

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ

И. о. директора ИШПР

Гусева Н.В.

« 31 » 09 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ПРИЕМ 2020 г.

ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная

Ядерная геофизика и радиометрия скважин

Направление подготовки/специальность	21.05.03 Технология геологической разведки		
Образовательная программа (направленность (профиль))	Геофизические методы исследования скважин		
Специализация	Геофизические методы исследования скважин		
Уровень образования	высшее образование - специалитет		
Курс	4	семестр	7
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	3		
Виды учебной деятельности	Временной ресурс		
Контактная (аудиторная) работа, ч	Лекции	24	
	Практические занятия	8	
	Лабораторные занятия	32	
	ВСЕГО	64	
Самостоятельная работа, ч		44	
в т. ч. отдельные виды самостоятельной работы с выделенной промежуточной аттестацией		курсовая работа	
ИТОГО, ч		108	

Вид промежуточной аттестации

Экзамен Диф. зачет	Обеспечивающее подразделение	ОГ
-----------------------------------	---	-----------

Заведующий кафедрой -
руководитель ОГ на правах
кафедры
Руководитель ООП
Преподаватель

	Гусева Н.В.
	Ростовцев В.В.
	Колмаков Ю.В.

2020 г.

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины является формирование у обучающихся определенного ООП (п. 6. Общей характеристики ООП) состава компетенций для подготовки к профессиональной деятельности.

Код компетенции	Наименование компетенции	Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенций)	
		Код	Наименование
ПСК(У)-2.4	способность профессионально эксплуатировать современное геофизическое оборудование и средства измерения	ПСК(У)-2.4.В1	Навыками настройки приборов и подготовки их к измерениям
		ПСК(У)-2.4.У1	Провести измерения в скважинах
		ПСК(У)-2.4.З1	Принципы и методы измерения параметров радиоактивных полей различного происхождения
ПСК(У)-2.7	способность решать прямые и обратные (некорректные) задачи геофизики на высоком уровне фундаментальной подготовки по теоретическим, методическим и алгоритмическим основам создания новейших технологических геофизических процессов	ПСК(У)-2.7.В4	Приемами интерпретации радиометрических и ядерногеофизических данных
		ПСК(У)-2.7.У4	Строить графики и планы радиоактивных полей с применением современных информационных технологий
		ПСК(У)-2.7.З4	Основные способы интерпретации радиометрических и ядерногеофизических данных

2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина относится к вариативной части Блока 1 учебного плана образовательной программы.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

После успешного освоения дисциплины будут сформированы результаты обучения:

Планируемые результаты обучения по дисциплине		Компетенция
Код	Наименование	
РД-1	Знание законов радиоактивного распада и видов взаимодействия радиоактивных излучений с веществом. Умение решать задачи для оценки радиоактивных характеристик изотопных источников и урановых руд, а также ядерно-геофизических свойств горных пород. Владение теоретическими основами различных способов регистрации радиоактивных излучений.	ПСК(У)-2.4 ПСК(У)-2.7
РД-2	Понимание влияния радиогеохимических и физических свойств горных пород на структуру естественных и искусственных радиоактивных полей	ПСК(У)-2.4 ПСК(У)-2.7
РД-3	Способность профессионально эксплуатировать радиометр СРП-97, гамма-спектрометр GS-512; каротажную станцию СКГ-1.	ПСК(У)-2.4 ПСК(У)-2.7
РД-4	Способность определять: – общую радиоактивность пород и содержания U, Th, K по раздельности гамма- и гамма-спектрометрическими методами, проводить на основе результатов измерений литологическое расчленение разрезов месторождений различных полезных ископаемых; – плотность и порядковый номер горных пород гамма-гамма методами, выявлять на этой основе емкостные характеристики пород, положение угольных пластов в разрезе и их зольность, поглощающую способность урановорудных интервалов по отношению к собственному гамма-излучению; – водородосодержание и коэффициент пористости пород стационарными	ПСК(У)-2.4 ПСК(У)-2.7

	нейтронными методами, давать качественную интерпретацию результатов измерения; – определять нейтронные свойства горных пород импульсным нейтрон-нейтронным методом, спектральные отношения гамма-излучения, возникающего в результате взаимодействия нейтронов с ядрами различных элементов импульсным нейтронно-гамма-методом, оценивать на основе этих данных текущие коэффициенты водо- и нефтесодержания эксплуатируемых коллекторов; – содержания урана методом мгновенных нейтронов деления ядер.	
РД-5	Понимать назначение радиометрических и ядерно-геофизических методов и способность их применять на этапах поиска и разведки и в процессе эксплуатации месторождений полезных ископаемых.	ПСК(У)-2.4 ПСК(У)-2.7

Оценочные мероприятия текущего контроля и промежуточной аттестации представлены в календарном рейтинг-плане дисциплины.

4. Структура и содержание дисциплины

Основные виды учебной деятельности

Разделы дисциплины	Формируемый результат обучения по дисциплине	Виды учебной деятельности	Объем времени, ч.
Раздел 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАДИОМЕТРИИ И ЯДЕРНОЙ ГЕОФИЗИКИ	РД-1 РД-2	Лекции	12
		Практические занятия	4
		Лабораторные занятия	12
		Самостоятельная работа	12
Раздел 2. МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ ЕСТЕСТВЕННОЙ РАДИОАКТИВНОСТИ ГОРНЫХ ПОРОД	РД-3 РД-4 РД-5	Лекции	4
		Практические занятия	2
		Лабораторные занятия	8
		Самостоятельная работа	16
Раздел 3. МЕТОДЫ ЯДЕРНОЙ ГЕОФИЗИКИ	РД-3 РД-4 РД-5	Лекции	8
		Практические занятия	2
		Лабораторные занятия	12
		Самостоятельная работа	16

Содержание разделов дисциплины:

Раздел 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАДИОМЕТРИИ И ЯДЕРНОЙ ГЕОФИЗИКИ

Явление радиоактивности: виды радиоактивных превращений и природа гамма-излучения. Закон распада и накопления радиоактивных элементов. Параметры распада. Радиоактивные ряды: урановый, ториевый, актиноурановый. Закон радиоактивного равновесия. Коэффициент радиоактивного равновесия уранового ряда.

Понятие сечения взаимодействия радиоактивных излучений с веществом. Альфа-, бета-частицы: ионизационные и радиационные потери энергии. Проникающая способность частиц. Гамма-излучение. Процессы взаимодействия: фотоэффект, комптоновское рассеяние, эффект образования электронно-позитронных пар. Закон ослабления гамма-излучения веществом. Поглощенная, экспозиционная и эквивалентная дозы. Процессы взаимодействия нейтронов с веществом: Неупругое рассеяние быстрых нейтронов на ядрах атомов, упругое рассеяние, захват нейтронов.

Рассеянное гамма-излучение: зависимость потока рассеянного гамма-излучения от расстояния до источника, энергии гамма-квантов, плотности и эффективного порядкового номера породы; доинверсионная, заинверсионная зоны и зона инверсии.

Нейтронные свойства горных пород. На этапе замедления нейтронов: возраст нейтронов, длина замедления, время замедления. Зависимость длины замедления от водородосодержания и начальной энергии нейтронов. На этапе диффузии нейтронов:

коэффициент диффузии, время жизни теплового нейтрона, длина диффузии. Зависимость плотности тепловых нейтронов от расстояния до источника; влияние замедляющих свойств и плотности среды, элементов с аномальным сечением захвата тепловых нейтронов.

Изотопные источники гамма-квантов и нейтронов. Генераторы нейтронов. Газоразрядные, сцинтилляционные, полупроводниковые счетчики. Эффективность счетчиков. Инерционность ядерно-геофизической аппаратуры. Амплитудный анализатор, гамма-спектрометры. Регистрация тепловых нейтронов борными счетчиками. Конструктивные особенности счетчика надтепловых нейтронов.

Темы лекций:

1. Явление радиоактивности и основные законы радиоактивных превращений.
2. Взаимодействие заряженных частиц и гамма-квантов с веществом. Дозы облучения.
3. Основные закономерности полей гамма-квантов и нейтронов.
4. Детекторы и источники гамма-квантов и нейтронов, генераторы нейтронов.

Темы практических занятий:

1. Энергия связи ядер атомов.
2. Дозы облучения.

Названия лабораторных работ:

1. Законы радиоактивных превращений
2. Закон ослабления потока гамма-квантов.
3. Нейтронные свойства горных пород на этапах замедления и диффузии нейтронов.

Раздел 2. МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ ЕСТЕСТВЕННОЙ РАДИОАКТИВНОСТИ ГОРНЫХ ПОРОД

Гамма-метод. Понятие насыщенного по гамма-излучению пласта. Форма аномалии от пласта. Искажение каротажной диаграммы в результате движения зонда. Зависимость искажения от скорости зонда. Введение поправки за инерционность аппаратуры. Определение метрических параметров пласта.

Гамма-спектрометрический метод определения урана, тория и калия.

Темы лекций:

1. Гамма-метод.
2. Гамма-спектрометрический метод определения урана, тория и калия.

Темы практических занятий:

1. Радиометрическое исследование геологических объектов и гамма-спектрометрическая оценка природы радиоактивных аномалий.

Названия лабораторных работ:

1. Определение глинистости горных пород методом гамма-каротажа.
2. Применение гамма-каротажа при подсчете запасов на гидрогенных месторождениях урана.

Раздел 3. МЕТОДЫ ЯДЕРНОЙ ГЕОФИЗИКИ

Методы рассеянного гамма-излучения. Плотностной гамма-гамма-метод. Диаграмма зависимости сечений комптоновского рассеяния и фотоэлектрического поглощения гамма-квантов, эффекта образования электронно-позитронных пар от энергии гамма-квантов.

Интервал энергий, при которых гамма-кванты испытывают только комптоновское рассеяние. Электронная плотность вещества. Доинверсионные и заинверсионные зонды. Задачи плотностного метода. Селективный гамма-метод. Эффективный порядковый номер горных пород ($Z_{\text{эф}}$). Зависимость сечения фотоэффекта от $Z_{\text{эф}}$. Инверсионный и двойной инверсионный зонд. Задачи селективного метода.

Рентгено-радиометрический метод. Характеристическое рентгеновское излучение при фотоэффекте. Энергия края поглощения. Изменение ее величины от порядкового номера элемента. Анализируемые элементы. Энергия облучения. Глубинность метода. Установка для измерений. Метод спектральных отношений для разделения характеристического излучения и рассеянного гамма-излучения. Понятие мешающих элементов. Применение фильтров. Задачи метода.

Нейтрон-нейтронный метод. Устройство зонда. Регистрация тепловых и надтепловых нейтронов. Изучение водородосодержания и водо-нефтенасыщенности. Определение пористости с учетом связанной в глинах воды. Определение содержаний элементов с аномальным сечением захвата тепловых нейтронов. Глубинность метода.

Нейтронный-гамма метод. Появление наведенного гамма-излучения в результате радиационного захвата тепловых нейтронов. Зависимость интегрального потока захватного излучения от водородосодержания пород. Помехи, обработка и интерпретация данных. Глубинность метода. Область применения.

Нейтронно-активационный метод. Наведенная активность. Сечение активации. Время активации. Активация насыщения. Изменение интенсивности наведенного гамма-излучения во времени. Анализируемые элементы. Количественная интерпретация.

Импульсный нейтрон-нейтронный метод. Измерения при импульсном варианте. Время импульса и задержки, временное окно. Изменение плотности тепловых нейтронов во времени и пространстве. Методики определения длины замедления, коэффициента диффузии, времени жизни теплового нейтрона. Определение пористости и характера насыщения пласта. Глубинность метода.

Импульсный нейтронный гамма-метод (углеродно-кислородный метод). Спектры гамма-излучения от неупругого рассеяния быстрых нейтронов (ГИРН) на ядрах элементов и при радиационном захвате тепловых нейтронов (ГИРЗ). Методика разделения ГИРН и ГИРЗ. Решаемые задачи.

Темы лекций:

1. Методы рассеянного гамма-излучения.
2. Стационарные нейтронные методы
3. Импульсные нейтронные методы

Темы практических занятий:

1. Каротаж по мгновенным нейтронам деления ядер КНДМ.

Названия лабораторных работ:

1. Определение плотности и эффективного порядкового номера горной породы гамма-гамма-методами.
2. Определение водородосодержания нейтрон-нейтронным методом.
3. Определение времени жизни тепловых нейтронов в породах коллектора импульсным нейтрон-нейтронным методом и оценка коэффициентов водо- и нефтенасыщения.

Тематика курсовых работ

1. Закономерности распространения радиоактивных элементов в земной коре.
2. Способы регистрации радиоактивных излучений и характеристика современных радиометров и гамма-спектрометров.
3. Лабораторные методы анализа при определении содержаний радиоактивных элементов в

горных породах и рудах.

4. Гамма-спектрометрический метод поисков месторождений полезных ископаемых.
5. Гамма-каротаж и его применение.
6. Гамма-спектрометрический каротаж и его применение.
7. Плотностной гамма-гамма-каротаж и его применение.
8. Селективный гамма-гамма-каротаж и его применение.
9. Рентген-радиометрический каротаж и его применение.
10. Нейтронные характеристики горных пород.
11. Нейтронный гамма- и нейтрон-нейтронный методы и их применение.
12. Импульсный нейтрон-нейтронный каротаж и его применение.
13. Импульсный нейтронный гамма-метод (углеродно-кислородный) и его применение.
14. Нейтронно-активационный анализ и его применение.
15. Ядерно-геофизические методы при изучении гидрогенных месторождений урана.
16. Каротаж по мгновенным нейтронам деления ядер и его применение.

5. Организация самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов при изучении дисциплины предусмотрена в следующих видах и формах:

- Работа с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса;
- Работа в электронном курсе (изучение теоретического материала, выполнение индивидуальных заданий и контролирующих мероприятий и др.);
- Изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- Выполнение домашних заданий, расчетно-графических работ и домашних контрольных работ;
- Подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям;
- Выполнение курсовой работы или проекта, работа над междисциплинарным проектом;
- Исследовательская работа и участие в научных студенческих конференциях, семинарах и олимпиадах;
- Анализ научных публикаций по заранее определенной преподавателем теме;
- Подготовка к оценивающим мероприятиям;

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1. Учебно-методическое обеспечение

Основная литература:

1. Дьяконов Д.И., Леонтьев Е.И., Кузнецов Г.С. Общий курс геофизических исследований скважин. / Д.И. Дьяконов, Е.И. Леонтьев., Г.С. Кузнецов – Москва: Альянс, 2015. – 408 с.
2. Хайкович И.М., Язиков В.Г. Каротаж при изучении и освоении месторождений урана: учебное пособие [Электронный ресурс]. / И.М. Хайкович, В.Г. Язиков – Томск: Издательство ТПУ, 2015. – 158 с. – Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=82851
3. Меркулов В.П. Геофизические исследования скважин: учебное пособие [Электронный ресурс]. / В.П. Меркулов – Томск: Изд-во ТПУ, 2016. – 146с. – Режим доступа <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2016/m085.pdf>

Дополнительная литература:

1. Новиков Г.Ф. Радиометрическая разведка. / Г.Ф. Новиков – Ленинград: Недра, 1989. – 406 с.
2. Ларионов В.В., Резванов Р.А. Ядерная геофизика и радиометрическая разведка. / В.В.

Ларионов, Р.А. Резванов – Москва: Недра, 1988. – 325 с.

6.2. Информационное и программное обеспечение

1. «Геофизический вестник» <http://www.bash-eago.ru/>
2. «Геофизика» <http://eago.ru/catalog/15>
3. «Геология и геофизика» <http://www.izdatgeo.ru/index.php?action=journal&id=1>
5. «Геология нефти и газа» <http://www.geoinform.ru/?an=gng>
6. «Отечественная геология» http://elibrary.ru/title_about.asp?id=7927&code=08697175
8. «Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений»
<http://vniioeng.mcn.ru/inform/geolog/>
9. «Разведка и охрана недр» http://www.vims-geo.ru/Publication/Publication_j1.aspx
11. «Каротажник» <http://www.karotazhnik.ru/>
12. «Недропользование – XXI век» <http://www.geoinform.ru/?an=mrr1>
13. «Нефть и газ» <http://www.oil-gas.com.ua/NEW/last.htm>

Профессиональные базы данных и информационно-справочные системы доступны по ссылке: <https://www.lib.tpu.ru/html/irs-and-pdb>

Лицензионное программное обеспечение (в соответствии с Перечнем лицензионного программного обеспечения ТПУ):

Adobe Acrobat Reader DC; A Cisco Webex Meetings; Document Foundation LibreOffice; Google Chrome; Microsoft Office 2007 Standard Russian Academic; Zoom Zoom

7. Особые требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

В учебном процессе используется следующее лабораторное оборудование для практических и лабораторных занятий:

№	Наименование специальных помещений	Наименование оборудования
1.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации 634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 2, строен.5, 422	Комплект учебной мебели на 48 посадочных мест; Компьютер - 1 шт.; Проектор - 1 шт.
2.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (компьютерный класс) 634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 2, строен.5, 408	Комплект учебной мебели на 12 посадочных мест; Стол лабораторный - 1 шт.; Компьютер - 11 шт.; Проектор - 1 шт.

Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы по специальности 21.05.03 Технология геологической разведки/ специализации Геофизические методы исследования скважин (приема 2020 г., очная форма обучения).

Разработчик(и):

Должность	Подпись	ФИО
Доцент		Колмаков Ю.В.

Программа одобрена на заседании отделения геологии (Протокол заседания отделения геологии № 22 от 25.08.2020).

Заведующий кафедрой-руководитель отделения геологии на правах кафедры,
д.г-м.н., доцент



/Гусева Н.В./
подпись

Лист изменений рабочей программы дисциплины:

Учебный год	Содержание /изменение	Обсуждено на заседании отделения (протокол)