

10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Национальный исследовательский Томский государственный университет»**



**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по образовательной деятельности,

*[Signature]* Е.В. Луков

(подпись) \_\_\_\_\_ 05 2021

**ПРОГРАММА**  
**ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ**  
**Основы масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой и**  
**методы интерпретации полученных данных**  
36 часов

Направление 21.05.02 Прикладная геология

СОГЛАСОВАНО:

Декан ГГФ  
Директор ИДО

П.А. Тишин  
М.О. Шепель

Томск 2021

ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УЧЕБНЫЙ ПЛАН  
программы повышения квалификации

«Основы масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой и методы интерпретации полученных данных»

№ п/п	Наименование модулей (курсов)	Общая трудоемкость, ч	Всего контакти. ч	Контактные часы		СРС, ч	Формы контроля
				лекции	практические и семинарские занятия		
I	Основы масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой и методы интерпретации полученных данных	34	32	22	10	2	устный опрос
	Итоговая аттестация	2	2		2		практическая работа
	<b>Итого</b>	36	34	22	12	2	
Итоговая аттестация защита итоговой практической работы							

ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УЧЕБНО-ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

программы повышения квалификации

«Основы масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой и методы интерпретации полученных данных»

Категория слушателей: – специалисты, занимающиеся лабораторными исследованиями геологических объектов.

Срок обучения: – 5 дней

Форма обучения: – очная

Режим занятий: 6-8 часов в день

№ п/п	Наименование модулей (курсов)	Общая трудоемкость, ч	Всего контактн. ч	Контактные часы		СРС, ч	Формы контроля
				лекции	практические и семинарские занятия		
I	<b>Модуль 1. Основы масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой и методы интерпретации полученных данных</b>	<b>34</b>	<b>32</b>	<b>22</b>	<b>10</b>	<b>2</b>	<b>Устный опрос</b>
1.1	<i>Раздел 1. Основы масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой</i>	26	26	18	8		Устный опрос
1.1.1	Тема 1. Спектральные методы. Обзорная информация. Виды, возможности, области применения.	3	3	3			
1.1.2	Тема 2. Масс-спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой. Основы, возможности и проблемы метода.	5	5	4	1		
1.1.3	Тема 3. Требования к аналитическим работам. Реактивы, пробоподготовка, градуировка, основные составляющие прибора, практическое применение метода	6	6	3	3		
1.1.4	Тема 4. Объекты исследования. Особенности пробоотбора, хранения, подготовки аналитических проб	6	6	4	2		
1.1.5	Тема 5. Метрология. Аккредитация. Валидация. Виды контроля. Неопределенность результатов измерений.	6	6	4	2		
1.2	<i>Раздел 2. Методы интерпретации геохимических данных</i>	8	6	4	2	2	Устный опрос
1.2.1	Тема 1. Элементы. Геохимические индикаторы, коэффициенты, классификационные диаграммы.	8	6	4	2	2	
	<b>Итоговая аттестация</b>	2	2		2		<b>Итоговая практическая работа</b>
	<b>Итого</b>	<b>36</b>	<b>34</b>	<b>22</b>	<b>12</b>	<b>2</b>	



# ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

## «Основы масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой и методы интерпретации полученных данных»

### ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОГРАММЫ

На данном уровне геологических исследований их неотъемлемой частью становятся исследования элементного состава. Такие аналитические данные позволяют получать более широкий спектр информации об исследуемых объектах и, тем самым, делать более достоверные выводы. Это ведет к уточнению понимания процессов образования и преобразования пород-коллекторов и покровов, что в свою очередь ведет к повышению точности создания комплексных геологических моделей.

Программа реализуется для повышения квалификации специалистов, занимающихся исследованиями геологических объектов методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-МС).

Курс направлен на освоение теоретических аспектов метода ИСП-МС, получения практических навыков в выборе образцов для исследования, на обучение основам пробоподготовки различных образцов, правилам съемки, обработки и коррекции результатов, помимо этого, курс направлен на получение знаний и умений в области обработки результатов анализов с последующей интерпретацией.

Полученный объем знаний позволит слушателям понимать аппаратные особенности метода и применять полученные навыки при решении производственных задач.

Содержание и объем программы отвечает мировым стандартам высшего геологического образования.

Программа разработана в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 21.05.02 Прикладная геология (уровень специалитета), специализация №1 «Геологическая съемка, поиски и разведка твердых полезных ископаемых», утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ N 548 от 12 мая 2016 г., зарегистрированного в Минюсте России 26.05.2016, рег. номер 42286; а также в соответствии с ОСТ 41-08-212-04 «Управление качеством аналитических работ. Нормы погрешности при определении химического состава минерального сырья и классификация методик лабораторного анализа по точности результатов» (Утвержден Федеральным научно-методическим центром лабораторных исследований и сертификации минерального сырья «ВИМС» МПР России (ФНМЦ «ВИМС»). Реестр НД МПР РФ № ОСТ 41 -08-212-04).

**Цель реализации программы:** освоение обучающимися теоретических основ и практических навыков метода ИСП-МС, получение умений обработки и интерпретации результатов химического состава вещества.

#### **Планируемые результаты обучения.**

В результате освоения программы повышения квалификации слушатель должен:

*Знать:*

- теоретические основы метода ИСП-МС, возможности и ограничения применения данного метода;
- метрологические основы метода, проведение различных видов контроля, снятие неопределенностей результатов измерений;
- теорию распределения элементов в различных породных ассоциациях и минералах;

*Владеть навыками:*

- выбора и пробоподготовки образцов горных пород для ИСП-МС;
- градуировки, проведения съемки, коррекции полученных данных по внешним и внутренним стандартам;



– интерпретации аналитических данных по результатам ИСП-МС.

*Выполнять следующие трудовые действия:*

– решение практических задач для геологической производственной и научной деятельности в нефтегазовой отрасли.

**Категории обучающихся:** специалисты, занимающиеся лабораторными исследованиями геологических объектов.

**Входные требования к обучающимся.** Необходимы базовые знания по геологическим и химическим наукам.

**Трудоемкость обучения:** Нормативная трудоемкость обучения по данной программе составляет 36 академических часов, включая самостоятельную работу слушателей.

**Форма обучения:** очная.

**Календарный учебный график** формируется непосредственно при реализации программы повышения квалификации «Основы масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой и методы интерпретации полученных данных». Календарный учебный график представлен в форме расписания занятий при наборе группы на обучение.

**Особенности (принципы) построения программы повышения квалификации «Основы масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой и методы интерпретации полученных данных»:**

– программа реализуется с привлечением высококвалифицированных специалистов;

– практические занятия проводятся на базе центра коллективного пользования «Аналитический центр геохимии природных систем» с использованием современного прецизионного оборудования;

– сочетание теоретических (основы, ограничения метода) и практических (пробоподготовка, проведение съемки на приборе) аспектов в области масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой;

– теоретические и практические занятия для обработки полученных результатов химического анализа и их интерпретации;

– итоговая аттестационная работа выполняется в форме итоговой практической работы.

## **ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ**

### **(формы аттестации, оценочные и методические материалы)**

Аттестационные испытания проводятся итоговой аттестационной комиссией. Состав комиссии определяется деканом факультета и утверждается приказом.

Итоговая аттестация проводится в форме зачета по представленной итоговой практической работе, посвященной интерпретации данных растровой электронной микроскопии в области микроструктурного анализа и минерального состава осадочных горных пород нефтегазовых месторождений. Работа представляется в печатном виде (объем до 10 печатных страниц, формат А4 в соответствии с требованиями предъявляемые к научным текстам).

В результате написания итоговой аттестационной работы слушатель должен показать:

1. достаточные теоретические знания и практические навыки;
2. способность к обобщению и критической оценке существующей проблемы;
3. умение качественно оформлять работу.

Во время аттестационных испытаний обучающиеся могут пользоваться программой учебной дисциплины, а также справочной литературой.

К защите итоговой аттестационной работы допускаются слушатели, полностью прослушавшие лекционный курс и выполнившие все предусмотренные учебным планом практические задания.

По результатам проверки итоговой аттестационной работы аттестационная комиссия принимает решение о выдаче удостоверения о повышении квалификации.

### **КАДРОВЫЕ УСЛОВИЯ**

#### **Руководитель программы:**

Афонин Игорь Викторович, канд. геол.-минерал. наук, доцент кафедры динамической геологии, научный сотрудник лаборатории геохронологии и геодинамики ТГУ.

#### **Составители программы:**

Афонин Игорь Викторович, канд. геол.-минерал. наук, доцент кафедры динамической геологии, научный сотрудник лаборатории геохронологии и геодинамики ТГУ;

Рабцевич Евгения Сергеевна, инженер-исследователь испытательной лаборатории «Аналитический центр геохимии природных систем»;

Бабенков Денис Евгеньевич, инженер-исследователь испытательной лаборатории «Аналитический центр геохимии природных систем», младший научный сотрудник лаборатории геохронологии и геодинамики ТГУ.

# ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

### «Основы масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой и методы интерпретации полученных данных»

#### I. СОДЕРЖАНИЕ

№, наименование темы	Содержание лекций (кол-во часов)	Наименование практических (семинарских занятий) (кол-во часов)	Виды СРС (кол-во часов)
<i>Раздел 1. Основы масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (26 часов)</i>			
Тема 1. Спектральные методы. Обзорная информация. Виды, возможности, области применения (3 ч)	Физико-химические и химические методы количественного анализа. Отличия ФХМА от ХМА. Область применения и возможности ФХМА. Виды и типы ФХМА. Спектральные методы анализа. Спектр. Типы спектров. Основы качественного и количественного анализа спектральными методами. Применение спектральных методов анализа. Масс-спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-МС) (3 ч)		
Тема 2. Масс-спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой. Основы, возможности и проблемы метода (5 ч)	Физико-химическая основа метода. Принцип работы масс-спектрометра с индуктивно-связанной плазмой Возможности метода ИСП-МС Проблемы метода ИСП-МС Спектральное и несектральное матричное влияние	Способы учета и устранения матричных эффектов (1 ч)	



	Спектральные интерференции (4 ч)		
Тема 3. Требования к аналитическим работам. Реактивы, пробоподготовка, градуировка, основные составляющие прибора, практическое применение метода (6 ч)	Требования к анализу. Реактивы. Посуда. Пробоподготовка. Градуировка. Использование внутренних стандартов или изотопных меток. Использование внешнего стандарта. Основные составляющие прибора. Общая схема. Назначение и роль составляющих прибора (3 ч)	Практическое применение метода масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой Практическая работа по проведению анализа раствора Техническое обслуживание масс-спектрометра с индуктивно-связанной плазмой (3 ч)	
Тема 4. Объекты исследования. Особенности пробоотбора, хранения, подготовки аналитических проб (6 ч)	Объекты исследования. Пробоотбор. Условия отбора представительной навески. Условия транспортировки и хранения проб. Отбор аналитической навески. Пробоподготовка (4 ч)	Пробоподготовка. Сухая пробоподготовка. Мокрая пробоподготовка. Методы концентрирования и разделения. Известные подходы в пробоподготовке при анализе конкретных объектов (2 ч)	
Тема 5. Метрология. Аккредитация. Валидация. Виды контроля. Неопределенность результатов измерений (6 ч)	Требования к аккредитованной лаборатории согласно ГОСТ ИСО 17025-19. Разработка методики. Валидация/верификация методики. Алгоритмы проведения внутрилабораторного контроля в соответствии с РМГ 76. Цель проведения ВЛК. Оперативный контроль. Контроль стабильности измерений. Периодичность проведения. Способы контроля. Практический расчёт. Неопределённость	Неопределённость результатов измерений. Подходы к расчёту неопределённости. Составляющие неопределённости. Виды неопределённости. Расчёт неопределённости. Примеры расчёта неопределённости (2 ч)	



	результатов измерений (4 ч)		
<i>Раздел 2. Методы интерпретации геохимических данных (8 ч.)</i>			
Тема 1. Элементы. Геохимические индикаторы, коэффициенты, классификационные диаграммы (8 ч)	Обзор форм нахождения элементов в минералах и породах. Обзор различных индикаторов, коэффициентов и диаграмм. Примеры интерпретации (4 ч)	Расчет геохимических индикаторов, построение диаграмм, анализ полученных данных и их интерпретация (2 ч)	Работа с учебными практическими данными для написания итоговой практической работы (2 ч)
<b>Выполнение проектной работы</b>			

## **II. УСЛОВИЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ МОДУЛЯ (организационно-педагогические)**

### **Материально-технические условия реализации программы курса**

Для проведения занятий и демонстрации материалов используется мультимедийное и компьютерное оборудование геолого-географического факультета ТГУ и центра коллективного пользования «Аналитический центр геохимии природных систем».

### **Учебно-методическое и информационное обеспечение программы:**

#### **Методические рекомендации и пособия по изучению курса.**

Курс разделен на два раздела. Первый раздел состоит из двух частей. Первая часть посвящена теоретическим аспектам метода ИСП-МС: аппаратные особенности, возможности и ограничения метода, метрологические характеристики. Вторая часть рассматривает практические аспекты, связанные с отбором, отбраковкой, подготовкой геологических образцов к исследованиям. Рассматриваются различные методы проведения съемок, особенности получаемых аналитических данных, проверка их корректности. Второй раздел посвящен методам интерпретации полученных данных с использованием геохимических индикаторов, коэффициентов и различных классификационных диаграмм.

Для успешного освоения курса рекомендуется в тезисном виде фиксировать ключевые моменты как теоретического, так и практического блоков для исключения характерных ошибок при проведении исследования методом ИСП-МС в профессиональной деятельности. Ведение конспектов необходимо дополнять зарисовками либо представительными картинками с пояснениями и условными обозначениями, необходимым условием является ведение терминологического словаря. Это будет способствовать качественному выполнению самостоятельных работ и итоговой практической работы.

Вся литература, рекомендуемая к прочтению в рамках курса, имеется в электронном виде и может быть предоставлена слушателям курса.

#### **Литература**

##### *Основная литература*

1. Пупышев А.А. Масс-спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой. Образование ионов / А.А. Пупышев, В.Т. Суриков. -Екатеринбург: УрОРАН, 2006. – 276с.
2. Экман Р. Масс-спектрометрия: аппаратура, толкование и приложения: базовый курс по основам масс-спектрометрии: от теоретических основ до тонкостей применения метода / Р. Экман, Е. Зильберин, Э. Вестман-Бринкмальм, А.Край; под ред. А.Т. Лебедева [пер. с англ. П.С. Метальникова]. –М.:Техносфера, 2013. -352с.
3. Лебедев А.Т. Масс-спектрометрия для анализа объектов окружающей среды / А.Т. Лебедев. – М.: Техносфера, 2013. -624с.
4. Балашов Ю.А. Геохимия редкоземельных элементов / Ю.А. Балашов. –М.: Наука, 1976. – 278 с.
5. Дубинин А.В. Геохимия редкоземельных элементов в океане /А.В Дубинин. – М.: Наука, 2006. – 360 с.
6. Интерпретация геохимических данных: Учеб. пособие / Е.В. Складов и др.; Под ред. Е.В. Складова. – М.: Интермет Инжиниринг, 2001 – 288 с.
7. Маслов А.В. Осадочные породы и методы изучения и интерпретации полученных данных /А.В. Маслов. – Екатеринбург: УГГУ, 2005. – 289 с.

##### *Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети Интернет*

Интернет-поисковые базы данных Web of Science, Scopus, e-library и сайтов ММА, мировых геологических и геохимических обществ.

### **III. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ МОДУЛЯ (формы аттестации, оценочные и методические материалы)**

Промежуточный контроль программы осуществляется в форме устного опроса по темам курса.

Примерный перечень контрольных вопросов:

1. Какие физико-химические (ФХМА) и химические методы (ХМА) количественного анализа существуют?
2. Перечислите основные отличия ФХМА от ХМА.
3. Дайте определение термина спектр? Какие типы спектров вы знаете?
4. Области применения спектральных методов?
5. Основы качественного и количественного анализа спектральными методами?
6. Физико-химические основы метода масс-спектрометрии с индуктивно- связанной плазмой (ИСП-МС)?
7. Опишите основные проблемы метода ИСП-МС.
8. Спектральное и несектральное матричное влияние.
9. Спектральные интерференции определение примеры.
10. Внутренние и внешние стандарты. Назначение. Особенности использования.
11. Опишите основные составляющие прибора (масс-спектрометра) и их назначение.
12. Особенности пробоотбора и проподготовки геологических объектов.
13. Разработка и верификация методики.
14. ГОСТ ИСО 17025-19.
15. Особенности проведения внутрिलाбораторного контроля.
16. Виды контроля в ИСП-МС, их назначение и функции.
17. Неопределенность результатов измерений и пути их решения.
18. Типизация элементов по нахождению в природе.
19. Особенности элементного состава пород.
20. Индикаторы фациальных условий седиментации.
21. Особенности комплексирования индикаторов и коэффициентов.