


УТВЕРЖДАЮ
Директор ИПР

 А.Ю. Дмитриев
« 1 » 06 2016 г.

**БАЗОВАЯ РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ МИНЕРАЛОВ**

НАПРАВЛЕНИЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ) ООП

21.05.02 ПРИКЛАДНАЯ ГЕОЛОГИЯ

ПРОФИЛЬ ПОДГОТОВКИ (СПЕЦИАЛИЗАЦИЯ)

«Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений твердых полезных ископаемых»

КВАЛИФИКАЦИЯ: ГОРНЫЙ ИНЖЕНЕР-ГЕОЛОГ

БАЗОВЫЙ УЧЕБНЫЙ ПЛАН ПРИЕМА 2016 г.

КУРС 3; СЕМЕСТР 5;

КОЛИЧЕСТВО КРЕДИТОВ: 3

КОД ДИСЦИПЛИНЫ: С.3.ВМ.5.1.1

Виды учебной деятельности	Временной ресурс
Лекции, ч	16
Практические занятия, ч	-
Лабораторные занятия, ч	32
Аудиторные занятия, ч	48
Самостоятельная работа, ч	60
ИТОГО, ч	108

ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ: экзамен в 5 семестре

ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕЕ ПОДРАЗДЕЛЕНИЕ: кафедра геологии и разведки полезных ископаемых

ЗАВЕДУЮЩИЙ КАФЕДРОЙ:

к.г.-м.н., доцент Р.Ю. Гаврилов

РУКОВОДИТЕЛЬ ООП:

к.г.-м.н., доцент Л.А. Краснощекова

ПРЕПОДАВАТЕЛИ:

к.г.-м.н., ассистент М.А. Рудмин

2016 г.

1. Цели освоения модуля (дисциплины)

Цели освоения дисциплины: формирование у обучающихся целей **Ц1**, **Ц3** (табл. 1) освоения дисциплины (модуля) «Физические методы исследования минералов» в области обучения, воспитания и развития, соответствующие целям ООП «Прикладная геология».

Таблица 1

Цели образовательной программы

№ пп	Цели обучения
Ц1	Выпускники обладают глубокими общенаучными и инженерными знаниями, практическими навыками и личностными компетенциями, имеют широкую эрудицию и стремление к постоянному повышению своего профессионализма в области прикладной геологии.
Ц3	Выпускники способны применять современные технологии и оборудование, вносить значительный вклад в повышение ресурсоэффективности и конкурентоспособности предприятий минерально-сырьевой отрасли.

2. Место модуля (дисциплины) в структуре ООП

Дисциплина относится к вариативной части (С3.В.1.1) профессионального цикла.

Дисциплине предшествует освоение дисциплин (ПРЕРЕКВИЗИТЫ): общая геология, математика, минералогия, петрография и др.

Содержание разделов дисциплины (модуля) согласовано с содержанием дисциплин, изучаемых параллельно (КОРЕКВИЗИТЫ): геодинамика и минерагения, геохимические методы поисков месторождений полезных ископаемых

3. Результаты освоения модуля (дисциплины)

В соответствии с требованиями ООП освоение дисциплины направлено на формирование у студентов следующих компетенций (результатов обучения), в т.ч. в соответствии с ФГОС (см. табл. 2).

Таблица 2

Составляющие результатов обучения, которые будут получены при изучении данной дисциплины

Результаты обучения	Составляющие результатов обучения					
	Код	Знания	Код	Умения	Код	Владение опытом
P4	34.3	Физические, химические, ядерно-физические методы изучения металлических, неметаллических, горючих полезных ископаемых	У4.3	Диагностировать минеральный состав твердых полезных ископаемых и определять последовательность и условия их образования	В4.3	Приемами и способами диагностики состава полезных ископаемых

По окончании изучения дисциплины «Физические методы исследования минералов» студент будет способен: применять полученные знания, умения, навыки и компетенции при изучении специальных дисциплин и в дальнейшей производственной деятельности.

4. Структура и содержание дисциплины

4.1. Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Природа свойств минералов и методы их изучения.

Лекция. Введение. Цели и задачи дисциплины «Физические методы исследования минералов», связь с другими науками и ее значение для минералогии и практики геологоразведочных работ. История развития и роль методов исследования минерального вещества в науках о Земле. Классификация методов исследования минерального вещества.

Минерал как объект физических исследований. Классификация физических методов минералогического исследования. Прямые и косвенные методы изучения структуры, вещественного состава, физических и физико-химических свойств минералов. Методы исследования кристаллического вещества. Физические методы исследования минералов, используемые на кафедре геологии и

разведки полезных ископаемых и в Институте природных ресурсов ТПУ.

Этапы изучения природных техногенных образований. Четкая, конкретная постановка задачи исследования. Выбор метода анализа или сочетания методов, выполняемых в определенной очередности. Тщательная подготовка проб в соответствии с требованиями выбранных методов. Проведение анализов. Интерпретация результатов и получение выводов с учетом ограничений возможностей методов.

Обогащение проб и выделение минеральных концентратов. Основные понятия и схемы подготовки проб.

Лабораторная работа №1

Обогащение пробы и выделение минеральных концентратов – 6 часа.

Раздел 2. Методы исследования структуры минералов.

Лекция. Физические основы рентгенографии минералов.

Получение и свойства рентгеновских лучей. Сплошной и характеристический спектры рентгеновского излучения, их применение для структурного и фазового анализов. Поглощение и рассеяние рентгеновского излучения монокристаллом. Уравнения Лауэ и Вульфа-Брэгга. Интерференция рентгеновских лучей в поликристаллических веществах. Современные методы съемки рентгенограмм. Метод Лауэ, Дебая-Шерера, дифрактометрический, метод вращающегося кристалла. Интерпретация данных и информационное обеспечение метода. Идентификация минералов. Возможности и недостатки метода рентгеноструктурного анализа минералов.

Лекция. Электронография, нейтронография. Исследование тонкодисперсных минералов с помощью сканирующего электронного микроскопа. Изучение радиоактивных минералов методом радиографии.

Определение минералов методом инфракрасной спектроскопии. Особенности методики измерений характеристических спектров минералов. Современные инфракрасные спектрометры. Идентификация минералов в полиминеральной пробе.

Лабораторная работа № 2

Определение минералов методом инфракрасной спектроскопии (Shimadzu IRPrestige-21) – 4 часа.

Раздел 3. Современные методы определения вещественного состава минералов.

Лекция. Физические основы эмиссионного спектрального анализа минерального сырья. Особенности возбуждения эмиссионных спектров атомов химических элементов в минерале. Качественный и количественный спектральный анализ. Атомно-эмиссионный анализ, атомно-абсорбционный анализ, лазерный микрозонд. Современные приборы и техника спектрального эксперимента. Призмные и дифракционные спектрографы.

Возможности рентгенофлуоресцентной спектроскопии. Рентгеновский микроанализ. Вторичная электронная эмиссия и ее использование в электронных микроскопах.

Лекция. Стабильные изотопы в геологических исследованиях. Физические основы масс-спектрометрии. Разрешающая способность, чувствительность и конструкции масс-спектрометров. Анализ особо чистого минерального сырья. Методика определения изотопного состава. Вторично-ионная масс-спектрометрия (ВИМС). Особенности применения масс-спектрометрии для решения вопросов минералогии.

Ядерно-физические методы анализа элементного состава минералов. Виды ионизирующих излучений. Методы определения естественной радиоактивности. Источники и генераторы излучения (циклотроны, бетатроны, синхротроны, ядерные реакторы). Регистрация излучения. Нейтронно-активационный анализ минерального сырья. Применение ионизирующего излучения для изучения физических свойств минералов (радиационная минералогия).

Физическая сущность эффекта Мессбауэра, Основные характеристики спектров резонансного поглощения. Аппаратура и возможности метода ЯМР (ядерного магнитного резонанса).

Классическая и квантовая теория электронно-парамагнитного резонанса (ЭПР). Тонкая и сверхтонкая структура. Методические особенности применения ЭПР в минералогии. Аппаратура ЭПР.

Лекция. Термический анализ. Методы экспресс-анализа минерального сырья.

Методы термобарометрии. Гомогенизация и декрепитация газовой-жидких включений. Достоинства и недостатки вакуумного и термовзвешивания. Комплексный анализ методом синхронной регистрации радиочастотной электромагнитной и акустической эмиссии при нагревании минералов в вакууме.

Лабораторная работа №3

Определение содержания химических элементов в пробах методом рентгенофлуоресцентного анализа (Innov X-50) – 2 часа.

Лабораторная работа №4

Определение содержания химических элементов в минералах методом рентгенофлуоресцентного анализа (HORIBA XGT-7200) – 2 часа.

Лабораторная работа №5

Идентификация минералов методом рентгенофлуоресцентного анализа (HORIBA XGT-7200) – 4 часа.

Лабораторная работа №6

Изучение внутренней структуры минералов методом рентгенофлуоресцентного анализа (HORIBA XGT-7200) – 2 часа.

Лабораторная работа №7

Изучение структуры и фазового состава минералов с помощью электронного микроскопа (TESCAN VEGA 3 SBU с ЭДС OXFORD X-Max 50)– 2 часа.

Лабораторная работа №8

Изучение основных характеристик флюидных включений методом термобарогеохимии (Поляризационный микроскоп Axio Scope.A1 с термокамерой Lincam) – 2 часа.

Лабораторная работа №9

Определение элементного состава вещества атомно-эмиссионным методом (DEMO PRODIGY DC) – 2 часа.

Раздел 4. Методы исследования физических свойств минералов.

Лекция. Оптические свойства минералов и методы их изучения. Природа окраски минералов. Влияние внешних воздействий на оптические свойства минералов и кристаллов.

Определение твердости методом микровдавливания. Микротвердомеры. Анизотропия твердости минералов. Основные принципы методики измерения твердости методом микровдавливания.

Колориметрический метод. Закон Бугера-Ламберта-Бера. Оптическая плотность, коэффициенты пропускания, спектры отражения. Фотоколориметрия. Регистрация спектров оптического поглощения минералов в видимой и ультрафиолетовой области.

Люминесцентные свойства минералов. Фотолюминесценция. Рентгенолюминесценция. Термолюминесценция. Спектры свечения. Методы и аппаратура для проведения люминесцентно-битуминологического анализа.

Современные приборы для анализа светопоглощения и светоиспускания. Фотокolorиметры. Спектрофотометры. Монохроматоры. Фотоэлектронные умножители.

Электрофизические свойства минералов. Методы изучения электропроводности минералов.

Лабораторная работа №10

Определение твердости минералов на микротвердометре (ПМТ-3М) – 2 часа.

Лабораторная работа №11

Определение абсолютного значения показателя отражения рудных минералов при помощи спектрофотометра (МСФУ-К) – 2 часа.

Раздел 5. Прикладные вопросы минералогии.

Комплексирование физических методов для решения задач генетической минералогии. Синтез минералов. Радиационная минералогия. Геммология. Биоминералогия. Использование физических свойств минералов в технологическом картировании. Исследования в области применения новых физических методов изучения минералов и горных пород.

Определение контуров рудного тела люминесцентными методами. Оценка эрозионного среза и масштаба скрытого оруденения. Особенности выявления вертикальной и латеральной зональности по термолюминесценции минералов-индикаторов. Оценка зон окисления (восстановления) методом ЯМР. Геохимическая характеристика минералообразующей среды по данным электронно-парамагнитного резонанса. Рациональный комплекс физических методов исследования типоморфных свойств минералов в оценке рудоносности. Расчленение и корреляция карбонатных отложений радиационно-оптическими методами. Эколого-геохимическая оценка минерального сырья.

Лабораторная работа №12

Составление проекта комплексного изучения минерального вещества с применением физических методов – 4 часа.

4.2. Структура дисциплины по разделам, видам учебной деятельности и формам организации обучения

Таблица 3

Структура дисциплины по разделам, видам учебной деятельности и формам организации обучения

№	Название раздела (темы)	Аудиторная работа (час)		СР С (час)	Контр. работа	Итого
		Лекции	Лабораторные занятия			
1	Природа свойств минералов и методы их изучения	2		2		4
2	Обогащение пробы и выделение минеральных концентратов		4	4		8
3	Методы исследования структуры минералов	4		4		8
4	Определение минералов методом инфракрасной спектроскопии		4	2		6
5	Современные методы определения вещественного состава минералов	6		6		12
6	Определение содержания химических элементов в пробах методом рентгенофлуоресцентного анализа (Innov X-50)		2	1		3
7	Определение содержания химических элементов в минералах методом рентгенофлуоресцентного анализа (HORIBA XGT-7200)		2	3		5
8	Идентификация минералов методом рентгенофлуоресцентного анализа (HORIBA XGT-7200)		4	4		8
9	Изучение внутренней структуры минералов методом рентгенофлуоресцентного анализа		2	1		3
10	Изучение структуры и фазового состава минералов с помощью электронного микроскопа		2	5		7
11	Изучение основных характеристик флюидных включений методом термобарогеохимии		2	4		6
12	Определение элементного состава вещества атомно-эмиссионным методом		2	4		6
13	Методы исследования физических свойств минералов	2		2		4
14	Определение твердости минералов на микротвердометре		2	2		4
15	Определение абсолютного значения показателя отражения рудных минералов при помощи		2	3		5

	спектрофотометра					
16	Прикладные вопросы минералогии	2		5		7
17	Составление проекта комплексного изучения минерального вещества с применением физических методов		4	8	ИДЗ	12
	Итого	16	32	60		108

5. Образовательные технологии

При освоении дисциплины «Физические методы исследования минералов» используются следующие сочетания видов учебной работы с методами и формами активизации познавательной деятельности студентов для достижения запланированных результатов обучения и формирования компетенций.

Специфика сочетания методов и форм организации обучения отражается в матрице (см. табл. 4).

Таблица 4.

Методы и формы организации обучения

Методы \ ФОО	Лекц.	Лаб. раб.	Пр. зан./сем.	Тр. [*] , Мк ^{**}	СРС
IT-методы		+			+
Работа в команде	+	+			+
Игра	+	+			
Методы проблемного обучения	+	+			+
Обучение на основе опыта	+	+			
Опережающая самост. работа		+			+
Проектный метод		+			+
Поисковый метод		+			
Исследовательский метод		+			+

* - Тренинг, ** - мастер-класс.

Для достижения поставленных целей преподавания дисциплины реализуются следующие средства, способы и организационные мероприятия:

- изучение теоретического материала дисциплины на лекциях с использованием компьютерных технологий;
- самостоятельное изучение теоретического материала дисциплины с использованием *Internet*-ресурсов, информационных баз, методических разработок, специальной учебной и научной литературы;
- закрепление теоретического материала при проведении практических занятий с использованием поисковых, творческих заданий.

6. Организация и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа является наиболее продуктивной формой образовательной и познавательной деятельности студента в период обучения. Для реализации творческих способностей и более глубокого освоения дисциплины предусмотрены такие виды самостоятельной работы, как текущая и творческая проблемно-ориентированная.

6.1. Виды и формы самостоятельной работы

Самостоятельная работа студентов включает текущую и творческую проблемно-ориентированную самостоятельную работу (ТСР).

Текущая СРС направлена на углубление и закрепление знаний студента, развитие практических умений и включает:

- опережающая самостоятельная работа по темам лабораторных занятий;
- оформлению отчётов по лабораторным работам;
- работа с информационными ресурсами Интернета;
- подготовка к контрольной работе, к зачету.

Творческая самостоятельная работа включает:

- поиске, анализе, структурировании и презентации информации;
- выполнении индивидуальных заданий;
- углубленное исследование вопросов по тематике лабораторных занятий;
- исследовательской работе и участии в научных студенческих конференциях, семинарах и олимпиадах.

6.2. Контроль самостоятельной работы

Оценка результатов самостоятельной работы осуществляется как единство двух форм: самоконтроль и контроль со стороны преподавателей.

При защите отчетов по лабораторным работам и индивидуальном домашнем задании проводится устное собеседование.

При выполнении самостоятельной работы рекомендуется использовать:

- комплект учебно-методической документации по дисциплине, основную и дополнительную литературу,
- интернет-ресурсы,
- программное обеспечение компьютерного класса.

7. Средства текущей и промежуточной оценки качества освоения дисциплины

Оценка качества освоения дисциплины производится по результатам следующих контролирующих мероприятий (см. табл. 5).

Таблица 5

Контролирующие мероприятия дисциплины	
Контролирующие мероприятия	Результаты обучения по дисциплине
Индивидуальные задания	Защита
Презентации по тематике исследований	Защита и научная дискуссия
Тестирование по пройденным темам	
Рефераты по теме самостоятельного изучения	Отчеты по теме
Сдача экзамена, зачета и курсового	

Текущий контроль результатов изучения дисциплины осуществляется в течение каждого месяца путем оценки самоподготовки к занятиям, выполнения лабораторных работ и контрольных работ по пройденному материалу. В конце каждого месяца определяется итоговая рейтинговая оценка в баллах.

Итоговый контроль предусмотрен в форме экзамена, предполагает оценку теоретических знаний студентов по каждому разделу данной дисциплины и способности студентов применять эти знания и приобретенные практические навыки к выбору физических методов исследования минералов для решения минералогических задач.

8. Рейтинг качества освоения дисциплины (модуля)

Оценка качества освоения дисциплины в ходе текущей и промежуточной аттестации обучающихся осуществляется в соответствии с «Руководящими материалами по текущему контролю успеваемости, промежуточной и итоговой аттестации студентов Томского политехнического университета», утвержденными приказом ректора № 77/од от 29.11.2011 г.

В соответствии с «Календарным планом изучения дисциплины»:

- текущая аттестация (оценка качества усвоения теоретического материала (ответы на вопросы и др.) и результаты практической деятельности (решение задач, выполнение заданий, решение проблем и др.) производится в течение семестра (оценивается в баллах (максимально 60 баллов), к моменту завершения семестра студент должен набрать не менее 33 баллов);

- промежуточная аттестация (экзамен, зачет) производится в конце семестра (оценивается в баллах (максимально 40 баллов), на экзамене (зачете) студент должен набрать не менее 22 баллов).

Итоговый рейтинг по дисциплине определяется суммированием баллов, полученных в ходе текущей и промежуточной аттестаций. Максимальный итоговый рейтинг соответствует 100 баллам.

9. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

9.1. Основная литература

1. Гинзбург А.И., Кузьмин В.И., Сидоренко Г.А. Минералогические исследования в практике геологоразведочных работ. – М.:Недра,1981.- 237 с.
2. Марфунин А.С. Спектроскопия, люминесценция и радиационные центры в минералах. - М.: Недра, 1975. - 327 с.
3. Таращан А.Н. Люминесценция минералов. - Киев:Наукова думка,1978. - 296 с.
4. Плюшина И.И. Инфракрасные спектры минералов.- М.: Изд-во МГУ, 1977.- 32 с.
5. Джонс М.П. Прикладная минералогия. -М.: Недра, 1991. - 391 с.
6. Матросов И.И., Чистяков В.К., Погорелов Ю.Л. Исследование термолюминесценции геологических материалов.- Томск: Изд-во Томского ун-та, 1979. - 114 с.
7. Афонин В.П., Гуничева Т.Н., Пискунов Л.Ф. Рентгенофлуоресцентный силикатный анализ. – Новосибирск: Наука, 1984. – 226 с.
8. Гурвич М.Ю. Современные методы исследования минералов, горных пород и руд (учебное пособие). – М.: РГГРУ. – 2009. – 143 с.
9. Красильщикова О.А., Таращан А.Н., Платонов А.И. Окраска и люминесценция природного флюорита. – Киев:Наукова думка, 1986. – 224 с.
10. Эшкин В.Ю., Сальдау Э.П., Абакумова Н.Б. и др. Лабораторные методы исследования минералов - Л.: Ленинградский горный институт, 1988.- 111 с.
11. Методы изучения и оценки месторождений кварцевого сырья./ Сост.: Е.П.Мельников, С.В.Колодиева, М.Ф.Ярмак и др. - М.:Недра, 1990. - 168 с.

9.2. Дополнительная литература

1. Марфунин А.С. Введение в физику минералов. - М.:Недра, 1974. - 324 с.
2. Буланов В.А., Сизых А.И. Кристаллохимизм породообразующих минералов: учебное пособие. – Иркутск: Иркут. Ун-т, 2005. – 220 с.
3. Ракчеев А.Д. Термолюминесценция минералов и горных пород и ее значение для геологии // Изв.ВУЗов. Геология рудных месторождений. - 1962. - № 5. - С.11-22.
4. Минералогия и кристаллофизика ювелирных разновидностей кремнезема / В. Г. Балакирев, Е. Я. Киевленко, Л. В. Никольская, М.И. Самойлович, В. Е. Хаджи, Л. И. Цинобер. - М. : Недра, 1979. - 149 с.
5. Физические исследования кварца. - М.: Недра, 1975. - 65 с.
6. Морозова Н.К. Конспект лекций по курсу «Кристаллография и методы исследования структур». – М.:МГУ, 1973.
7. Патнис А., Мак-Коннэл Дж. Основные черты поведения минералов. - М.: Мир, 1983. - 304 с.
8. Вотяков С.Л., Краснобаев А.А., Крохалев В.Я. Проблемы прикладной спектроскопии минералов. - Екатеринбург.: УИФ"Наука", 1993. - 236 с.
9. Кузнецов Г.В., Таращан А.Н. Люминесценция минералов гранитных пегматитов. - Киев:Наукова думка, 1988. – 180 с.
10. Бокий Г.Б., Порай-Кошиц М.А. Рентгеноструктурный анализ. –М.: МГУ, 1964.
11. Гаранин В.К., Кудрявцева Г.П. Применение электронно-зондовых приборов для исследования минерального вещества. –М.: Недра, 1984.
12. Горобец Б.С., Гафт М.Л., Подольский А.М. Люминесценция минералов и руд. –М.: ИПК Мингео СССР, 1989.
13. Ермолаев В.А., Похолков Ю.П. и др. Радиография и радиографические ячейки. - Томск, 1997. - 224 с.
14. Иванова В.П. и др. Термический анализ минералов в горных породах. –Л.: Недра, 1974.
15. Ишков Ю.М., Рейф Ф.Г. Лазерно-спектральный анализ включений рудоносных флюидов в минералах. – Новосибирск: Наука, 1990.
16. Электронно-зондовый микроанализ. –М.: Мир, 1974.
17. Эмиссионно-спектральный анализ в геохимии. – Новосибирск: Наука, 1976.
18. Ядерно-геохимические методы анализа вещества. – Новосибирск, 1976.
19. Конеев Р. И., Кушмурадов О. К., Туресебеков А. Х. Микроминералогия - предмет, методы, применение. - Ташкент : Изд-во Университет, 1994. - 89 с.

20. Рамдор П. Рудные минералы и их сростания. – М.: Изд-во иностранной литературы, 1962. – 1142 с.

21. Изойтко В.М. Технологическая минералогия и оценка руд. – СПб.: Наука, 1997. – 577 с.

9.3. Интернет-ресурсы

www.mindat.org

www.elibrary.ru

<http://www.sciencedirect.com>

9.4. Периодические издания

Геология и геофизика.

Геология рудных месторождений.

Доклады академии наук.

Minerals Engineering.

Physics and Chemistry of Minerals.

10. Материально-техническое обеспечение модуля (дисциплины)

Лекции по дисциплине читаются в аудитории, оборудованной мультимедийной техникой. Лабораторные работы выполняются в лабораториях кафедры, оснащенных современным оборудованием, компьютерами и необходимым программным обеспечением. Все компьютеры имеют выход в *Internet*.

№ п/п	Наименование (компьютерные классы, учебные лаборатории, оборудование)	Корпус, ауд., количество установок
1	Лаборатория исследования физических свойств пород и руд	1, 112
2	Лаборатория исследований горных пород и руд	1, 215
3	Лаборатория	1, 023
4	Лаборатория геологии золота	1, 003
5	Лекционная аудитория	1, 111

При изучении основных разделов дисциплины используются учебная и учебно-методическая литература, имеющаяся в библиотеке и разработанная на кафедре ГРПИ ИПР ТПУ.

Для проведения лабораторных и лекционных занятий по курсу «Физические методы исследования минералов» на кафедре ГРПИ имеется оборудование:

- Модуль:щековая дробилка Бойд/делитель (фирма Роклабс);
- Спектрофотометр ИК-Фурье IR Prestige-21;

- Рентгено-флуоресцентный анализатор Innov X50;
- Рентгено-флуоресцентный микроанализатор HORIBA XGT-7200;
- Поляризационный микроскоп Axio Scope.A1 с термокамерой Lincam для изучения флюидных включений;
- Сканирующий электронный микроскоп TESCAN VEGA 3 SBU с ЭДС OXFORD X-Max 50;
- Исследовательский микроскоп для изучения минералов Axio Imager.A2m;
- Микроспектрофотометр МСФУ-К;
- Микротвердомер ПМТ-3М;
- Спектрометр дуговой атомно-эмиссионный DEMO PRODIGY DC;
- Комплекс атомно-абсорбционных спектрометров фирмы Varian.

Программа составлена на основе Стандарта ООП ТПУ в соответствии с требованиями ФГОС по специальности **21.05.02 «Прикладная геология»**.

Программа одобрена на заседании
кафедры ГРПИ ИПР ТПУ

(протокол № 26 от «18» ___05___2016___ г.).

Авторы Рудмин М.А., ассистент каф. ГРПИ ТПУ

Рецензент Ворошилов В.Г., профессор каф. ГРПИ ТПУ