

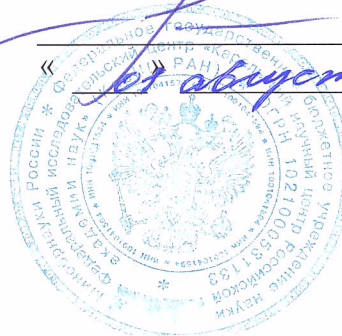
Минобрнауки России
Федеральное государственное бюджетное
учреждение науки
Федеральный исследовательский центр
«Карельский научный центр
Российской академии наук»
(КарНЦ РАН)

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор КарНЦ РАН
член-корр. РАН

О.Н. Бахмет

«*О.Н. Бахмет*» 20 *22* г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«СОВРЕМЕННЫЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ,
ПРОГРАММЫ И ОБОРУДОВАНИЕ»**

**НАУЧНАЯ СПЕЦИАЛЬНОСТЬ
1.6.9. ГЕОФИЗИКА**

г. Петрозаводск
2022

Разработчик: кандидат геолого-минералогических наук, заведующий лабораторией геофизики Институт геологии — обособленного подразделения Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра "Карельский научный центр Российской академии наук",
Рязанцев Павел Александрович

1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения учебной дисциплины «Современные геофизические технологии, программы и оборудование» является ознакомление обучающихся с современными направлениями развития геофизических методов, новыми программно-аппаратными комплексами, методиками сбора и обработки данных.

В рамках дисциплины реализуется подготовка выпускников, владеющих знаниями в области прикладных методов и разработок малоглубинной геофизики, обладающих общепрофессиональными и профессиональными компетенциями исследователя и преподавателя и подготовленных к защите научно-квалификационной работы (диссертации) на соискание ученой степени кандидата наук по научной специальности 1.6.9. Геофизика.

Основные задачи программы включают:

- Получение знаний об наиболее актуальных направлениях развития геофизических методов.
- Исследование многоканальных систем сбора геофизической информации.
- Изучение подходов по использованию аэрогеофизических методов для решения геологических задач.
- Освоение методики программ трехмерного геофизического моделирования для анализа геологической среды.

2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Современные геофизические технологии, программы и оборудование» относится к элективным дисциплинам и входит в образовательный компонент Основной образовательной программы высшего образования – программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре по научной специальности 1.6.9. «Геофизика».

Согласно базовому учебному плану дисциплина проводится в III–IV семестрах. Изучение дисциплины опирается на знания, умения и навыки, приобретенные при изучении базовой дисциплины «Геофизика». Обучающийся должен быть широко эрудированным, иметь соответствующую фундаментальную подготовку и обладать следующими входными знаниями, умениями, навыками:

ЗНАТЬ: главные методы геофизических исследований; методику геофизических исследований с учетом геологического строения объекта исследований; способы организации и планирования работы.

УМЕТЬ: обрабатывать данные полевых геофизических наблюдений и проводить их интерпретацию; обобщать полученные результаты после интерпретации материалов; формулировать выводы и практические рекомендации.

ВЛАДЕТЬ: перспективными методами исследования и решения задач с учетом современного уровня методов и средств геофизики; приемами организации работы исследовательского коллектива в полевых и лабораторных условиях.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины:

Выпускник, освоивший программу аспирантуры по дисциплине «Современные геофизические технологии, программы и оборудование», должен обладать следующими компетенциями:

- способность использовать знания в области актуальной геофизической аппаратуры и программного обеспечения для разработки дизайна экспериментов и планирования научно-исследовательских и прикладных работ;
- способность самостоятельно выполнять полевые и лабораторные наблюдения современным геофизическим оборудованием, программный анализ и обработку геофизических данных в практической и научно-исследовательской деятельности;

- готовность применять на практике новые методики и технологии сбора и обработки геофизических данных при решении производственных задач.

По завершению курса обучающийся должен:

ЗНАТЬ современные геофизические технологии, актуальные программные продукты и оборудование для выполнения геофизических работ.

УМЕТЬ работать с современными программно-аппаратурными геофизическими комплексами программ, а также проектировать исследования по сбору и обработке информации на их основе.

ВЛАДЕТЬ основными приёмами анализа геофизических материалов, синтезом систем наблюдений и контролем качества инженерно-геофизических данных, приемами обработки и интерпретации полевого материала.

4. Виды учебной работы и тематическое содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины – 4 зачетных единиц, составляющих 144 академических часа.

4.1. Виды учебной работы

Виды учебной работы	в акад. часах
Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану в том числе	144
Аудиторные занятия:	80
Лекции (Л)	36
Практические занятия (Пр)	28
Лабораторные занятия (Лаб)	16
Самостоятельная работа (СР):	64
Самостоятельное изучение разделов дисциплины, подготовка к занятиям, консультации с преподавателем	60
Подготовка и прохождение промежуточной аттестации в форме зачета	4

4.2. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Название раздела и темы дисциплины	Трудоемкость по видам учебной работы (час)				
		Всего	из них			
			Лекции	Практики	Лабораторные	Самостоят. работа
Раздел I. Современные геофизические системы наблюдений						
1	Тема 1.1: Перспективы развития геофизических технологий	5	5	-	-	-
2	Тема 1.2: Многоканальные системы электроразведки	16	5	6	-	5
3	Тема 1.3: Телеметрические системы регистрации сейсмических данных	8	3		-	5
4	Тема 1.4: Технология аэрогеофизических исследований	23	7	6	-	10

5	Тема 1.5: Системы многоракурсного георадиолокационного зондирования	12	5	2	-	5
6	Тема 1.6: Геофизические системы непрерывного мониторинга природных и техногенных объектов	12	5	2	-	5
Раздел II. Программные комплексы моделирования и обработки геофизических данных						
7	Тема 2.1: Программное обеспечение для электромагнитного моделирования grgMax	21	2	4	5	10
8	Тема 2.2: Библиотека для многометодного моделирования и инверсии в геофизике ruGIMLi	22	2	4	6	10
9	Тема 2.3: Программы 2D и 3D инверсии электротомографических данных	21	2	4	5	10
10	Подготовка и прохождение промежуточной аттестации в форме зачета	4				4
ИТОГО		144	36	28	16	64

4.3. Содержание дисциплины:

Раздел I. Современные геофизические системы наблюдений

1.1. Перспективы развития геофизических технологий. Предмет и задачи курса. Место предмета среди других разделов разведочной геофизики. История развития программно-аппаратных систем и способов наблюдений в геофизики. Связь геофизических систем наблюдений и развитием микроэлектронной базы. Наиболее актуальные направления и дальнейшие перспективы развития геофизических технологий. Способы анализа массивов геофизических данных. Направления машинного обучения и искусственного интеллекта в обработке больших массивов геофизических данных.

1.2. Многоканальные системы электроразведки. Переход электроразведки на многоканальные системы измерений. Цифровой и аналоговый подход к созданию аппаратуры. Общие характеристики генераторных и измерительных устройств. Датчики для измерений. Коммутация приемных каналов. Классификация помех при измерениях. Классификация измерительной аппаратуры по группам методов. Блок-схемы и описания многоканальной электроразведочной аппаратуры.

1.3. Телеметрические системы регистрации сейсмических данных. Поколения сейсмической аппаратуры. Понятие о цифровых телеметрических сейсмических регистрирующих системах. Типы каналов передачи данных телеметрических систем. Типы телеметрических блоков сбора сейсмических данных. Динамический и частотный диапазоны. Принципы цифровой записи. Преимущества цифровой регистрации сейсмических данных. Примеры существующих телеметрических систем.

1.4. Технология аэрогеофизических исследований. Классификация аэрогеофизических методов. Типы авиационных носителей. Беспилотные летательные аппараты. Характер размещения датчиков и источников поля. Масштабы исследований и методика полетов. Системы привязки и аэронавигации. Методика обработки и интерпретации материалов. Аэромагниторазведка с БПЛА. Георадиолокация в аэроварианте. Комплексирование с наземными методами.

1.5. Системы многоракурсного георадиолокационного зондирования. Этапы развития технологии георадиолокации. Понятие многоракурсная георадиолокация

(георадиотомограф). Калибровка и разрешающая способность. Варианты установки аппаратуры. Способы коммутации антенных пар. Пакетная обработка радарограмм. 3D обработки и визуализация георадарных данных.

1.6. Геофизические системы непрерывного мониторинга природных и техногенных объектов. Основные геофизические методы, применяемые при геотехническом мониторинге: электромагнитные, сейсмоакустические, ядерно-физические. Периодичность геофизических измерений. Геофизический контроль подвижности естественных объектов. Геофизический контроль состояния зданий и сооружений. Геофизический контроль деформации дорожного покрытия. Автоматизация систем мониторинговых наблюдений. Способы удаленного управления и передачи информации мониторинговых систем.

Раздел II. Программные комплексы моделирования и обработки геофизических данных

2.1. Программное обеспечение для электромагнитного моделирования gprMax. Основы моделирования распространения электромагнитных волн в среде. Решение уравнений Максвелла методом конечных разностей. Моделирование анизотропных и дисперсионных материалов. Моделирование грунтов с реалистичными диэлектрическими и геометрическими свойствами. Использование идеальных и реалистичных моделей антенн.

2.2. Библиотека для многометодного моделирования и инверсии в геофизике pyGIMLi. Инверсия геофизических данных на основе метода Гаусса-Ньютона. Формирование 2D и 3D сеток геопространства. Конечно-элементные и конечно-объемные решения. Инверсия с управлением и регуляризацией. Блочные и гладкие инверсные модели.

2.3. Программы 2D и 3D инверсии электротомографических данных. Анализ программ инверсии данных электротомографии. Методы первичной оценка качества полевых данных. Топографическая коррекция. Распределение чувствительности и DOI. Гладкая и робастная инверсии. Механизмы регуляризации, дампинг фактор. Сопоставление достоверности 2D и 3D геоэлектрических моделей.

4.4. Рекомендации к организации самостоятельной работы аспиранта

Самостоятельная работа аспирантов осуществляется как необходимый компонент изучения дисциплины «Современные геофизические технологии, программы и оборудование» на протяжении всего курса в соответствии с утверждённой в учебном плане трудоёмкостью.

Внеаудиторная самостоятельная подготовка аспирантов и соискателей к сдаче экзамена кандидатского минимума предполагает следующие формы работы:

- изучение основной и дополнительной литературы, указанной в библиографическом списке;
- подготовка выступления по выбранному вопросу на семинарском занятии (в том числе на круглом столе);
- работа с программным кодом и решение задач по моделированию в рамках освоения академического программного обеспечения;
- непосредственная подготовка к сдаче зачета по дисциплине;

5. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

5.1 Текущий контроль осуществляется преподавателем дисциплины в форме: отчета о практической работе.

Практическая работа – это средство для закрепления умений и приобретения навыков для выполнения определенного анализа. В отчете по выполненной

практической работе должны быть отражены: цель геофизического метода, его возможности, полученные результаты, точность метода.

Практическая работа вводится в технологию обучения с целью формирования у студентов умения и навыков в приобретении и постоянном пополнении своих профессиональных знаний. По курсу «Современные геофизические технологии, программы и оборудование» предусмотрено выполнение практических работ по наиболее важным темам учебной дисциплины. При выполнении запланированных тем практикума студент должен ознакомиться с конкретным заданием по данной теме, в котором сформулирована цель работы, порядок и методика ее выполнения, приведен список необходимой литературы.

5.2. Итоговый контроль: зачет

Зачет – это средство контроля, организованное как письменный ответ на заданные вопросы и/или специальная беседа преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме.

Зачет проходит в форме теста и в устной форме. Первоначально обучающийся выполняет тест. При правильном ответе на более половины вопросов теста, обучающийся отвечает на один вопрос преподавателя из списка вопросов к зачету.

Подробно средства оценивания обучающихся приведены в Фонде оценочных средств.

6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

Освоение дисциплины требует систематического изучения всех тем в той последовательности, в какой они указаны в рабочей программе. Основными видами учебной работы являются аудиторские занятия. Их цель – расширить базовые знания обучающихся по осваиваемой дисциплине и систему теоретических ориентиров для последующего более глубокого освоения программного материала в ходе самостоятельной работы.

Обучающемуся важно помнить, что контактная работа с преподавателем эффективно помогает ему овладеть программным материалом благодаря расстановке необходимых акцентов, а также подключением аудио-визуального механизма восприятия информации.

Самостоятельная работа преследует следующие цели:

- закрепление и совершенствование теоретических знаний, полученных на лекционных занятиях;
- формирование навыков подготовки текстовой составляющей информации учебного и научного назначения для размещения в различных информационных системах;
- совершенствование навыков поиска научных публикаций и образовательных ресурсов, размещенных в сети Интернет;
- развитие навыка ориентироваться в актуальной номенклатуре геофизического оборудования, методов съемки и приемах обработки;
- умение работать со свободно-распространяемыми академическими программными продуктами;
- самоконтроль освоения программного материала.

Обучающемуся необходимо помнить, что результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем во время проведения мероприятий текущего контроля и учитываются при промежуточной аттестации.

7. Образовательные технологии по дисциплине.

В учебном процессе по курсу «Геофизика» используются технологии обучения, основу которых составляют:

- компетентностный подход как ключевая категория современной образовательной парадигмы;
- личностно-ориентированный подход, предполагающий равноправные взаимоотношения между участниками учебного процесса в атмосфере сотрудничества и диалога.

В ходе освоения аспирантами учебной дисциплины «Геофизика» применяются активные и интерактивные формы обучения: лекции, семинары, презентации, рефераты, практические и лабораторные работы.

Для проведения всех лекционных и практических (семинарских) занятий используются мультимедийные средства, позволяющие слушателю воспринимать особенности изучаемого материала, зачастую играющие решающую роль в понимании и восприятии учебного материала, а также формировании компетенций.

В процессе изучения дисциплины аспирантам предоставляется возможность пользоваться (в том числе копировать на личные носители информации) учебно-методическими материалами в электронном виде.

Практические и лабораторные работы выполняются с привлечением геофизических аппаратурных и программных средств, имеющихся в наличии в КарНЦ РАН. Лабораторные работы выполняются, в том числе, и в виде полевых работ на базах и стационарах КарНЦ РАН.

Для аспирантов предусмотрены консультации (в том числе по электронной почте), имеющие целью разъяснение проблемных моментов тех или иных разделов изучаемой дисциплины.

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.

Основная литература:

1. Бобачев А.А., Модин И.Н., Перваго Е.В., Шевнин В.А. Многоэлектродные электрические зондирования в условиях горизонтально-неоднородных сред. М.: АОЗТ «Геоинформмарк», 1996. 50 с.
2. Богословский В. А., Жигалин А. Д., Хмелевской В. К. Экологическая геофизика: Учебное пособие для геофизических, геологических и геоэкологических специальностей. М.: Изд-во МГУ, 2000. 253 с.
3. Бондарев В.И., Крылатков С.М. Сейсморазведка: Учебник для вузов. Второе издание. Екатеринбург: Издательство УГГУ, 2010. 685 с.
4. Жданов М.С. Теория обратных задач и регуляризации в геофизике. М.: Научный мир, 2007. 712 с.
5. Марков Н.Г. Автоматизированные системы сбора и регистрации сейсмической информации. М.: Недра, 1992. 220 с.
6. Стогний В.В. Аэрогеофизика. 2-е изд. М.: Изд-во «Юрайт», 2022. 242 с.
7. Шеин А.Н., Оленченко В.В. Прямые и обратные задачи электротомографии для рудной геофизики : учеб.-метод. Пособие. Новосибирск: ИПЦ НГУ, 2021. 130 с.

Дополнительная литература:

1. Модин И. Н., Груздев А. И., Скобелев А. Д. Сравнение бесконтактных электроразведочных комплексов // Инженерные изыскания. 2016. №2. С. 46–53.
2. Приходько А. Ю. Аэроэлектроразведка: возможности, состояние и перспективы // Разведка и охрана недр. 2005. №12. С. 73–79.
3. Семенова М.П., Цирель В.С. Перспективы развития беспилотной аэрогеофизики // Разведка и охрана недр. 2016. №8. С. 34–39.
4. Edemsky D., Popov A., Prokopovich I., Garbatsevich V. Airborne ground penetrating radar, field test // Remote Sensing. 2021. Т. 13 №. 4. С. 667.
5. gprMax Users' Guide. <http://docs.gprmax.com/en/latest/>
6. pyGIMLi Tutorial. https://www.pygimli.org/tutorials_auto/0_basics/index.html

Интернет ресурсы:

1. <https://www.pygimli.org/> – официальный сайт библиотеки pyGIMLi.
2. <https://www.gprmax.com/> – официальный сайт программы gprMax.

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины.

Материально-техническая база КарНЦ РАН обеспечивает проведение всех видов дисциплинарной и междисциплинарной подготовки, практической и научно-исследовательской работы обучающихся, предусмотренных учебным планом и соответствует действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам.

Минимально-необходимый перечень для информационно-технического и материально-технического обеспечения дисциплины:

- аудитория для проведения лекционных и практических занятий, оснащенная доской, рабочими местами для обучающихся и преподавателя.
- помещение для самостоятельной работы обучающегося, оснащенное компьютером с выходом в Интернет;
- библиотека с читальным залом, книжный фонд которой составляет специализированная научная, учебная и методическая литература, журналы (в печатном или электронном виде).