регистрации оптического сигнала до слияния плазменных струй (в предыдущих работах время экспозиции составляло 50 мс). Достигнутое уменьшение времени экспозиции и полученные устойчивые спектры линии золота позволили существенно увеличить чувствительность метода анализа золотосодержащих проб в навесках до 1 г.

Следует отметить, что еще недавно для анализа веществ было достаточным определять их содержание на уровне 10-2 – 10-3 %. Но уже в 60-70-е годы прошлого столетия необходимость производства атомных материалов, жаропрочных и специальных видов стали, других высокочистых материалов потребовала от исследователей определять примеси на уровне 10-4 – 10-6 %. Дальнейшее развитие аналитических высокочувствительных методов определения состава вещества можно связать с развитием промышленного производства полупроводниковых материалов. Необходимая степень чистоты вещества, а следовательно, и чувствительность методов анализа примесей должны были достигать 10-7 – 10-9 %, поскольку присутствие примесей даже в таких малых концентрациях существенно влияет на некоторые технологические процессы. Это же относится и к анализу жидких проб. Так в геологической отрасли часто используют гидрохимические методы разведки рудных месторождений, что требует правильности определения солей металлов в природных водах как минимум при концентрациях 10-4 – 10-8г/л.

Однако, для корректного определения состава вещества или примеси повышенные требования необходимо предъявлять не только к чувствительности анализа. Как видится, высокочувствительная методика должна обладать экспрессностью, воспроизводимостью и точностью, высокой производительностью и автоматизацией всего процесса или отдельных операционных циклов. В этом отношении, например, химические методы анализа не всегда отвечают таким требованиям. Поэтому все шире внедряются в практику физико-химические и физические методы определения химического состава, которые обладают рядом ценных характеристик. Среди этих методов одно из главных мест по праву занимает эмиссионный спектральный анализ.

Благодаря высокой чувствительности атомный спектральный анализ широко применяется для анализа чистых и особо чистых металлов, в геохимии и почвоведении для определения микроконцентраций различных элементов, в том числе редких и рассеянных, в промышленности атомных и полупроводниковых материалов. В металлургии и машиностроении спектральный анализ является основным аналитическим методом, а количественный анализ неметаллических проб весьма широко используется в геологии, при производстве огнеупоров, стекол и других видов продукции. Перспективным научно-исследовательским направлением является использование спектрального анализа для решения задач охраны окружающей среды при изучении экологических объектов, в частности, водных ресурсов. Как известно, проблема анализа жидких проб актуальна для контроля содержания микроэлементов, особенно тяжелых металлов, в подземных, питьевых и поверхностных водах.

В целом, измерительная цепочка эмиссионного спектрального анализа включает следующие циклы: подготовка и ввод пробы, подбор источника возбуждения и установка оптимальных условий, выбор аналитической зоны при заданных оптимальных условиях, регистрация атомных или молекулярных спектров и их обработка, интерпретация результатов. Если эмиссионный спектральный анализ проводится с эффективным использованием всей цепочки оборудования – от пробоотбора и подготовки образцов до регистрации спектра и построения характеристического графика – результат анализа будет максимально достоверным. Немаловажным, а зачастую, определяющим обстоятельством успешной реализации эмиссионной высокочувствительной методики в научно-исследовательской деятельности и на практике является ее себестоимость. В этой связи эмиссионные высокочувствительные методики, использующие спектральный анализ для определения состава веществ, выглядят предпочтительней, поскольку не требуют капитальных вложений.

Таким образом, следует отметить, что эмиссионный спектральный анализ, может применяться в качестве основы для высокочувствительной методики при выполнении ряда условий:

1. Использование плазменных генераторов вида ДГП-50М должно обеспечивать эффективное испарение частиц аэровзвеси или аэрозоли пробы, что важно для обеспечения соотношения сигнал/шум при решении задач, связанных с определением состава вещества;

2. При реализации высокочувствительной спектральной методики должны соблюдаться размеры вводимых частиц пробы (аэрозоли и аэровзвеси). Ввод жидких проб в ДГП-50М проводится комбинированным пневматическим распылителем, ввод порошкообразных проб – дозатором.

2. Обеспечение высоких пределов чувствительности достигается реализацией оптимальных параметров плазменного генератора ДГП-50М, таких как: сила тока, угол слияния плазменных струй, расход рабочего и транспортирующего газа. Должен быть определен температурный режим потока плазмы.

3. Для решения экологических задач, связанных с загрязненностью окружающей среды, при применении высокочувствительнойметодики необходимо обеспечивать научное обоснование выбранного метода измерений и применения стандартных образцов сравнения при исследовании порошкообразной и жидкой пробы.

В прежних конструкциях двухструйного плазматрона (на базе ДГП-50) с достаточно широким расстоянием между срезами сопел плазменные струи сильно искривлялись при расходе рабочего газа ниже оптимальных значений, поток плазмы образовывался двумя близко идущими параллельными струями и между ними возникала холодная зона, начиная с расхода 2,5 л/мин, а при расходе газа 1 л/мин плазма гасла. Имеющая место холодная зона в месте слияния за счет постепенного изгиба плазменных струй и позволяла проводить анализ жидких проб в прежней конструкции плазматрона. Однако чувствительность методики была недостаточной.

Проведенные коллективом лаборатории экспериментальные и теоретические исследования температурного режима различных видов плазменных генераторов, использующих двухструйный режим работы, а также анализ взаимодействия плазменных струй позволили разработать модернизированный вариант двухструйного плазматрона, отвечающего современным требованиям атомно-эмиссионного спектрального анализа веществ и позволяющего решать задачи более высокого уровня. Особенно важно, что последняя модификация двухструйного плазматрона, а именно, ДГП-50М имеет достаточно высокую полную и удельную энтальпию при сравнительно небольшом токе дуги (50-55 А) и малом расходе газа (2-2.5 л/мин). Это положение в условиях рынка приобретает особую актуальность, позволяя существенно уменьшить финансовые расходы на построение экспериментальной базы анализов.

На Рис. 1 представлен общий вид плазменных генераторов типа ДГП, использовавшихся в работе: а) ДГП-50 и б) ДГП-50М.

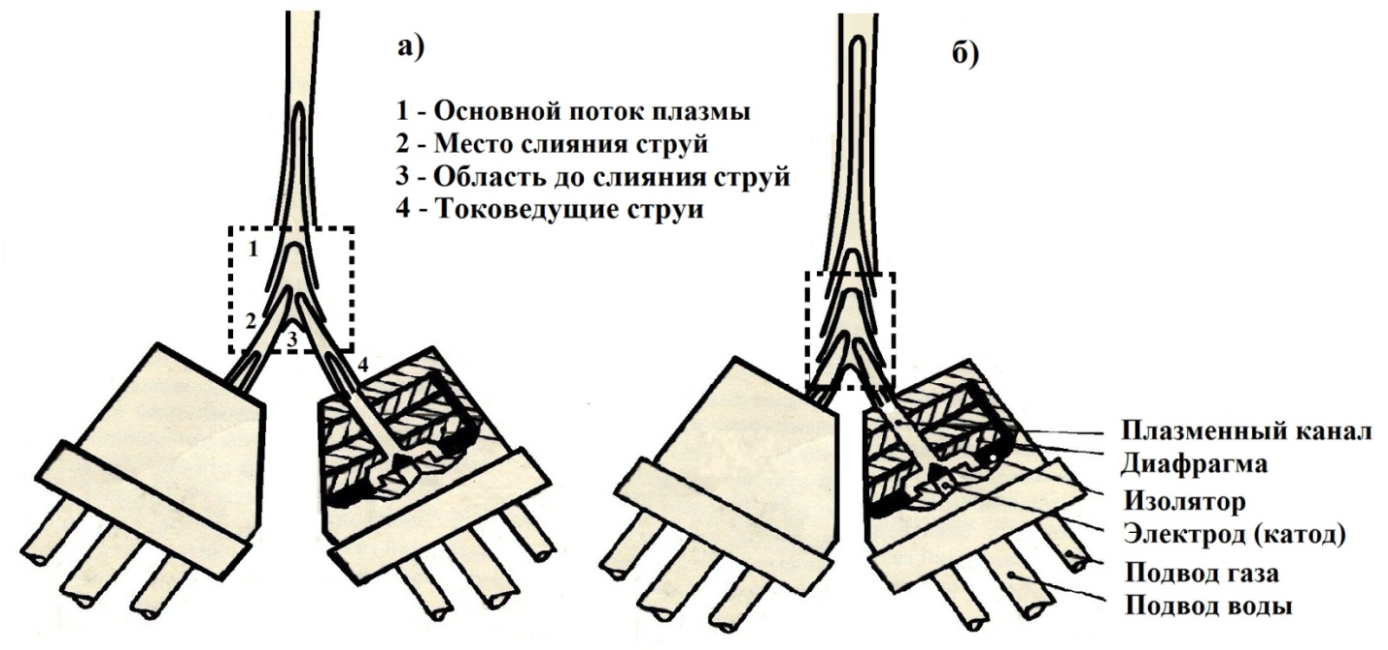


Рис.1. Общий вид плазменных генераторов типа ДГП, использовавшихся в работе: а) ДГП-50 и б) ДГП-50М

Исследования проведены на установке «НУР», в котором источником возбуждения спектров света является модифицированный двухструйный плазматрон ДГП-50М. Расстояние между срезами сопел 9 мм, угол слияния струй плазмы – 60°. Общий вид схемы измерений представлен на рис. 2. Изображение потока плазмы двухструйного плазматрона регистрировалось спектрографом ДФС-13 с дифракционной решеткой 600 штр./мм. Излучение проектировалось на щель спектрографа шириной 20 мкм с помощью конденсора F=150. Собранная оптическая схема обеспечивала величину обратной линейной дисперсии 0.4 нм/мм, регистрируемую в первом порядке спектрографа. В качестве регистратора оптических спектровиспользовались фотоэлектронная кассета и фотографические пластинки.

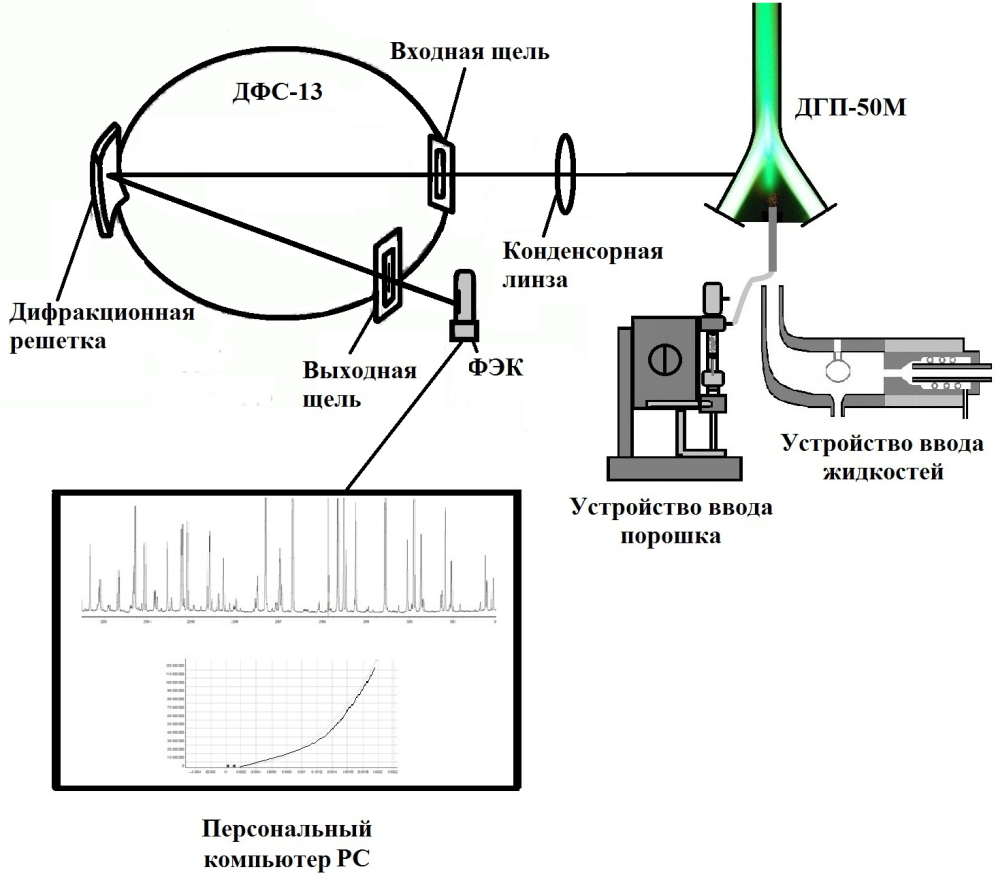
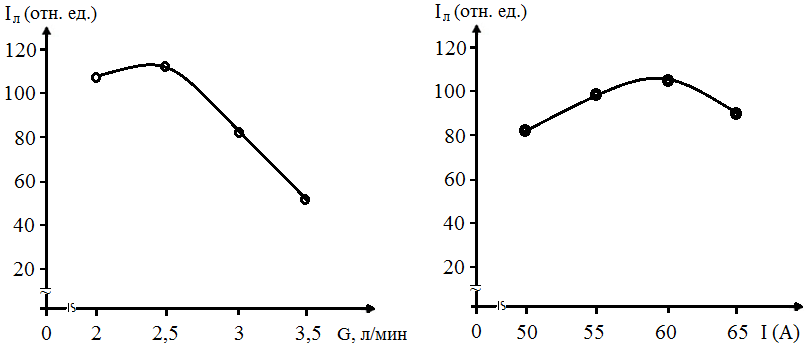


Рис. 2. Общий вид экспериментальной схемы измерений, использовавшейся в настоящей работе.

Для подбора оптимального значения расхода рабочего газа, исследования проводились при токе дуги 60 А; варьировании суммарного расхода рабочего газа на обе головки от 2.0 л/мин до 3.5 л/мин. Был приготовлен и исследовался водный раствор с добавками хрома, в котором концентрация анализируемого элемента составляла 40 мг/л. На рис. 3а) представлено изменение интенсивности линии Cr (λ=284.32 нм) в зависимости от расхода рабочего газа (аргон), на рис. 3 б) изменение силы тока в рассматриваемой области разряда (при G=2.5 л/мин).



а) б)

Рис. 3. Зависимость интенсивности спектральной линии Cr II (284.32 нм)

от расхода рабочего (плазмообразующего) газа (а) и силы тока (б).

Как видно из рис. 3 а) при расходе рабочего газа от 2 до 2.5 л/мин наблюдаются максимальные значения интенсивности спектральной линии хрома. Дальнейшее увеличение расхода газа ведет к снижению интенсивности исследуемой атомарной линии, что снижает чувствительность и точность спектрального анализа. Результаты измерений интенсивности линии хрома в зависимости от силы тока, представленные на рис. 3 б) подтверждают ранее полученное его оптимальное значение – 60А.

Вместе с тем, оказалось, что используемый для анализов в предыдущей версии плазматрона ДГП-50 концентрический распылитель жидкости оказался непригодным для модифицированной версии, вызывал гашение разряда, поскольку ранее применялся для величины силы тока вдвое превышающей полученное оптимальное значение. В этой связи, в целях эффективного использования двухструйного плазматрона ДГП-50М в качестве источника возбуждения в высокочувствительных методиках спектрального анализа жидкостей и других возможных применений, был разработан и изготовлен комбинированный распылитель жидкости, который усиливает дробление частичек жидкости, вводимых в разряди, обеспечивает менее быстрый ввод жидкости между струями плазмы в виде более тонких струй мелкодисперсного аэрозоля, что, таким образом, позволяет анализировать жидкости при меньших силах тока и расходах газа.

В новой версии распылителя (рис.4) совмещены два физических процесса: во-первых, пневматическое распыление, когда малый размер частиц аэрозоли достигается за счет прохождения в капиллярной трубке совмещенного потока жидкой пробы; во-вторых ударно-струйное распыление.

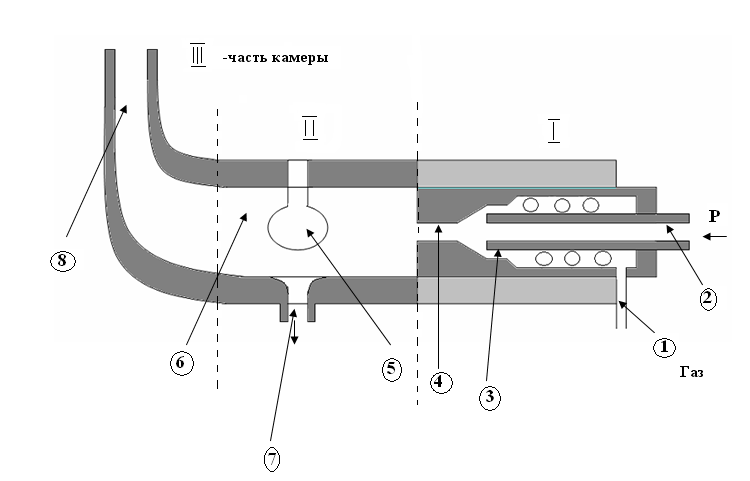


Рис. 4. Общая схема действия комбинированного пневматического распылителя. Обозначения: 1 – рабочий газ, 2 – проба, 3 – кольцевой зазор, 4 – выходной капилляр, 5 – диффузор, 6 – участок в виде сходящегося конуса, 7 – отверстие для вытекания жидкости, 8 – коноидальный насадок.

В ударно-струйных форсунках распыливание происходит за счет удара струи о расположенный напротив сопла отражательный элемент, что существенно усиливает дробление частичек жидкости, вводимых в разряд в виде аэрозоли и, таким образом, позволяет анализировать жидкости при меньших силах тока и расходах газа. В целях дальнейшего равномерного истечения аэрозоля в аналитическую зону плазменного потока при постоянном расходе транспортирующего газа, выход КПР выполнен в виде коноидального насадка. Коноидальный насадок очерчивается по форме струи, а выходной участок имеет цилиндрическую форму, что устраняет сжатие струи на выходе. Образованный поток аэрозоля имеет малый конус расхождения, что способствует более полному взаимодействию аэрозоля с плазмой.

Эффективность разработанного КПР проверялась построением градуировочного графика для нахождения концентраций исследуемого элемента в жидкости проводилось на примере атомарной линии хрома. На рис. 5 представлено изменение интенсивности линии хрома (Cr λ=284.32 нм) в зависимости от его содержания в исследуемой жидкой пробе.

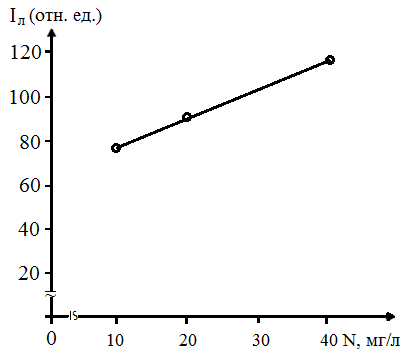


Рис. 5 Изменение интенсивности линии Cr в зависимости от концентрации.

Концентрация хрома в приготовленном водном растворе изменялась от 10 до 40 мг/л. В качестве рабочего аналитического сигнала была принята интенсивность аналитической линии анализируемого элемента

*I = Iл+ф – Iф*, (1)

где *Iл+ф* – интенсивность линии вместе с фоном, *Iф* – интенсивность фона рядом с линией.

Как видно из рис. 5 при прямой подаче жидкой пробы в поток плазмы ДГП-50М с помощью комбинированного пневматического распылителя интенсивность спектральной линии увеличивается по мере увеличения концентрации анализируемого вещества в жидкой пробе. Согласно методическим положениям спектрального анализа в пользу правильности построения градуировочного графика говорит прямолинейный характер полученных результатов измерений.

Температура газа является важнейшим параметром спектральных методов измерения, определяющим необходимую интенсивность спектравозбуждаемого вещества, поскольку величина температуры и характер ее пространственного распределения оказывают существенное влияние на процесс испарения веществ, вводимых в исследуемую зону разряда. Измерение температуры плазмы двухструйного плазматрона при различных режимах работы представляет определенный интерес не только для использования в высокочувствительных спектральныхметодах, но и других практических применений, например, для различных плазменных технологий, включая резку, напыление, упрочнение и др.

Учитывая неравновесные процессы в исследуемой зоне потока плазмы модифицированного плазматрона ДГП-50М, одним из эффективных способов измерения температуры газа в низкотемпературной плазме является применение методов эмиссионной молекулярной спектроскопии. Для измерения поступательной (газовой) температуры применялся метод, основанный на измерении относительной интенсивности во вращательной структуре колебательных или электронно-колебательных переходов молекул. Газовая температура измерялась по распределениям вращательных линий электронно-колебательной полосы (переход ) первой отрицательной системы молекулярного иона азота .

При наличии доказанного больцмановского распределения молекул по вращательным уровням возбужденного электронного состояния и известном виде перехода, измерив относительную интенсивность вращательных линий и используя соответствующие факторы интенсивности, по углу наклона прямой

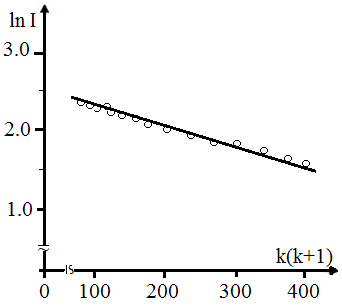
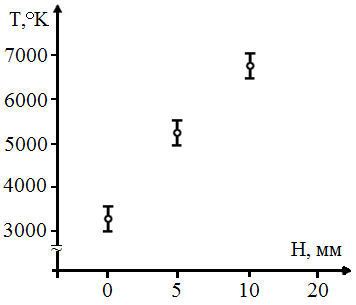
(2)

можно определить температуру газа*Т*

Здесь – интенсивность вращательной линии для перехода *k→kI*– вращательные квантовые числа верхнего и нижнего электронных состояний соответственно, – фактор интенсивности, определяющий относительную вероятность перехода *k→kI*; *Bvk(k+1)* – величина вращательного терма для возбужденного электронного состояния; *Т* – температура газа.

На рис.6(а) показана характерная зависимость величины *ln(IkkI/SkkI*)от *k(k +1*), полученная в экспериментах и на рис. 6 (б) – зависимость температуры газа от расстояния в области до места слияния плазменных струй в ДГП-50М при силе тока I=50А и расходе плазмообразующего газа G=2 л/мин. В целях получения корректного результата измерений были использованы вращательные линии свободные от переналожений.

Измеренное пространственное распределение температуры в области до слияния плазменных струй двухструйного плазматрона ДГП-50М при силе тока 50 А показывает, что температура газа возрастает от 3300ºК на расстоянии 0 мм (нижняя точка измерений) от среза сопел до 6800ºК вблизи слияния струй. Полученные значения температур вблизи места слияния плазменных струй применяются в различных целях в зависимости от прикладных задач, использующих высокочувствительные спектральные технологии.

а) б)

Рис. 6.а) Экспериментально полученная зависимость ln(IkkI/SkkI) от величины k(k +1); б) зависимость температуры газа в области до места слияния плазменных струй в ДГП-50М (I=50А, G=2 л/мин).

Разработка высокочувствительной спектральной методики для решения экологических задач, связанных с загрязнением почвы, природных вод и растений должна учитывать их качественную разнородность, что предъявляет к применяемым методам анализа специфичные требования. Решение задач такого характера должно учитывать необходимость определения как макроэлементов, так и микроэлементов в вышеотмеченных объектах. В последнее время все большее значение приобретает определение в составе экологических объектов микроэлементов к которым относят цинк, кобальт, мышьяк, ртуть, молибден, медь, бор и другие. Причем с развитием высокочувствительных методик, основанных на спектральном анализе, растет и ряд определяемых микроэлементов.

В настоящей работе разработанная высокочувствительная спектральнаяметодика апробируется для решения задач экологического характера, а именно, определения тяжелых металлов в почве, а также растениях и овощных культурах, выращиваемых в Чуйской долине Кыргызской Республики. На установке «НУР», работающей на базе двухструйного плазматрона ДГП-50М, определялся уровень содержания тяжелых металлов в овощных культурах, выращенных в пригородной зоне г.Бишкек. Результаты измерений, которые представлены в таблице 1, могут быть использованы для составления таблиц химического состава пищевых продуктов Кыргызской Республики.

Подробный анализ результатов полученных по овощным культурам показывает, что в надземных частях белокочанной капусты, огурцов, сладкого перца, содержится относительно меньше тяжелых металлов (мг/кг) Mn – 1.21; 0.91; 0.89; Cu – 0.604; 0.972; 1.576; Zn – 0.502; 1.378; 0.691; Mo – 0.18; 0.24; 0.11, чем в корнеплодах картофеля, моркови, свеклы (мг/кг) Mn – 3.41; 2.83; 8.42; Cu – 0.745; 1.49; 1.522; Zn – 2.44; 0.863; 1.916; Mo – 0.73; 0.18; 0.24 соответственно (см. Таблицу). Полученные результаты совпадают с данными других исследований, в которых авторы считают, что содержание металлов в плодах меньше, т.к. репродуктивная фаза наступает относительно поздно и плоды соответственно меньше, чем вегетативные органы, подвергаются воздействию избыточной аккумуляции.

Измеренное методом атомно-эмиссионной спектроскопии содержание Mn, Cu, Zn, Co и Mo в 13 видах сельскохозяйственных растений показывает, что наличие вышеотмеченных тяжелых металлов не превышает предельно допустимые концентрации, принятые для сельскохозяйственных растений.

Таблица 1.– Среднее содержание и пределы колебаний тяжелых металлов в овощах

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **№**  **п/п** | **Объект исследования** | **Тяжелые металлы, (мг/кг продукта)** | | | |
| **Mn** | **Cu** | **Zn** | **Mo** |
| **ПДК, овощи** | | | |
| 30,0 | 5,0 | 10,0 | 3,0 |
| 1. | Жусай | 3.58 ± 0.8 | 4.3 ± 0.2 | 3.02 ± 0.3 | 0.59 ± 0.3 |
| 2. | Капуста белокоченная | 1.21 ± 0.25 | 0.64 ± 0.1 | 0.51 ± 0.3 | 0.18 ± 0.1 |
| 3. | Картофель | 3.41 ± 4.08 | 0.75 ± 0.134 | 2.44 ± 0.2 | 0.73 ± 0.8 |
| 4. | Лук репчатый | 0.84 ± 0.38 | 0.96 ± 0.97 | 0.98 ± 0.6 | 0.14 ± 0.09 |
| 5. | Морковь | 2.83 ± 6.7 | 1.49 ± 0.1 | 0.86 ± 0.04 | 0.18 ± 0.15 |
| 6. | Огурцы (грунтовые) | 0.91 ± 1.03 | 0.97 ± 0.31 | 1.38 ± 0.86 | 0.24 ± 0.28 |
| 7. | Перец  сладкий | 0.89 ± 0.6 | 1.58 ± 0.4 | 0.69 ± 0.17 | 0.11 ± 0.1 |
| 8. | Петрушка  (зелень) | 3.95 ± 1.11 | 4.08 ± 1.2 | 1.72 ± 0.3 | 0.58 ± 0.08 |
| 9. | Редис | 0.51 ± 0.19 | 0.93 ± 0.3 | 0.63 ± 0.07 | 0.14 ± 0.02 |
| 10. | Редька | 0.19 ± 1.38 | 0.55 ± 0.32 | 2.92 ± 1.52 | 1.72 ± 0.26 |
| 11. | Свекла | 8.42 ± 2.6 | 1.52 ± 0.1 | 1.92 ± 0.06 | 0.24 ± 0.17 |
| 12. | Томаты (грунтовые) | 1.54 ± 2.1 | 1.73 ± 0.3 | 0.69 ± 0.23 | 0.13 ± 0.06 |
| 13. | Укроп | 4.82 ± 1.67 | 4.03 ± 0.6 | 1.29 ± 0.2 | 1.21 ± 0.15 |

Выявлена различная способность корнеплодов, надземной и зеленой части овощей к накоплению тяжелых металлов, т.е. аккумуляция тяжелых металлов зависит от видовой особенности овощных культур.

Вопросы исследования золотосодержащих руд всегда находились в поле зрения ученых. Актуальность исследований диктовалась постоянной необходимостью увеличения пределов чувствительности анализа золота для разведки новых золоторудных месторождений и решения задач промышленности при разработке действующих рудников. Среди других, эмиссионные спектральные методы анализа золотосодержащих руд и минералов по своим физическим характеристикам получили заслуженное уважение, позволяя исследовать пробы не только в лабораторных, но и в полевых условиях.

Эксперименты по определению малых концентраций золота с помощью высокочувствительной методики, использующей плазменные генераторы ДГП-50М и методы атомно-эмиссионного и сцинтилляционного

анализа показали, что для получения высокой результативности необходимо

достаточно строгое соблюдение следующих основных технологических условий.

1. Организовать высокие удельные энерговклады в потоке плазмы, для достижения необходимых значений энергий возбуждения спектральных линий золота (4.6 эВ для Au I 267.595 нм).
2. Определить оптимальную зону потока плазмы на основе параметра сигнал/шум для проведения спектральных измерений.
3. Проработать основные параметры ДГП-50М, обеспечивающие полноту испарения вводимой пробы.
4. Автоматизировать процесс измерений для повышения экспрессности и себестоимости анализа золота и других драгоценных металлов.

Определение основных параметров ДГП-50М, организация удельных энерговкладов (температурный режим) и автоматизация процесса измерений, отвечающие требованиям высокочувствительной спектральнойметодики были проведены в настоящей работе. Были рассмотрены основные физические процессы в ДГП-50М, и установлены необходимые конструктивные требования, выполнение которых позволяет организовать высокоточные циклы анализа.

Для усовершенствования метода сцинтилляционного анализа был осуществлен режим записи эмиссионных спектров с дискретизацией полной экспозиции на ряд последовательных кадров и выделения в некоторых кадрах сцинтилляционных сигналов от микрочастичек золота в аналитической программе ФЭК-9. При этом время съемки уменьшалось до 5 мс. Подобранные условия позволили получать устойчивый спектр линии золота, представленного на рис. 7. Образцом является стандарт ГСО №1121-77.

После регистрации суммарного аналитического сигнала, были исключены шумы, причиной которых могут быть ложные вспышки или приборные помехи. Полученные величины интенсивностей были использованы для построения градуировочных зависимостей и решения обратной задачи – определения содержания золота в исследуемой пробе. Общий аналитический сигнал *I* при сцинтилляционном способе регистрации является суммой всех импульсов зарегистрированных на длине волны 267.595 нм, т.е.

; (3)

где *I*i – излучение от каждой i-той частицы.

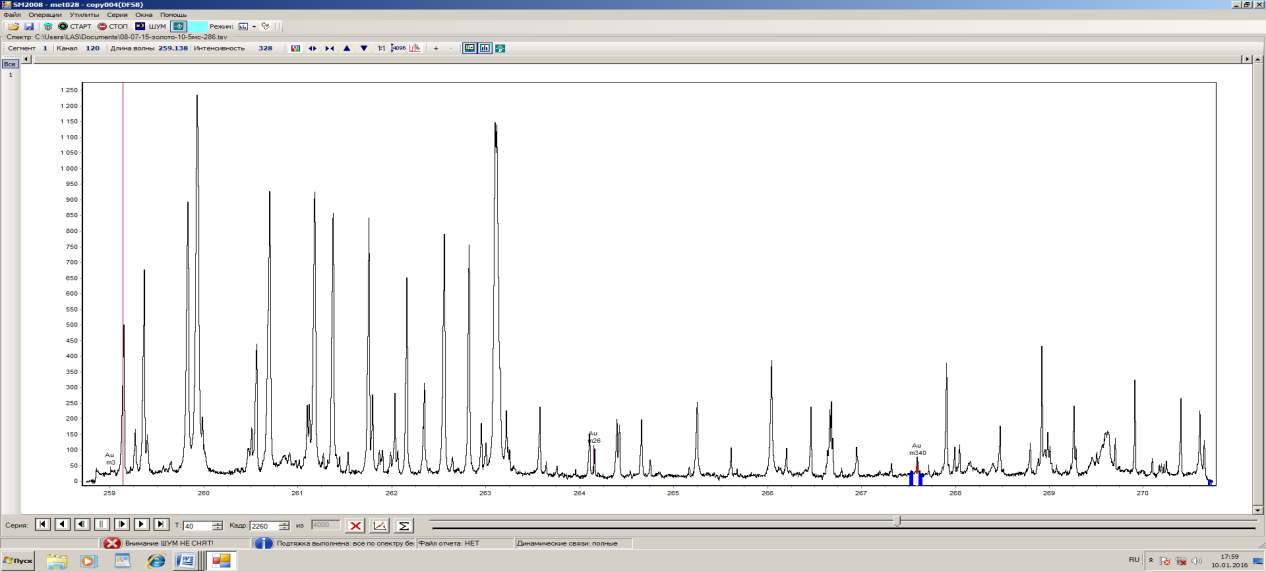


Рис. 7. Участок спектра с линией золота 267.595нм.

Время регистрации – 5 мс.

Подготовка рабочих образцов для анализа проводилась по формуле:

*а = Р· (С1/С)*  (4)

где *а* – объем необходимой пробы, *Р* – общий объем, *С1* – концентрация элементов в приготовленной пробе, *С* – концентрация элементов в головной пробе.

Необходимо отметить, что исходя из предпосылок применения метода сцинтилляционного анализа, т.е при использовании в качестве аналитического параметра сумму интенсивностей импульсов всех зарегистрированных частиц на каждой аналитической линии с учетом индивидуального фона для каждой вспышки существует возможность уменьшения пределов обнаружения на один-два порядка величины, что практически приближает результат к кларку золота. Предел обнаружения полезного сигнала и, соответственно, определяемого элемента в раз, где Т – время регистрации, τ – длительность сцинтилляции.

На рис. 8, рис. 9 и рис.10 показана последовательность трех кадров. В среднем кадре зарегистрирован сцинтилляционный сигнал.Количество устойчиво зарегистрированных сцинтилляций – 17. При длительности единичного кадра в 7-8 мс – спектроскопический фон не регистрируется, возможность регистрации слабых сцинтилляционных сигналов ограничивает среднеквадратичное отклонение (СКО) шума ПЗС. Количество устойчиво зарегистрированных сцинтилляций – 17. При длительности единичного кадра в 7-8 мс – спектроскопический фон не регистрируется, возможность регистрации слабых сцинтилляционных сигналов ограничивает среднеквадратичное отклонение (СКО) шума ПЗС.

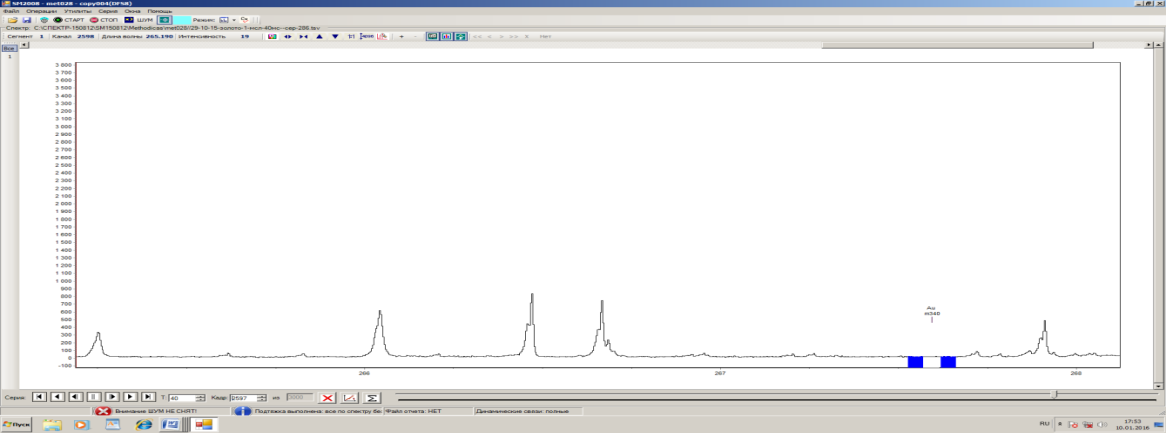


Рис. 8. 2597 кадр в последовательности

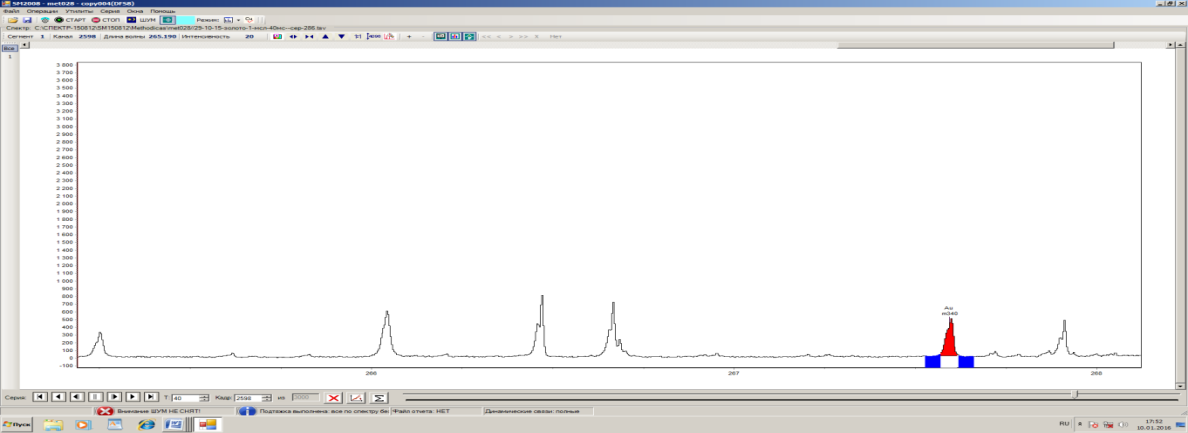


Рис. 9. 2598 кадр в последовательности

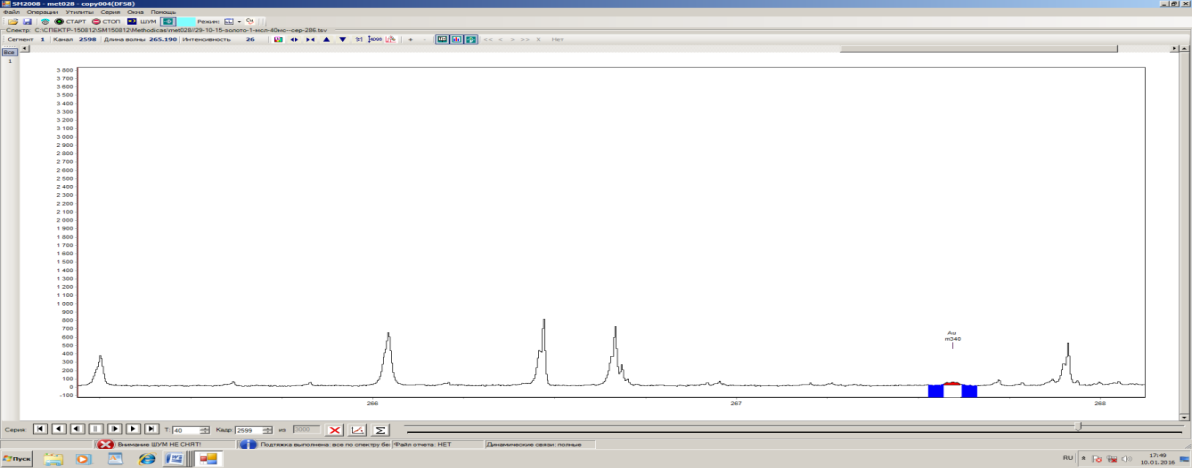


Рис. 10. 2599 кадр в последовательности

Достигнутое уменьшение времени экспозиции и полученные устойчивые спектры линии золота позволили существенно увеличить чувствительность метода анализа золотосодержащих проб в навесках до 1 г.

Дальнейшая научно-исследовательская работа по данному направлению может быть связана с оценкой различных специализированных стандартов с известным гранулометрическим составом для определения минимального размера регистрируемых золотинок при конкретных параметрах системы регистрации.

**ВЫВОДЫ**

1. Проанализированы и обобщены возможности и особенности использования высокочувствительных спектральных методик для определения элементного состава веществ, основанных на эмиссионных спектроскопических методах, показана важность научно-исследовательских работ по изучению технологической цепочки анализа, включая подготовку и ввод пробы, выбор плазменного генератора, регистрации и обработки оптической информации.

2. По оптическим спектрам установлены оптимальные параметры плазменного генератора ДГП-50М для использования в высокочувствительной методике определения элементного состава веществ, основанной на методах эмиссионной спектроскопии, включая варьирование величины силы тока; угла между плазменными струями; соотношения расходов плазмообразующего и транспортирующего пробу газов; температурный режим измерений.

3. Разработан и дано обоснование использования в высокочувствительной спектральной методике определения состава веществ и примеси комбинированного пневматического распылителя жидкости, действующего на основе соединения динамической связи жидкости и газа и ударно-струйного механизма. На полезную модель получен патент.

4. На основе регистрируемых эмиссионных атомных линий дано обоснование применению высокочувствительной методики для определения токсичных элементов в природных водах, почвах и растениях при использовании плазменного генератора вида ДГП-50М, а также показаны особенности процесса измерения концентраций при использовании данного вида плазменного генератора для решения различных экологических задач.

5. Получены результаты измерений содержания тяжелых металлов в различных образцах почв и растений на примере Чуйской долины, показаны пределы чувствительности определения примесей в сплавах стали, определены особенности построения градуировочных графиков при измерении концентраций различных веществ в жидких проб.

6. Усовершенствован метод сцинтилляционного анализа содержания золота за счет уменьшения до 5 мс времени регистрации пролета частиц в плазме и подбора оптимального места регистрации оптического сигнала до слияния плазменных струй.

**СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ:**

1. **Рыскул кызы Гульзат.** Оптимизация параметров двухструйного плазматрона ДГП-50М для устройства ввода жидких проб. [Текст] / Гульзат Рыскул кызы, К.У.Сабаев // Труды международной конференции по распространению упругих и упругопластических волн, посвященной 100-летию со дня рождения академика, Героя социалистического труда Х.А. Рахматуллина,Бишкек, 2009.– С.177-179.

2. **Рыскул кызы Гульзат.** Атомно-эмиссионное определение состава сплава стали на установке «Нур», созданной на базе двухструйного плазматрона [Текст] / Гульзат Рыскул кызы, П.Л. Костромин, Н.Ж. Жеенбаев, К. Урманбетов, К.У. Сабаев, Г.Ж. Доржуева// Научный журнал «Физика», Бишкек, 2011.–№1, – С.57-59.

3. Рыскул кызы Гульзат. Измерение поступательной температуры потока плазмы по спектру молекулы ОН [Текст] / Г.Ж. Доржуева,Гульзат Рыскул кызы, Н.Ж. Жеенбаев, К.У. Сабаев, К. Урманбетов // Научный журнал «Физика», Бишкек, 2011.–№3,– С.30-32.

4. **Патент КР, G01J 3/10 (2011.01).** Пневматический распылитель [Текст] / К. Урманбетов, К.У.Сабаев, Гульзат Рыскул кызы, Р.А.Таштанов, Г.Ж.Доржуева **//** Заявка № 20110001.2. заявл. 07.10.2009; опубл. 03.01.11., Бюл. №02/04. А.С. SU №1744512. А1. кл. G01J 3/10 (2011.01), 2011.

5. ГОСТ 8.010-99; КМС 8.011:2003. Свидетельство №14-2012об аттестации МБИ. «Спектрографическое определение тяжелых металлов в горных породах и почвах. Методика выполнения измерений методом вдувания порошковой пробы в плазму дуги двухструйного плазматрона» [Текст] // Введ. №14-2012 от 02.07.12 Свидетельство выдано ЦСМ при МЭ КР, 2012.

6. **Рыскул кызы Гульзат.** Температура потока плазмы двухструйного плазматрона[Текст] / Гульзат Рыскул кызы, Г.Ж. Доржуева, Н.Ж. Жеенбаев, А. Нурсеитова, К.Урманбетов // Известия НАН КР, Бишкек, 2012. –№3, –С.129-131.

7. Рыскул кызы Гульзат. О газовой температуре потока плазмы двухструйного плазматрона.[Текст] /Гульзат Рыскул кызы, Г.Ж. Доржуева , Н.Ж. Жеенбаев, А.М. Нурсеитова, К.У. Сабаев, К. Урманбетов //Международный научно-информационный журнал «Наука и инновации», Бишкек, 2013. –№1, –С.18-22.

8. Рыскул кызы Гульзат. Измерения температуры газа в установке «НУР»по вращательным распределениям молекулярного иона азота [Текст] / Гульзат Рыскул кызы // Научный журнал «Физика», Бишкек, 2013.–№2, –С.30-32.

9. Рыскул кызы Гульзат. Определение содержания золота низкотемпературной плазме методом атомно-эмиссионной спектрометрии [Текст] / Г.Ж.Доржуева, Гульзат Рыскул кызы, Н.Ж.Жеенбаев, // Международный научно-информационный журнал «Наука и инновации», Бишкек, 2013.–№3, –С.5-9.

10. Рыскул кызы Гульзат. Температурный режим двухструйных плазматронов при исследовании экологической чистоты природных ресурсов[Текст] / Г.Ж.Доржуева, Гульзат Рыскул кызы, А.М. Нурсеитова, Н.Ж.Жеенбаев // 2-го международного симпозиума по наблюдению Земли для засушливых и полузасушливых зон «Центральная Азия: взгляд из космоса», Бишкек, 2014.–С.168-171.

11. Рыскул кызы Гульзат. Оптимизация рабочих характеристик модифицированного плазматрона ДГП-50М для спектрального анализа жидкостей [Текст] / Гульзат Рыскул кызы // Наука и новые технологии, Бишкек, 2014.–№5, –С.7-9.

12. **Рыскул кызы Гульзат.** Применение многоканальных оптических систем регистрации спектров для диагностики плазмы и спектрального анализа. [Текст] / Гульзат Рыскул кызы // Известия вузов, Бишкек, 2014.–№11,– С.10-14.

13.Рыскул кызы Гульзат. Оптимизация работы спектральных установок при проведении элементного анализа жидкостей[Текст] / Гульзат Рыскул кызы // Известия НАН КР, Бищкек, 2015.–№1, –С.17-20.

14. **Рыскул кызы Гульзат.** О возможности повышения точности эмиссионного спектрального анализа при определении содержания золота в потоке плазмы двухструйных плазматронов [Текст] / А. Нурсеитова, Гульзат Рыскул кызы, Б.Б. Саякбаева // Международный научный журнал «Инновационная наука», г.Уфа, Россия, 2015.–№11,– С. 37-40.

15. **Рыскул кызы Гульзат.** Применение спектроскопических методов при решении экологических задач [Текст] / Гульзат Рыскул кызы, А. Нурсеитова, Н.Ж. Жеенбаев // Научный журнал «Физика», Бишкек, 2015.–№2,– С.3-6.

16. **Рыскул кызы Гульзат.** Особенности тепловых процессов в плазме двухструйных плазматронов ДГП-50 и ДГП-50М [Текст] / Гульзат Рыскул кызы, Г.Ж. Доржуева, Н.Ж. Жеенбаев // Научный журнал «Физика», Бишкек, 2015.–№2,– С.6-10.

17. **Рыскул кызыГульзат.** Влияние макроэлементов на интенсивности линий микроэлементов в природной воде в струе плазмы ДГП-50[Текст] / Гульзат Рыскул кызы, Г.Ж. Доржуева, Б.Б. Саякбаева // Международный научный журнал «Инновационная наука», г. Уфа, Россия, 2015.–№11, –С. 48-51.

18. **Рыскул кызы Гульзат.** Определение содержания золота в низкотемпературной плазме ДГП-50М методом атомно-эмиссионной спектрометрии [Текст] / Гульзат Рыскул кызы, Г.Ж. Доржуева, Н.Ж. Жеенбаев// Вестник КазНУ им. Аль Фараби.Серия физическая.г. Алма-Ата, Казахстан, 2015.–№3, –С.42-45.

19. **Рыскул кызы Гульзат.** Оптимизация рабочих характеристик модифицированного плазмотрона ДГП-50М для спектральных технологий [Текст] / Гульзат Рыскул кызы, Н.Ж. Жеенбаев, А.М. Нурсеитова// Известия НАН КР, Бишкек, 2015. –№3, –С.23-25.

**Рыскул кызы Гүлзаттын**

**«Плазмалык генераторлорду пайдалануу менен заттардын элементтик курамын аныктоонун жогорку сезгичтүү усулдарын иштеп чыгуу»** деген темасындагы 01.04.05 **–** оптика адистиги боюнча физика-математика илимдеринин кандидаты окумуштуулук даражасын изденүү үчүн диссертациясынын

**РЕЗЮМЕСИ**

**Урунттуу сөздөр:** жогорку сезгичтүү спектрдик усул, төмөнкү температурадагы плазма, атомдук-эмиссиондук спектроскопия, эки агымдуу ДГП-50М плазматрону, плазмалар агымынын темпертурасы, айкалыштырылган пневматиктик чачыраткыч, салыштырма ургалдуулук ыкмасы, спектрдик талдоо, сцинтилляцялык ыкма.

**Изилдөө объектиси** болуп эки агымдуу ДГП-50М плазматронунда түзүлгөн төмөнкү температурадагы тең салмактуу эмес плазма эсептелинет.

**Иштин максаты -** заттардын элементтик курамын аныктоодо жана экологиялык изилдөөлөрдө ДГП-50М тибиндеги плазмалык генераторлорду колдоно турган жогорку сезгичтүү спектрдик усулдарын иштеп чыгуу жана өркүндөтүү үчүн теориялык, эксперименттик жана колдонмо изилдөөлөрдү жүргүзүү болуп саналат.

**Изилдөө ыкмалары:** атомдук-эмиссиондук спектрдик талдоо, молекулалардын электрон-термелүүлүк тилкесиндеги айланма сызыктардын ургалдуулугу боюнча температураны өлчөө, сцинтиллияциялык атом-эмиссиондук талдоо.

**Алынган жыйынтыктар:** эмиссиялык спектроскопия ыкмаларынын базасынын негизинде жогорку сезгичтүү спектрдик усулдарын пайдаланууда заттардын элементтик курамын аныктоо үчүн ДГП-50М плазмалык генераторунун оптималдык параметрлери аныкталды; суюктуктардын айкалыштырылган пневматикалык чачыраткычы иштелип чыкты жана сыноодон өттү; Чүй облусунун мисалында кыртыштын жана өсүмдүктөрдүн ар кандай үлгүлөрүндөгү оор металлдардын курамы аныкталды; плазмадагы бөлүкчөлөрдүн учуусун каттоо убактысын 5 мс. га чейин азайтуунун жана оптикалык сигналды каттоонун оптималдуу ордун туура тандоонун эсебинен алтындын курамдык кармалышына сцинтиляциялык талдоо өркүндөтүлдү.

**Пайдалануу деңгээли:** изилдөөнүн жыйынтыктары төмөнкү температурадагы плазманы фундаменттик жана колдонмо пайдалануу багытындагы изилдөөлөр боюнча долбоорлорду, мамлекеттин ИИИлерди (илимий-изилдөө иштерин) аткарууда пайдаланылат; плазмалык генератордун жана заттардын курамын аныктоо процессинин башкы технологиялык циклдеринин аныкталган физикалык мүнөздөмөлөрү практикалык колдонуу үчүн даяр.

**Колдонуу тармагы:** иштин жыйынтыктарын алтын кендери чыккан жерлерди изилдөөдө, химия өнөр жайында, айлана-чөйрөнү коргоо багытында көзөмөлдүк кылуу үчүн Экономика министрлигинде, Геология жана минералдык байлыктар боюнча мамлекеттик агенттигинде, КРнын айлана-чөйрөнү коргоо жана токой чарба мамлекеттик агенттигинде колдонууга болот.

**РЕЗЮМЕ**

диссертации Рыскул кызы Гульзат на тему: **«Разработка высокочувствительной методики определения элементного состава веществ с использованием плазменных генераторов»** на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.05 – оптика

**Ключевые слова:** высокочувствительная спектральнаяметодика, низкотемпературная плазма, атомно-эмиссионная спектроскопия, двухструйный плазматрон ДГП-50М, температура потока плазмы, комбинированный пневматический распылитель, метод относительных интенсивностей, спектральный анализ, сцинтилляционный метод.

**Объектом исследования** является неравновесная низкотемпературная плазма, создаваемая в двухструйном плазматроне ДГП-50М.

**Цель работы** состоит в проведении теоретических, экспериментальных и прикладных исследований для разработки и усовершенствования высокочувствительной спектральнойметодики, использующей плазменные генераторы типа ДГП-50М при определении элементного состава веществ и экологических исследованиях.

**Методы исследования:** атомно-эмиссионный спектральный анализ, метод измерения температуры по интенсивностям вращательных линий в электронно-колебательных полосах молекул, сцинтилляционный атомно-эмиссионный анализ.

**Полученные результаты:** установлены оптимальные параметры плазменного генератора ДГП-50М для определения элементного состава веществ при использовании высокочувствительной спектральной методики на базе методов эмиссионной спектроскопии; разработан и апробирован комбинированный пневматический распылитель жидкости; по оптическим спектрам измерено содержание тяжелых металлов в различных образцах почв и растений на примере Чуйской долины; усовершенствован сцинтилляционный анализ содержания золота за счет уменьшения до 5 мс времени регистрации пролета частиц в плазме и подбора оптимального места регистрации оптического сигнала.

**Степень использования:** результаты исследования используются при выполнении государственных НИИ проектов по исследованию в области фундаментальных и прикладных применений низкотемпературной плазмы; установленные физические характеристики плазменного генератора и главных технологических циклов процесса определения состава веществ готовы для практического применения**.**

**Область применения:**Результаты работы могут использоваться при исследованиях золоторудных месторождений, химической промышленности, для контроля в области охраны окружающей среды в Министерстве экономики, Госагентстве по геологии и минеральным ресурсам, Госагентстве охраны окружающей среды и лесного хозяйства КР.

**RESUME**

of a dissertation by Ryskul kyzy Gulzat on the subject: **“Development of highly sensitive method for elemental composition determination of matters by using plasma generators”**in candidacy for an academic degree of a Kandidat of Science in Physics and Mathematics with a specialization in 01.04.05 – Optics.

**Keywords:** highly sensitive spectral method, low-temperature plasma, atomic emission spectroscopy, two-jet plasmatron DGP-50M, plasma flow’s temperature, combined pneumatic liquids spray, method of relative intensities, spectral analysis, scintillation method.

**The object of research** is low-temperature plasma created in two-jet plasmatron DGP-50M.

**The aim of work** is to conduct theoretical, experimental and applied experiments for the development and modernization highly sensitive spectral method by using plasma generators DGP-50M type for matter’s elemental composition determination and ecological researches.

**Research methods:** atomic-emission spectral analysis, method of measurements of rotational lines intensities in electronic-vibrational bands for temperature determination, scintillation atomic-emission analysis.

**Obtained results:** for determination of elemental composition of matters on the base of atomic-emission methods and by using highly sensitive spectral method, optimal parameters of the plasma generator DGP-50M have been established; combined pneumatic liquids spray is developed and tested; on the Chui region example the content of heavy metals in different soils and plants samples are measured; by decreasing time of particles registration up to 5 ms and choosing optimal area for optical signal registration scintillation method of analysis is modernized.

**Range of application:** research results are used in SRI projects on low-temperature plasma in fundamental and applied applications; obtained plasma generators physical parameters and main technological cycles of matter’s content investigation process are ready to be used on practice.

**Scope of application:** research results can be used in gold mining, chemical industry and for environmental protection control in the Ministry of Economy, the State Agency for Geology and Mineral Resources, the State Agency for Environmental Protection and Forestry.

Подписано к печати 25.01.2016 г.

Бумага офсет. Формат 60х84 1/16

Объём 1,75 п.л. Тираж 100 экз.

Отпечатано в типографии «Университет» КНУ им. Ж.Баласагына

г.Бишкек, просп. Манаса, 101

Тел.:+996 (312) 32 31 75; 32 31 91