

**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт динамики геосфер Российской академии наук
(ИДГ РАН)**



УТВЕРЖДАЮ:

Врио директора ИДГ РАН

Ю.И. Зецер

« 19 09 » 2014 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
ДИСЦИПЛИНЫ**

«Численное моделирование процессов в ионосфере»

Направление подготовки

05.06.01 НАУКИ О ЗЕМЛЕ

Профиль (направленность программы)

25.00.29 Физика атмосферы и гидросферы

Квалификация выпускника

Исследователь. Преподаватель-исследователь

Форма обучения

Очная

Вид промежуточного контроля: зачет / экзамен

Москва, 2014

ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ СОКРАЩЕНИЯ

ВО – высшее образование;

УК – универсальные компетенции;

ОПК – общепрофессиональные компетенции;

ПК – профессиональные компетенции;

ФГОС ВО – федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования

ООП – основная образовательная программа

ЛЗ – лекционное занятие

С – семинары

К – контроль (промежуточная аттестация)

СР – самостоятельная работа обучающихся

О – опрос (собеседование)

ФОС – фонд оценочных средств

СОДЕРЖАНИЕ

1. Цели и задачи освоения дисциплины.....	4
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы.....	4
3. Требования к результатам освоения дисциплины.....	4
4. Структура и содержание дисциплины.....	5
4.1. Структура дисциплины.....	5
4.2. Содержание разделов дисциплины	6
4.3. Тематика аудиторных занятий.....	6
5. Текущая и промежуточная аттестация.....	7
6. Образовательные технологии.....	9
7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.....	9
7.1. Основная литература.....	9
7.2. Дополнительная литература.....	9
7.3. Электронные ресурсы	10
8. Материально-техническое обеспечение дисциплины.....	10

1. Цели и задачи освоения дисциплины

Цель освоения дисциплины - приобретение комплекса знаний по теоретическому изучению феноменологии и физики процессов в верхней атмосфере и ионосфере Земли, по разработке методов численного прогноза состояния ионосферы с различной степенью заблаговременности в интересах задач радиосвязи, радиолокации и спутниковой навигации.

Для достижения поставленной цели в процессе изучения дисциплины решаются следующие задачи:

- изучение теоретических моделей ионосферной плазмы;
- изучение теоретических моделей верхней атмосферы Земли;
- изучение физических приближений и методов редукции теоретических моделей ионосферы для решения прикладных задач;
- освоение эмпирических моделей ионосферы и верхней атмосферы;
- освоение численных моделей ионосферы и верхней атмосферы.

2. Место дисциплины (модуля) в структуре основной образовательной программы

Дисциплина относится к обязательным дисциплинам вариативной части блока 1 программы аспирантуры.

Трудоёмкость освоения дисциплины составляет 6 зачетных единиц (з.е.) или 216 академических часов, в том числе 80 часа аудиторных занятий и 136 часов самостоятельной работы.

Содержание программы «Численное моделирование процессов в ионосфере» разработано с учетом требований ФГОС ВО по направлению подготовки 05.06.01 НАУКИ О ЗЕМЛЕ, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 30 июля 2014 г. № 870, зарегистрировано в Минюсте России 20 августа 2014 г. № 33680.

Дисциплина предназначена для подготовки аспирантов и имеет практико-ориентированный характер.

Для изучения дисциплины аспиранту необходимо иметь знания в объеме программ подготовки специалиста в области математики, физики, электродинамики сплошных сред, физики плазмы, численных методов.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины «Численное моделирование процессов в ионосфере» направлен на формирование следующих компетенций:

а) универсальных (УК)

- способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1);
- готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научной коммуникации на государственном и иностранном языках (УК-3);
- способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития (УК-5);

б) общепрофессиональных (ОПК)

- способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в области физики ионосферы с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий (ОПК-1);
- готовность к преподавательской деятельности в системе высшего образования (ОПК-2);

в) профессиональных (ПК)

- знать принципы построения прогностических численных моделей ионосферы, выполнять критический анализ экспериментальных данных (ПК-1);

- способность выполнять численные прогнозы состояния ионосферы и их интерпретацию для задач радиосвязи и радиолокации (ПК-2);
- владеть навыками работы на многопроцессорных вычислительных системах и программными средствами визуализации результатов расчетов (ПК-3);
- способность проводить практические занятия по расчетам на многопроцессорных вычислительных системах (ПК-4).

В результате освоения дисциплины аспиранты будут

знать:

физические приближения и границы применимости численных моделей ионосферы; транспортные уравнения ионосферной плазмы, диффузионное и многопоточное приближение; примитивные уравнения динамической метеорологии; этапы развития численных моделей, границы достаточности и достижимые точности. современные эмпирические и численные модели ионосферы и атмосферы. Принципы разработки вероятностных прогностических моделей; основные потребности прикладных радиотехнических систем разных частотных диапазонов в задании параметров среды и расчете распространения радиоволн.

уметь:

выбирать необходимый и достаточный уровень детализации модели ионосферы для решения конкретной задачи; выполнять количественные расчеты параметров ионосферы и атмосферы по эмпирическим моделям (IRI, PIM, MSIS, HWM, WEIMER, HARDY); выполнять количественные расчеты параметров ионосферы по численным моделям (TIEGCM, SAMI, SIMPLE, ARIEL, ИДГ-ДС); сопоставлять результаты расчетов с данными спутникового и наземного мониторинга, выполнять физический анализ и интерпретацию результатов численного моделирования.

владеть:

языками программирования FORTRAN, C++, Shell; навыками работы на многопроцессорном кластере под ОС UNIX; приемами работы с данными в форматах NetCDF и HDF5; средствами визуализации NCL; методами статистического анализа пространственно-временных данных.

4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины «Численное моделирование процессов в ионосфере» составляет 6 зачетных единиц, 216 академических часов, из которых аудиторная нагрузка составляет 80 часов (лекции - 36 часов, семинары - 36 часов, контроль - 8 часов), самостоятельная работа обучающихся – 136 часов.

4.1. Структура дисциплины

Таблица 1

Вид учебной работы	Трудоемкость (ак.час)
Аудиторные занятия, в том числе:	80
Лекционные занятия (ЛЗ)	36
Семинары (С)	36
Контроль (промежуточная аттестация) (К)	8
Самостоятельная работа (СР)	136
Всего:	216

4.2. Содержание разделов дисциплины

Таблица 2

№ п/п	Раздел дисциплины	Трудоемкость (ак. час)			
		всего	очная форма обучения		
			ЛЗ	С	СР
1	2	3	4	5	6
1	Теоретические модели ионосферы и верхней атмосферы	60	8	8	44
2	Эмпирические модели ионосферы	68	12	12	44
3	Численное моделирование ионосферы	80	16	16	48
	Контроль (промежуточная аттестация)	8			
Итого:		216	36	36	136

4.3. Тематика аудиторных занятий

Тематика лекционных занятий

Таблица 3

№ раздела	№ лекции	Основное содержание	Кол-во (ак. час)	Литература	Форма текущей аттестации*
1	1	Проблема прогноза ионосферы, потребности, достигнутый уровень	2	О1-О2 Д1-Д2 Э1-Э9	О
	2	Транспортные уравнения многокомпонентной плазмы, диффузионное приближение.	2	О1-О5 Д3 Э1-Э6	О
	3	Динамическая метеорология. Проблема свободных параметров.	4	О3, О5 Д3 Э1-Э6	О
2	4	Эмпирические модели ионосферы Земли	4	О7-О5 Д1-Д4	О
	5	Эмпирические модели верхней атмосферы Земли	4	О2, О5 Д1-Д4	О
	6	Эмпирические модели граничных условий и источников ионизации.	4	О2, О5 Д1-Д4	О
3	7	Современные численные модели ионосферы	4	О1-О5, Д1-Д4	О
	8	Глобальная прогностическая модель SIMPLE	6	О4, О5, Д1, Д2, Д3 Э1-Э9.	О
	9	Глобальная самосогласованная модель TIEGCM	6	О5, Д4	О
Итого:			36		

* Примечание: О – опрос (собеседование). Формы контроля не являются жесткими и могут быть заменены преподавателем на другую форму контроля в зависимости от

контингента обучающихся. Кроме того на семинарских занятиях может проводиться работа с нормативными документами, периодическими изданиями специальной российской и зарубежной литературы, материалами конференций и пр., что также оценивается преподавателем.

Тематика семинарских занятий

Таблица 4

№ раздела	№ занятия	Наименование	Кол-во (ак.час)	Литература
1	1	Базы данных спутниковых и наземных наблюдений за ионосферой и радиомониторинг	4	О1, О4, Д1-Д2, Э1-Э6
	2	Анализ пространственной динамики ионосферы во время магнитной бури по данным сети наблюдений.	4	О1-О4, Д3, Э1-Э6
2	1	Работа с эмпирическими моделями в режиме удаленного доступа.	6	О5, Э6
	2	Расчет карт параметров ионосферы и атмосферы Земли по эмпирическим моделям.	6	О5, Э1-Э6
3	1	Прогноз ионосферы и распространения радиоволн в системе SIMPLE.	8	О2
	2	Моделирование динамики ионосферы во время магнитной бури по модели TIEGCM	8	О5, Д3, Э1-Э6
Итого:			36	

5. Текущая и промежуточная аттестация

Текущая и промежуточная аттестация аспирантов является обязательной и проводится в соответствии с локальным актом ИДГ РАН - Положением о текущей, промежуточной и государственной итоговой аттестации аспирантов ИДГ РАН по программам высшего образования – программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре и фондом оценочных средств (ФОС).

Текущая аттестация по дисциплине проводится в форме опроса (собеседования) в рамках участия обучающихся в дискуссиях и различных контрольных мероприятиях по оцениванию фактических результатов обучения, осуществляемых преподавателем, ведущим дисциплину.

Объектами оценивания выступают:

- учебная дисциплина - активность на занятиях, своевременность выполнения различных видов заданий, посещаемость занятий;
- степень усвоения теоретических знаний и уровень овладения практическими умениями и навыками по всем видам учебной работы, проводимых в рамках семинаров, практических занятий и самостоятельной работы.

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется в виде зачета/экзамена в период зачетно-экзаменационной сессии в соответствии с Графиком учебного процесса по приказу директора. Обучающийся допускается к зачету/экзамену в случае выполнения аспирантом всех учебных заданий и мероприятий, предусмотренных настоящей программой. В случае наличия учебной задолженности (пропущенных занятий и (или) невыполненных заданий) аспирант отрабатывает пропущенные занятия и выполняет задания.

Оценивание знаний обучающегося на промежуточной аттестации осуществляется с использованием нормативных оценок на экзамене - по 4-х бальной

системы (5-отлично, 4-хорошо, 3-удовлетворительно, 2-не удовлетворительно) / на зачете – зачтено (не зачтено).

Оценивание аспиранта на промежуточной аттестации в форме зачета

Таблица 5

Оценка зачета	Требования к знаниям и критерии выставления оценок
<i>Зачтено</i>	Аспирант при ответе демонстрирует содержание тем учебной дисциплины, владеет основными понятиями физики ионосферы и атмосферы, знает особенности численных моделей, имеет представление о специфике моделирования ионосферы. Информирован и способен делать анализ проблем и намечать пути их решения.
<i>не зачтено</i>	Аспирант при ответе демонстрирует плохое знание значительной части основного материала в области физики ионосферы и численного моделирования Не информирован или слабо разбирается в проблемах, и или не в состоянии наметить пути их решения.

Оценивание аспиранта на промежуточной аттестации в форме экзамена

Таблица 6

Оценка зачета (нормативная)	Требования к знаниям и критерии выставления оценок
2, неудовлетворительно	Аспирант при ответе демонстрирует плохое знание значительной части основного материала в области физики ионосферы Не информирован или слабо разбирается в проблемах, и или не в состоянии наметить пути их решения.
3, удовлетворительно	Аспирант при ответе демонстрирует знания только основного материала по физике ионосферы, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушает логическую последовательность в изложении. Фрагментарно разбирается в проблемах, и не всегда в состоянии наметить пути их решения.
4, хорошо	Поступающий при ответе демонстрирует хорошее владение и использование знаний по физике ионосферы, твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно трактует теоретические положения. Достаточно уверенно разбирается в проблемах, но не всегда в состоянии наметить пути их решения.
5, отлично	Поступающий при ответе демонстрирует глубокое и прочное владение и использование знаний по физике ионосферы, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает на экзамене, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом, использует в ответе материал монографической литературы, правильно обосновывает принятое решение.

6. Образовательные технологии

Обучение по дисциплине ведется с применением традиционных технологий по видам работ (лекционные занятия, научно-практические занятия, семинарские занятия, текущий контроль) по расписанию с использованием электронных учебных, методических и контролирующих пособий.

При изложении лекционного материала используются мультимедийные иллюстративные материалы, на практических занятиях проводится демонстрация работы с компьютерными моделями, а также применяются инновационные способы преподавания: метод активных лекций (лекция-гипотеза, лекция-консультация, лекция-дискуссия); метод учебного проектирования и др.

Самостоятельная работа по дисциплине включает самоподготовку к учебным занятиям по учебной литературе и с помощью электронных ресурсов. Индивидуальная работа аспирантов проходит в библиотеке ИДГ РАН, МФТИ, ИФЗ РАН и других библиотеках.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1. Основная литература:

Таблица 7

№ п/п	Автор	Наименование	Издательство	Год издания*
О1	Б.Е.Брюнелли, А.А.Намгаладзе	Физика ионосферы	-М.: Наука	1988
О2	И.А.Кринберг, А.В.Тащилин	Ионосфера и плазмосфера	М.: Наука	1984
О3	Дж.Педлоски	Геофизическая гидродинамика	Москва, Мир	1984
О4	R. Schunk, A. Nagy	Ionospheres. Physics, Plasma physics and chemistry	Cambridge	2009
О5	R. Schunk	Handbook of ionospheric models	Utah University	1996

7.2. Дополнительная литература:

Таблица 8

№ п/п	Автор	Наименование	Издательство	Год издания
Д1	V.Botmer, I. Daglis	Space weather – physics and effects	Praxis	2007
Д2	I. Daglis	Space Storms and Space Weather Hazards	NATO ASI	2000
Д3	V. Bychkov, G. Golubkov, A. Nikitin	The Atmosphere and Ionosphere Dynamics, Processes and Monitoring	Springer	2010
Д4	A. Brekke	Physics of the Upper Polar Atmosphere	Springer	2013

7.3. Электронные (образовательные, информационные, справочные, нормативные и т.п.) ресурсы:

Профессиональные базы данных:

- Э1. База данных по геомагнитной активности Университета Киото (Япония). Адрес: <http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/wdc/Sec3.html> - индексы геомагнитной активности
- Э2. База данных магнитометрических измерений INTERMAGNET (www.intermagnet.org) – трехкомпонентные данные магнитовариационных наблюдений на мировой сети станций.
- Э3. База данных IMAGE магнитометрических измерений в высоких широтах. (http://space.fmi.fi/image/beta/?page=user_defined)
- Э4. База данных радаров когерентного рассеяния Университета им. Джона Гопкинса (США) (<http://superdarn.jhuapl.edu/>)
- Э5. База данных MADRIGAL (<http://madrigan.haystack.mit.edu/madrigan/>) Масачусетского технологического института – измерения на радарх некогерентного рассеяния
- Э6. База данных OMNIWeb (<http://omniweb.gsfc.nasa.gov/>) NASA – параметры солнечного ветра и околоземного космического пространства
- Э7. Система SpaceWiki Университета Оулу (Финляндия) (<http://www.oulu.fi/physics/research/astronomy-earth-and-space-physics>)
- Э8. Сервер «СиЗиФ» (<http://www.kosmofizika.ru/>) – интернет-справочник по солнечно-земной физике
- Э9. Космическая среда вокруг нас» (<http://www.izmiran.ru/pub/izmiran/space-around-us/>)

Общие ресурсы:

- научная библиотека eLIBRARY.RU, более 20 полнотекстовых версий журналов по тематике курса;
- хранилище электронных копий всех издаваемых компанией Springer журналов <http://www.springerlink.com/>;
- электронная библиотека Физтеха <http://lib.mipt.ru/>
- федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru>
- библиотека по естественным наукам Российской академии наук <http://benran.ru>

Дополнительные средства обеспечения освоения дисциплины

- Электронные версии основной и дополнительной литературы; комплект тестов для проведения текущей аттестации.

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

- Кабинет (рабочее место аспиранта) с компьютером и периферийными устройствами для выполнения исследовательских лабораторных и расчетно-исследовательских работ, а также прохождения компьютерных тестов.
- Студенческая аудитория.
- Кабинеты профильных лабораторий
- Конференц-зал Института, оснащенный мультимедийным оборудованием
- Мультимедийное оборудование. Компьютеры ИДГ РАН.
- Свободное программное обеспечение LibreOffice, gnuplot, GCC, Linux

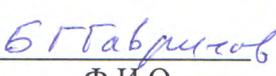
Разработчики:

А.Н. Ляхов, кандидат технических наук,
заведующий лабораторией «Электродинамические процессы в геофизике» ИДГ РАН

«16» 09 2014 г.  
Подпись Ф.И.О.

Рецензенты:

Б.Г. Гаврилов, доктор физико-математических наук,
заведующий лабораторией «Литосферно-ионосферные связи» ИДГ РАН

«17» 09 2014 г.  
Подпись Ф.И.О.

Программа «Численное моделирование процессов в ионосфере» рассмотрена и утверждена Ученым советом ИДГ РАН (Протокол № 3а/14 от 18.09.2014 г.).