



**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
ФГБОУ ВО «ИГУ»  
**Кафедра радиофизики и радиоэлектроники**



**Рабочая программа дисциплины (модуля)**

Наименование дисциплины (модуля) Б1.В.ДВ.01.02 Радиофизические исследования ионосферы

Направление подготовки 03.03.03 «Радиофизика»

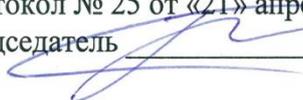
Тип образовательной программы академический бакалавриат

Направленность (профиль) подготовки Телекоммуникационные системы и информационные технологии

Квалификация выпускника - бакалавр

Форма обучения очная

Согласовано с УМК физического факультета

Протокол № 25 от «21» апреля 2020 г.  
Председатель  Буднев Н.М.

**Рекомендовано кафедрой радиофизики и радиоэлектроники:**

Протокол № 8  
От «20» марта 2020 г.  
И.О.Зав. кафедрой  Колесник С.Н.

Иркутск 2020 г.

## Содержание

	стр.
1. Цели и задачи дисциплины (модуля): .....	3
2. Место дисциплины в структуре ОПОП: .....	3
3. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля): .....	3
4. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы .....	4
5. Содержание дисциплины (модуля).....	4
5.1. Содержание разделов и тем дисциплины (модуля).....	4
5.2. Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами .....	5
5.3. Разделы и темы дисциплин (модулей) и виды занятий .....	5
6. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ .....	5
6.1. План самостоятельной работы студентов .....	6
6.2. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов.....	6
7. Примерная тематика курсовых работ (проектов).....	6
8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля): .....	7
а) основная литература.....	7
б) дополнительная литература.....	7
в) программное обеспечение .....	7
г) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы .....	7
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля): .....	8
10. Образовательные технологии:.....	8
11. Оценочные средства (ОС): .....	9
11.1. Оценочные средства для входного контроля .....	9
11.2. Оценочные средства текущего контроля.....	9
11.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации (в форме зачета с оценкой). 11	11

## 1. Цели и задачи дисциплины (модуля):

Программа модуля разработана в соответствии с основной образовательной программой по направлению подготовки 03.03.03 Радиофизика, по профилю подготовки «Радиоэлектронные устройства, методы обработки сигналов и автоматизации» предназначена для обеспечения курса «Радиофизические исследования ионосферы», изучаемого студентами в течение третьего семестра.

Основная **цель** курса – дать студентам основные представления об экспериментальных методах дистанционного зондирования природных сред и в частности ионосферы, 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;
- изучить проблемы в диагностических задачах физики ионосферы.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП:

Дисциплина «Радиофизические исследования ионосферы» относится к вариативной части базового цикла Б1 и является дисциплиной по выбору (ДВ). Она изучается студентами в 3-м семестре после освоения большинства курсов общей физики и части курсов теоретической физики.

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

Процесс изучения дисциплины (модуля) направлен на формирование следующих:

### **общефессиональных (ОПК):**

- способность к овладению базовыми знаниями в области математики и естественных наук, их использованию в профессиональной деятельности (ОПК-1);
- способностью самостоятельно приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии (ОПК-2);

### **профессиональных компетенций (ПК):**

- способностью использовать основные методы радиофизических измерений (ПК-2).

В результате изучения дисциплины студент должен:

### **Знать:**

- основные экспериментальные методы диагностики ионосферы.

### **Уметь:**

- использовать методы обработки экспериментальных данных.

### **Владеть (иметь представление)**

- навыками самостоятельной обработки экспериментальных данных.



**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								
		2.2	3.2							
1.	Физика колебательных и волновых процессов	2.2	3.2							
2.	Измерительные вычислительные системы	1.1	1.2	2.2	3.4					

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

№ п/п	Наименование раздела	Наименование темы	Виды занятий в часах					
			Лекц.	Практ. зан.	Семина	Лаб. зан.	СРС	Всего
1.	Раздел 1	Метод вертикального зондирования ионосферы				16	16	32
2.	Раздел 2	Когерентное и некогерентное рассеяние радиоволн				18	14	32
3.	Раздел 3	Использование глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) для диагностики состояния ионосферы				18	14	32

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

№ п/п	№ раздела и темы дисциплины (модуля)	Наименование семинаров, практических и лабораторных работ	Трудоемкость (час.)	Оценочные средства	Формируемые компетенции
1	2	3	4	5	6
1.	Раздел 1.	1. Обработка ионограммы вертикального зондирования 2. Получение суточного хода критической частоты слоя F2. 3. Анализ ионограмм вертикального зондирования в спокойных и возмущенных условиях	32	Отчет по лабораторным работам	ОПК-1 ОПК-2 ПК-2
2.	Раздел 2.	1. Моделирование спектров сигнала некогерентного рассеяния	32	Отчет по лабораторным	

		2. Обработка данных когерентного радара SuperDARN		работам	
3.	Раздел 3.	1. Анализ точности навигации GPS/ГЛОНАСС 2. Наблюдаемость спутников навигационных систем 3. Мощность навигационного сигнала 4. Фазовые и групповые измерения ПЭС 5. Анализ фазовых сбоев ПЭС	32	Отчет по лабораторным работам	

### 6.1. План самостоятельной работы студентов

№ нед.	Тема	Вид самостоятельной работы	Задание	Рекомендуемая литература	Количество часов
1.	Все темы	- изучение теоретической части. - оформление отчета - подготовка к защите	- Оформить отчет по лаб.работе. - защитить работу преподавателю	Вся рекомендуемая литература	39
2.	Подготовка к зачету				3

### 6.2. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

К современному специалисту общество предъявляет достаточно широкий перечень требований, среди которых немаловажное значение имеет наличие у выпускников определенных способностей и умения самостоятельно добывать знания из различных источников, систематизировать полученную информацию, давать оценку конкретной финансовой ситуации. Формирование такого умения происходит в течение всего периода обучения через участие студентов в практических занятиях, выполнение контрольных заданий, написание курсовых и выпускных квалификационных работ. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Самостоятельная работа реализуется:

- 1) Непосредственно в процессе занятий, при выполнении лабораторных работ.
- 2) В контакте с преподавателем вне рамок расписания – на консультациях по учебным вопросам, в ходе творческих контактов, при ликвидации задолженностей, при выполнении индивидуальных заданий и т.д.
- 3) В библиотеке, дома, в общежитии, на кафедре при выполнении студентом учебных задач.

Границы между этими видами работ достаточно размыты, а сами виды самостоятельной работы пересекаются. Таким образом, самостоятельная работа студентов может быть как в аудитории, так и вне ее.

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

Курсовые работы не предусмотрены

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

### а) основная литература

1) Паперный В.Л. Оптические методы в астрофизических исследованиях: учеб. пособие / В.Л. Паперный, А.А. Черных. – Иркутск: Изд-во ИГУ, 2014. – 145 с. : ил. ; 20 см. - Библиогр. в конце разд. - ISBN 978-5-9624-1101-9. - Режим доступа: ЭЧЗ "Библиотех". - Неогранич. доступ.

2) Мониторинг природной среды аэрокосмическими средствами [Текст] : учеб. пособие / В. А. Малинников [и др.]. - Москва : Изд-во МИИГАиК, 2009. - 142 с. ; есть. - Режим доступа: ЭБС "Рукопт". - Неогранич. доступ. - ISBN 978-5-91188-015-6

3) Отклик ионосферы на гелио- и геофизические возмущающие факторы по данным GPS : монография / Ю. В. Ясюкевич [и др.] ; рец.: А. П. Потехин, В. И. Сажин ; Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Ин-т солнечно-земной физики, Иркут. гос. ун-т. - Иркутск : Изд-во Иркут. гос. ун-та, 2013. - 259 с. – ISBN 978-5-9624-0879-8 Режим доступа: Электронная библиотека «Труды ученых ИГУ». – Неогранич. доступ.

### б) дополнительная литература

1. Ерухимов Л.М. Ионосфера Земли как космическая плазменная лаборатория // Соросовский образовательный журнал, 1998, №4, с. 71-77. <http://window.edu.ru/resource/843/20843>.

2. Рожанский В.А. Эволюция плазменных облаков в ионосфере // Соросовский образовательный журнал, 2001, №9, с. 109-114. <http://window.edu.ru/resource/853/20853>.

3. Хаин, В. Е. Планета Земля. От ядра до ионосферы [Электронный ресурс] : учеб. пособие для студ., обуч. по напр. 020300 "Геология" / В. Е. Хаин, Н. В. Короновский. - 2-е изд. - ЭВК. - М. : Университет, 2008. - 245 с. - Режим доступа: Электронный читальный зал "Библиотех". - ISBN 978-5-98227-537-0

### в) программное обеспечение

- стандартные средства Windows для доступа в Интернет и чтения электронных версий статей и монографий: Microsoft Office, Acrobat Reader.

- авторское программное обеспечение для расчета полного электронного содержания по данным навигационных приемников в формате Rinex.

- свободнораспространяемое программное обеспечение для обработки данных ионозондов SAO explorer (<http://umlcar.uml.edu/SAO-X/SAO-X.html>).

- авторское программное обеспечение для расчета вертикального полного электронного содержания.

### г) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

- 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/p1aa1.html>)
- Архив научных журналов JSTOR (<http://www.jstor.org>)

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

Набор авторских презентаций (подборок слайдов и видеофрагментов) по ключевым темам курса, также набор заданий, упражнений и задач.

Мультимедийный проектор Sanyo PROxtaX multiverse projector

Ноутбук Toshiba Europe GMBH Satellite A200-1CR/ Dual Core T2080 1730 MHz/1024Mb/120 Gb

Ноутбук Asus 15.4" F5RL / Core 2 Duo T5550 1830 Mhz/2048Mb/160Gb

Ноутбук Samsung NP-Q210-FA05RU/ Intel Core 2 Duo/2048 Mb DDR2/160 Gb/

Ноутбук Samsung 14" NP300V4A-A06RU/Inter Core i3 2350M (2.3Ghz)/4096Mb/500Gb/

Ноутбук Samsung 15.6" NP300V5A-S19RU/ Intel Core i3-2350M/4Gb/500/

Ноутбук Samsung 15.6" NP300E5C-U04RU 15.6"/Interl Core i3 2370M(2.4Ghz)/6144Mb/750Gb

Ионозонд DPS-4

Приемник NovAtel GPStation-6 с вынесенной антенной Javad RingAnt-G3T

Приемник Javad Delta-G3T с антенной Javad GrAnt-G3T

Программное обеспечение Microsoft Office с корпоративной лицензией ИСЗФ СО РАН.

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

Основными видами самостоятельной работы студентов по курсу дисциплины являются:

- самостоятельная работа над учебными материалами с использованием конспектов и рекомендуемой литературы;
- решение задач;
- обработка экспериментальных данных;
- групповые и индивидуальные консультации;
- подготовка к зачету.

На практических занятиях излагаются основные, имеющие принципиальное значение и наиболее трудные для понимания и усвоения теоретические и практические вопросы.

Теоретические знания, полученные студентами на занятиях и при самостоятельном изучении курса по литературным источникам, закрепляются при выполнении контрольной работы.

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

Текущая работа над учебными материалами представляет собой главный вид самостоятельной работы студентов. Она включает обработку конспектов занятий путем систематизации материала, заполнения пропущенных мест, уточнения схем и выделения главных мыслей основного содержания. Для этого используются имеющиеся учебно-методические материалы и другая рекомендованная литература.

Программой предусмотрено использование современных образовательных технологий.

## 11. Оценочные средства (ОС):

Фонд оценочных средств (ФОС) представлен в приложении.

### 11.1. Оценочные средства для входного контроля.

Для изучения данного курса студент должен знать основы физики и информатики, уметь пользоваться стандартными поисковыми сервисами сети Интернет. Входной контроль знаний не проводится.

### 11.2. Оценочные средства текущего контроля.

#### Вопросы и упражнения к разделу 1

- 1) В чем заключается метод вертикального зондирования.
- 2) Что такое ионозонд?
- 3) Что такое ионозонд DPS? В чем его отличие от других ионозондов.
- 4) В чем отличия ЛЧМ-ионозондов?
- 5) В чем отличие метода вертикального зондирования от метода наклонного зондирования?
- 6) Что такое действующая высота?
- 7) Что такое F-spread на ионограммах?
- 8) Почему на ионограммах наблюдается два близких следа?
- 9) Какие основные слои ионосферы можно выделить в данных вертикального зондирования?
- 10) Какой слой ионосферы имеет максимальную ионизацию?

#### Вопросы и упражнения к разделу 2

- 1) Чем обусловлено некогерентное рассеяние (НР)?
- 2) Какие антенные системы могут использоваться для НР?
- 3) Какие рабочие частоты используют радары НР?
- 4) Какие параметры позволяют восстанавливать радар НР?
- 5) Сколько на сегодняшний день имеется радаров НР в России и мире?
- 6) Почему число радаров НР в мире достаточно мало?
- 7) Каков рабочий диапазон по высоте радаров НР? Что накладывает ограничение на высоту?
- 8) Какие рабочие частоты используют радары SuperDARN?
- 9) Каково основное назначение радаров SuperDARN?
- 10) Какова длина излучаемого сигнала в SuperDARN?

#### Вопросы и упражнения к разделу 3

- 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 по разделу 1

**Задание 1.** Ознакомьтесь с современным состоянием сети ионозондов вертикального зондирования.

- Найдите в сети Интернет информацию о существующих сетях и архивах данных.
- Познакомьтесь, какие совершенствования осуществляют с оборудованием для вертикального зондирования.

Пример задания для самостоятельной работы по разделу 2

**Задание 1.** Ознакомьтесь с принципами работы современных радаров НР.

- Найдите в сети Интернет информацию о разрабатываемых радаров; изучите основные нововведения.
- Ответьте на вопрос, в чем отличия антенных систем различных радаров.

Пример задания для самостоятельной работы по разделу 3

**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 (в форме зачета с оценкой).**

Материалы для проведения текущего и промежуточного контроля знаний студентов:

№ п\п	Вид контроля	Контролируемые темы (разделы)	Компетенции, компоненты которых контролируются
1.	Защита лабораторных работ по завершении темы 1	Все разделы	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2
2.	Защита лабораторных работ по завершении темы 2	Все разделы	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2
3.	Защита лабораторных работ по завершении темы 3	Все разделы	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2

Примерный список вопросов к зачету:

- 1) Принципы некогерентного рассеяния радиоволн.
- 2) Характерная форма профиля электронной концентрации.
- 3) Принципы вертикального зондирования.
- 4) Особенности обработки ионограмм вертикального зондирования.
- 5) Особенности регистрируемых ионограмм во время магнитных бурь.
- 6) Особенности радиочастотного плана ГНСС GPS и ГЛОНАСС.
- 7) Факторы, влияющие на устойчивость функционирования и точность координатных определений ГНСС.
- 8) Фильтрация временных рядов.
- 9) Групповые и фазовые измерения ПЭС.
- 10) Метод SADM-GPS.

**Разработчики:**

доцент, к.ф.-м.н.

Ю.В.Ясюкевич

Программа рассмотрена на заседании кафедры радиофизики и радиоэлектроники «20» марта 2020 г.

Протокол № 8 И.О.Зав. кафедрой

Колесник С.Н.

***Настоящая программа, не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы.***