



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ФГБОУ ВПО «ИГУ»  
Кафедра общей и космической физики



**Рабочая программа дисциплины (модуля)**

Код дисциплины БЗ.В.ДВ.8.1.2

Наименование дисциплины (модуля) **Экспериментальные методы диагностики ионосферы** (модуль «Экспериментальные методы в геофизике и гелиофизике»)

Рекомендуется для направления (ий) подготовки специальности (ей)  
**011200.62 – физика, профиль «Солнечно-земная физика»**

Степень (квалификация) выпускника бакалавр

Согласовано с УМК факультета (института)

Протокол № 32 от «21» 12 20   г.  
Председатель [Signature]

Рекомендовано кафедрой:  
общей и космической физики

Протокол № 3  
От «15» 11 2013.

Зав.кафедрой профессор д.ф.-м.н. В.Л. Паперный

[Signature]

Иркутск 2013 г.

## Содержание

1. Цели и задачи дисциплины (модуля).....	3
2. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП.....	3
3. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля): .....	4
4. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы .....	5
5. Содержание дисциплины (модуля) .....	6
<i>5.1. Содержание разделов и тем дисциплины (модуля) .....</i>	<i>6</i>
<i>5.2 Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами .....</i>	<i>7</i>
<i>5.3. Разделы и темы дисциплин (модулей)и виды занятий .....</i>	<i>7</i>
6. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ .....	7
7. Примерная тематика курсовых работ (проектов) (при наличии) .....	8
8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля): .....	8
<i>а) основная литература.....</i>	<i>8</i>
<i>б) дополнительная литература .....</i>	<i>9</i>
<i>в) программное обеспечение компьютер, мультимедийный проектор, стандартные средства Windows для доступа в Интернет и чтения электронных версий статей и монографий.....</i>	<i>9</i>
<i>г) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы_ Интернет-источники.....</i>	<i>9</i>
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) .....	15
10. Образовательные технологии .....	15

## 1. Цели и задачи дисциплины (модуля)

Программа модуля разработана в соответствии с основной образовательной программой по направлению подготовки 011200- «Физика», по профилю подготовки «Солнечно-земная физика», и предназначена для обеспечения курса «Экспериментальные методы в солнечно-земной физике». Дисциплина включает в себя часть специального практикума по фундаментальной физике, проводящегося в течении 7-го семестра.

Основная *цель* модуля – дать студентам основные представления об экспериментальных методах исследования в физике ионосферы, о современной диагностической аппаратуре, способах обработки данных и изображений, способствовать развитию их интеллекта, творческих способностей, критического мышления и эрудиции в ходе проведения исследований, анализа явлений, восприятия и интерпретации получаемой информации.

Для достижения данной цели поставлены *задачи*:

- изучить теоретические основы экспериментальных методов в физике ионосферы;
- познакомиться с современной диагностической аппаратурой;
- изучить теоретические и практические основы методов обработки данных, сигналов и изображений;
- сформировать у студентов умения и навыки самостоятельной обработки экспериментальных данных.

## 2. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП

Дисциплина «Экспериментальные методы диагностики ионосферы» является частью модуля «Экспериментальные методы в геофизике и гелиофизике» (БЗ.В.ДВ.8.1) и относится к вариативной части математического и естественнонаучного цикла основной образовательной программы по направлению 011200.62 – Физика. Он изучается студентами в 7-м семестре после освоения большинства курсов общей физики и части курсов теоретической физики. Дисциплина включает в себя часть специального практикума по фундаментальной физике, проводящегося в течении 7-го семестра.

### 3. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля):

Процесс изучения дисциплины (модуля) «Экспериментальные методы диагностики ионосферы» направлен на формирование следующих компетенций: ПК-5, ОК-1, ОК-5, ПК-5, ПК-6, ПК-8, ПК-10, а также ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4.

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

1). Выпускник должен обладать следующими **общекультурными компетенциями (ОК):**

- способностью использовать в познавательной и профессиональной деятельности базовые знания в области математики и естественных наук (ОК-1);
- способностью выстраивать и реализовывать перспективные линии интеллектуального, культурного, нравственного, физического и профессионального саморазвития и самосовершенствования (ОК-5).

2). Выпускник должен обладать следующими **профессиональными компетенциями (ПК):**

*общепрофессиональные:*

- способностью использовать базовые теоретические знания для решения профессиональных задач (ПК-1);
  - способностью применять на практике базовые профессиональные навыки (ПК-2);
- научно-исследовательские*
- способностью эксплуатировать современную физическую аппаратуру и оборудование (ПК-3);
  - способностью использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин (ПК-4);
  - способностью применять на практике базовые общепрофессиональные знания теории и методов физических исследований (в соответствии с профилем подготовки) (ПК-5);
  - способностью пользоваться современными методами обработки, анализа и синтеза физической информации (в соответствии с профилем подготовки) (ПК-6);
  - способностью понимать и использовать на практике теоретические основы организации и планирования физических исследований (ПК-8);
  - способностью понимать и излагать получаемую информацию и представлять результаты физических исследований (ПК-10)

В результате изучения дисциплины курса «Экспериментальные методы в солнечно-земной физике» студент должен:

**Знать:**

- основные экспериментальные методы в солнечно-земной физике, используемые для диагностики характеристик ионосферы Земли.

**Уметь:**

- использовать методы обработки экспериментальных данных, применяемые в солнечно-земной физике.

**Владеть: иметь представление**

- навыками самостоятельной обработки экспериментальных данных.

**4. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы**

Вид учебной работы	Всего часов / зачетных единиц	Семестры			
		7			
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>					
В том числе:	-	-			-
Лекции					
Практические занятия (ПЗ)					
Семинары (С)					
Лабораторные работы (ЛР)	54	54			
КСР	7	7			
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>	47	47			
В том числе:	-	-			-
Курсовой проект (работа)	-				
Расчетно-графические работы	-				
Реферат (при наличии)	-				
Вид промежуточной аттестации (зачет, экзамен)		зачет			
Общая трудоемкость часы	108	108			
зачетные единицы	3	3			

## **5. Содержание дисциплины (модуля)**

### **5.1. Содержание разделов и тем дисциплины (модуля)**

#### **1. МЕТОД ВЕРТИКАЛЬНОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ИОНОСФЕРЫ**

*1.1. Теоретические основы вертикального зондирования ионосферы.*

*1.2. Современные средства вертикального зондирования ионосферы.*

*1.3. Методы обработки данных вертикального зондирования ионосферы.*

*1.4. Программные комплексы обработки данных вертикального зондирования ионосферы.*

#### **2. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЛОБАЛЬНЫХ НАВИГАЦИОННЫХ СПУТНИКОВЫХ СИСТЕМ (ГНСС) ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ ИОНОСФЕРЫ**

*2.1. ГНСС: состав, структура и основные характеристики.*

*2.2. Радиоин-терферометрические методы обработки данных ГНСС.*

*2.3. Методы определения полного электронного содержания.*

*2.4. Методика анализа фазовых сбоев ГНСС.*

*2.5. Индекс мерцаний S4, как характеристика состояния ионосферы.*

*2.6. Обработка данных ГНСС.*

#### **3. МЕТОД ОБРАТНОГО РАССЕЯНИЯ РАДИОВОЛН КВ И УКВ ДИАПАЗОНА В ИОНОСФЕРЕ**

*3.1. Мелкомасштабные неоднородности среды и их характеристики.*

*3.2. Радары и их применение для исследования верхней атмосферы Земли.*

*3.3. Методы повышения пространственного разрешения.*

*3.4. Радары некогерентного рассеяния.*

*3.5. Неустойчивости E-слоя ионосферы.*

*3.6. Когерентные радары КВ-диапазона.*

*3.7. Обработка данных обратного рассеяния радиоволн КВ и УКВ диапазона в ионосфере.*

### 5.2 Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

№ п/п	Наименование обеспечиваемых (последующих) дисциплин	№ № разделов и тем данной дисциплины, необходимых для изучения обеспечиваемых (последующих) дисциплин (вписываются разработчиком)									
		1.1	1.2	1.3	1.4	2.2	3.1	3.2			
1.	<b>Физика ионосферы (БЗ.В.ДВ.5.2)</b>										
2.	<b>Геофизика (БЗ.В.ДВ.6.2)</b>	1.1									
3.	<b>Методы обработки сигналов и изображений (БЗ.В.ДВ.7.2)</b>	1.3	2.6	3.7							

### 5.3. Разделы и темы дисциплин (модулей) и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела	Наименование темы	Виды занятий в часах						Всего
			Лек.	Практ. зан.	Семина	Лаб. зан.	СРС		
1.	Раздел 1	Метод вертикального зондирования ионосферы	24	18	42	24	18	42	
2.	Раздел 2	Использование глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) для диагностики состояния ионосферы	20	18	38	20	18	38	
3.	Раздел 3	Метод обратного рассеяния радиоволн кв и укв диапазона в ионосфере	10	11	21	10	11	21	

### 6. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ

№ п/п	№ раздела и темы дисциплины (модуля)	Наименование семинаров, практических и лабораторных работ	Трудоемкость (часы)	Оценочные средства	Формируемые компетенции
1	2	3	4	5	6
1	Раздел 2	Работа с экспериментальными данными ГНСС. Формат Rinex. Формат JPS. Хранилища данных	8	Отчет по лаб. раб.,	ПК-1 ПК-2

		мировых и региональных сетей.		собеседование	ПК-3
2	Раздел 1	Исследование вариаций Полного электронного содержания на отдельных лучах «приемник-спутник». Фильтрация временных рядов.	10	Отчет по лаб.раб., собеседование	ПК-4 ОК-1 ОК-18 ОК-20
3	Раздел 3	Анализ скорости и направления возмущений на основе метода SADM-GPS.	8	Отчет по лаб.раб., собеседование	
4	Раздел 2	Анализ сбоев сопровождения фазы навигационного сигнала во время магнитных бурь.	10	Отчет по лаб.раб., собеседование	
5	Раздел 2	Расчет индекса мерцаний S4 на основе данных ГНСС.	10	Отчет по лаб.раб., собеседование	
6	Раздел 3	Анализ Глобального электронного содержания в ионосфере Земли.	8	Отчет по лаб.раб., собеседование	

### 7. Примерная тематика курсовых работ (проектов) (при наличии)

Курсовые работы не предусмотрены.

### 8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля):

Программой предусмотрено использование современных образовательных технологий: информационные (лекции и презентации в Power Point), проектные (мультимедийные, использование документальных видеоматериалов).

#### а) основная литература

- 1) Томпсон Р. Интерферометрия и синтез в радиоастрономии / А. Ричард Томпсон, Джеймс М. Моран, Джордж У. Свенсон – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 624 с. – ISBN 5-9221-0015-7
- 2) Каплан С.А. Элементарная радиоастрономия – М.: ЁЁ Медиа (Книга по требованию), 2012. – 276 с. – ISBN 978-5-458-41062-5
- 3) Альперт Я.Л. Распространение электромагнитных волн и ионосфера / Я.Л. Альперт – М: Наука – 1972. – 564 с.



- 4) Дэвис К. Радиоволны в ионосфере / К. Дэвис – М.: Мир – 1973. – 504 с.
- 5) Успенский М.В. Полярные сияния и рассеяние радиоволн / М.В. Успенский, Г.В. Старков – Л. : Наука – 1987. – 239 с.
- 6) Суни А.Л. Некогерентное рассеяние радиоволн в высокоширотной ионосфере / А.Л. Суни, В.Д. Терещенко, Е.Д. Терещенко – Апатиты: изд. КНЦ РАН – 1989. – 183 с.
- 7) Афраймович Э.Л. GPS-мониторинг верхней атмосферы Земли / Э.Л. Афраймович, Н.П.Перевалова – Иркутск: Изд-во ГУ НЦ РВХ ВСНЦ СО РАН – 2006. – 480с.

б) *дополнительная литература*

- 1) Солнечная и солнечно-земная физика. Иллюстрированный словарь терминов / Пер. с англ. Под ред. Бруцека А. и Дюрана – М.: Мир – 1980 – 254 с.
- 2) Гинзбург В.Л. Распространение электромагнитных волн в плазме / В.Л. Гинзбург – М: ЁЁ Медиа, 2012. – 276 с. – ISBN 978-5-458-35861-3.
- 3) Брюнелли Б.Е. Некогерентное рассеяние радиоволн / Б.Е. Брюнелли, Е.Д. Терещенко, Г.Н. Ткачев, Л.В. Ковалевская – Апатиты – 1980. – 166 с.
- 4) ГЛОНАСС. Принципы построения и функционирования / Под ред. А.И. Перова, В.Н. Харисова. – М.: Радиотехника – 2010. – 800 с.
- 5) Нечаев С.А. Руководство для стационарных геомагнитных наблюдений / С.А. Нечаев – Иркутск: Изд-во. Института географии СО РАН – 2006. – 140 с.

в) *программное обеспечение* компьютер, мультимедийный проектор, стандартные средства Windows для доступа в Интернет и чтения электронных версий статей и монографий.

г) *базы данных, информационно-справочные и поисковые системы\_ Интернет-источники*

- Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU, более 10 полнотекстовых версий научных журналов по тематике курса
- Информационная система доступа к российским физическим журналам и обзорам ВИНТИ (<http://www.viniti.ru>)
- Отдел физики околоземного космического пространства ИСЗФ СО РАН (<http://dep1.iszf.irk.ru>)
- Center for Atmospheric Research website (<http://ulcar.uml.edu>)

- Информационно-аналитический центр контроля ГЛОНАСС и GPS (<http://glonass-iac.ru>)
- Группа GPS мониторинга ИСЗФ СО РАН (<http://gps.iszf.irk.ru>)
- Introduction to Radio Astronomy <http://web.njit.edu/~gary/728/lecture1.html>
- Информация и данные магнитных станций сети Intermagnet (<http://intermag.org>)
- Магнитное поле Земли (Национальный фонд подготовок кадров) (<http://kosm1.86schhmr-gornoprawdinsk2.edusite.ru/plaa1.html>)
- Архив научных журналов JSTOR (<http://www.jstor.org>)

#### **9. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля):**

Набор авторских презентаций (подборок слайдов и видеотреппментов) по ключевым темам курса, также набор заданий, упражнений и задач. Имеется специализированная лаборатория для проведения практических занятий. Часть лабораторных работ проводится с использованием приёмника спутниковых сигналов ГНСС. Кроме того, студентам предоставляется возможность познакомиться с современными научными комплексами, расположенными на территории Иркутской области (в том числе и Тункинской долине, и на Байкале).

#### **10. Образовательные технологии:**

В программе определена последовательность изучения учебного материала, а содержание представлено в виде двенадцати тем – разделов, отражающих *целостность* курса и *внутренние связи* учебного материала в курсе.

Основными видами самостоятельной работы студентов по курсу дисциплины являются:

- выполнение лабораторных работ;
- выполнение контрольной работы;
- самостоятельная работа над учебными материалами с использованием конспектов лекций и рекомендуемой литературы;
- групповые и индивидуальные консультации;
- подготовка к зачёту.

При выполнении контрольной работы обращается особое внимание на выработку у студентов умения пользоваться научно-технической литературой, грамотно выполнять и оформлять документацию.

Текущая работа над отчётами по лабораторным работам представляет собой главный вид самостоятельной работы студентов.

Программой предусмотрено использование современных образовательных технологий: информационные (презентации в Power Point), проектные (мультимедиа, документальное видео).

## 11. Оценочные средства (ОС):

### 11.1. Оценочные средства для входного контроля

Входной контроль знаний не проводится.

Для изучения данного курса студент должен знать основы физики и информатики.

### 11.2. Оценочные средства текущего контроля

#### Вопросы и упражнения к разделу

- 1) Укажите состав ГНСС.
- 2) Какое минимальное число спутников необходимо для того, чтобы определять координаты приемника?
- 3) Чем обусловлен выбор высоты орбиты ГНСС?
- 4) Каков период обращения спутников GPS и ГЛОНАСС?
- 5) Чем отличается радиочастотный план навигационных систем GPS и ГЛОНАСС?
- 6) Какие измерения параметров радиосигнала могут осуществляться в приемнике ГНСС?
- 7) Какие основные факторы, влияющие на точность позиционирования ГНСС?
- 8) Что представляет собой полное электронное содержание (ПЭС)?
- 9) Сколько существует вариантов расчета ПЭС? Назовите их.
- 10) Какие методы расчета ПЭС больше подходят для исследования волновых возмущений в ионосфере?
- 11) Что собой представляют радионтерферометрические методы?
- 12) В чем особенности метода SADM-GPS?
- 13) В чем заключается метод D1?
- 14) Что представляют собой корреляционный метод?
- 15) Чем могут быть вызваны фазовые сбои ГНСС?
- 16) Что показывает индекс S4? Как он определяется?
- 17) Каковы характерные времена накопления данных для расчета S4?
- 18) Что такое Rinex? Какие его варианты существуют?
- 19) Каков стандартный формат данных навигационного приемника?
- 20) Как много станций ГНСС имеется в свободном доступе на сегодняшний день?
- 21) Как много спутников может регистрировать приемник одновременно?
- 22) Что такое подионосферная точка, подспутниковая точка?
- 23) В чем заключается метод "Скользящего среднего"?
- 24) Какие артефакты вносит движение спутника при анализе вариаций ПЭС?
- 25) Каковы характерные пространственно-временные масштабы неоднородностей в ионосфере, которые можно регистрировать на отдельных лучах "приемник-спутник"?

26) Каковы основные недостатки использования ГНСС для исследований ионосферы?

Пример задания для самостоятельной работы

**Задание 1.** Ознакомьтесь с особенностями обработки сигнала в аппаратуре приемника.

- Найдите в сети Интернет информацию о текущем состоянии группировки GPS и ГЛОНАСС.
- Разберитесь, в каком направлении в настоящее время осуществляется развитие ГНСС.

**Задание 2.** На основе последних статей в периодических журналах изучите новые методы исследования ГНСС для зондирования ионосферы.


- Найдите в сети Интернет хранилища данных ГНСС.
- Выведите формулу для вычисления полного электронного содержания на основе групповых и фазовых измерений используя формулу Эпплтона—Хартри.

11.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации

Примерный список вопросов к зачёту:

- 1) ГНСС: состав и структура.
- 2) Особенности радиочастотного плана ГНСС GPS и ГЛОНАСС.
- 3) Факторы, влияющие на устойчивость функционирования и точность координатных определений ГНСС.
- 4) Фильтрация временных рядов.
- 5) Групповые и фазовые измерения ПЭС.
- 6) Метод SADM-GPS.
- 7) Метод D1.
- 8) Глобальное электронное содержание.
- 9) Индекс S4.
- 10) Построение пространственной картины вариаций ПЭС.

**Разработчики:**

  
(подпись)

В.Н.С. К.Ф.-М.Н.  
(занимаемая должность)

К.Г., Ратовский  
(инициалы, фамилия)

Программа рассмотрена на заседании кафедры общей и космической физики ИГУ  
«К» 11 2013 г.

Протокол № 3 Зав.кафедрой  В.Л. Паперный