

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
А.Л. Толстик
Регистрационный № Д-3703 /уч.



ЧИСЛЕННЫЙ АНАЛИЗ АТМОСФЕРНЫХ ПРОЦЕССОВ

Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности:
1-31 02 02 Гидрометеорология

2016 г.

Учебная программа составлена на основе ОСВО 1 – 31 02 02 – 2013 и учебного плана УВО № G31 – 148/уч. - 2013 г.

СОСТАВИТЕЛЬ:

А. Г. Светашев, доцент (0.5 ст.) кафедры общего землеведения и гидрометеорологии, кандидат физико-математических наук

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

А.Н. Красовский, доцент кафедры общего землеведения и гидрометеорологии, кандидат физико-математических наук, доцент

В.И. Мельник, начальник службы научно-методического обеспечения гидрометеорологических наблюдений и фондов данных ГУ «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды», кандидат географических наук

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой общего землеведения и гидрометеорологии Белорусского государственного университета (протокол № 7 от 23 февраля 2016 г.)

Научно-методическим Советом Белорусского государственного университета (протокол № 4 от 14 марта 2016 г.).

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Программа составлена на основе опыта преподавания курса «Моделирование метеорологических процессов», на географическом факультете БГУ в 2013-2015 гг.

Дисциплина «Численный анализ атмосферных процессов» представляет собой органичную часть курсов физической метеорологии и динамики атмосферы и посвящена изучению методов численного (компьютерного) моделирования атмосферных процессов, а также связанных с ними метеорологических и климатических явлений.

Последнее десятилетие XX и начало XXI века ознаменовались бурным развитием методов численного моделирования метеорологических процессов и явлений различных пространственных и временных масштабов, что было обусловлено значительным прогрессом в области компьютерных систем и информационных технологий. В большинстве развитых стран на повестке дня – создание полностью автономных интеллектуальных систем анализа и прогноза погоды, а также оценки различных экстремальных погодных ситуаций.

Данный курс полностью согласуется с курсами, посвященными радиолокационным и спутниковым методам исследования параметров атмосферы и земной поверхности, поскольку именно результаты дистанционного зондирования используются в качестве исходных данных для функционирования и «валидации» численных физических моделей, в частности, для систем мезопргноза.

Дисциплина «Численный анализ атмосферных процессов» читается для специальности «Гидрометеорология» и относится к циклу специальных дисциплин (государственный компонент).

Изложение изучаемой дисциплины предполагает знание таких дисциплин специальности, как «Физическая метеорология», «Синоптическая метеорология» и «Динамическая метеорология».

Цель предмета заключается в подготовке специалистов, владеющих основами теоретических знаний в области развития моделей численного анализа атмосферных процессов, а также практическими навыками проведения расчетов с использованием наиболее современных программ и компьютерных технологий.

В задачи дисциплины входят:

- Формирование у студентов знаний о физических основах, принципах и методах построения численных моделей атмосферы и анализа метеорологических явлений,
- знакомство с самыми передовыми разработками в области численных моделей атмосферных процессов

- получение студентами практических навыков по использованию современных компьютерных систем для численного моделирования, анализа и прогноза реальных погодных ситуаций

Изучение дисциплины базируется на основе знаний, полученных при изучении цикла специальных дисциплин государственного компонента и компонента учреждения высшего образования: физической метеорологии, синоптической метеорологии и динамики атмосферы.

В результате изучения дисциплины обучаемый (студент) должен: знать:

- физические основы возникновения и развития атмосферных процессов;
- основные физические характеристики метеорологических явлений
- основные признаки и критерии опасных явлений погоды;
- основные принципы и методы численного анализа и компьютерного моделирования
- основы программирования на компилируемых и «скриптовых» языках
- общее устройство и приемы проведения расчетов и распараллеливания вычислений на многопроцессорных системах;
- основные методы получения и использования метеорологической информации с помощью различных систем и интернет источников;
- основные принципы построения систем автоматизированного прогноза метеорологических явлений различных пространственных и временных масштабов;

уметь:

- получать необходимую информацию из открытых интернет-источников;
- готовить входные данные для проведения модельных расчетов в системе мезомасштабного прогнозирования WRF;
- проводить численное моделирование реальных погодных ситуаций в системе WRF, в том числе и с использованием суперкомпьютеров
- оценивать информацию, получаемую в результате проведенных расчетов, производить ее первичную обработку
- использовать полученные данные при анализе физических процессов и явлений, происходящих в атмосфере.

владеть:

- навыками и методами применения информации, полученной численным моделированием, в научно-исследовательской и практической (прогностической) деятельности.

Для решения задач дисциплины кроме теоретического курса предусматривается проведение практических занятий на суперкомпьютерных системах НИИЦ МО БГУ и БГУ.

Компетенции: ОПК-6, ПК1, ПК2, ПК3, ПК4, ПК13, ПК14, ПК42, ПК43.

ОПК-6 – Уметь использовать основные законы и закономерности наук о Земле в профессиональной деятельности; ПК-1 – Определять проблемы в области наук о Земле и осуществлять постановку научных задач, представляющих как теоретический интерес, так и практическую значимость в области глобального и регионального природопользования; ПК-2 – Разрабатывать методические подходы, выбирать приборы и оборудование, картографические и справочные материалы и проводить научно-исследовательские работы в области наук о Земле; ПК-3 – Проводить анализ результатов полевых и экспериментальных исследований и измерений, оценивать их достоверность и осуществлять математическую обработку; ПК-4 – Формулировать из полученных полевых и экспериментальных результатов корректные выводы и давать рекомендации по их практическому применению; ПК-13 – Выполнять анализ и математическую обработку результатов полевых и экспериментальных исследований в области наук о Земле; ПК-14 – Реализовывать на практике принципы и нормативы рационального природопользования; ПК-42 – Пользоваться глобальными информационными ресурсами, уметь работать с электронными географическими картами и атласами и учебно-справочной литературой; ПК-43 – Знать современные проблемы природопользования, определять цели инновационной деятельности и способы их достижения.

Форма получения высшего образования – дневная, очная. Занятия проводятся в восьмом семестре на четвертом курсе и в девятом семестре на пятом курсе обучения.

На изучение учебной дисциплины «Численный анализ атмосферных процессов» отводится 246 часов, в том числе 126 аудиторных. Примерное распределение учебного времени по семестрам: 8-й семестр – 90 часов общих, 54 аудиторных; 9-й семестр – 156 часов общих, 72 аудиторных. Примерное распределение аудиторного времени по видам занятий: 60 часов (в 8-м семестре 26 часов, в 9-м семестре 34 часа) – лекции; 10 часов (в 8-м семестре 2 часа, в 9-м семестре 8 часов) – практические; 40 часов (в 8-м семестре 20 часов, в 9-м семестре 20 часов) – лабораторные; 16 часов (в 8-м семестре 6 часов, в 9-м семестре 10 часов) – УСР. Форма текущего контроля знаний: в 8-м семестре – зачет, в 9-м семестре – экзамен.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

1. Предмет, цели и задачи курса. Современное состояние теории и практики методов моделирования, анализа и прогноза погоды

Краткий исторический обзор развития методов анализа погодных и климатических процессов. Подходы к моделированию погодных явлений. Область применения численных методов моделирования атмосферных процессов. Виды численных моделей. Прогноз климатических и погодных явлений. Виды прогноза. Сравнительный анализ синоптических и численных методов прогноза погоды. Оценка качества метеорологических прогнозов.

2. Физические основы моделирования погоды и климата.

Строение атмосферы. Параметры атмосферы. Основные атмосферные процессы и явления. Процессы взаимодействия в системе Солнце – Земля – Земная Атмосфера. Понятие погоды и климата.

Дополнительные сведения из динамической метеорологии. Понятие о пространственно-временных масштабах атмосферных процессов.

Прогноз климатических и погодных явлений. Виды прогноза.

3. Орбитальные методы исследования атмосферных процессов и параметров атмосферы.

Приборы и методы дистанционного зондирования атмосферы и земной поверхности (ДЗЗ) из космоса. Основные параметры орбитальных систем ДЗЗ. Параметры атмосферы, исследуемые орбитальными системами. Сопоставление данных наземных и спутниковых наблюдений.

4. Моделирование атмосферных процессов различных масштабов. Связь между пространственными и временными масштабами.

Понятие об атмосферных процессах и погодных явлениях различных пространственных и временных масштабов. Связь между пространственными и временными масштабами. Дополнительные сведения по общей динамике атмосферы и океана.

5. Моделирование процессов глобальной циркуляции атмосферы и океана

Общее понятие о процессах глобальной циркуляции атмосферы. Влияние планетарных и космических процессов. Роль радиационных процессов в атмосфере и на поверхности. Влияние воды в различных состояниях. Роль орографии и характера «подстилающей» поверхности.

5.1. Глобальные и региональные модели краткосрочного и среднесрочного прогноза погодных явлений

Общая характеристика глобальных моделей. Основные принципы построения глобальных моделей атмосферных процессов. Существующие модели динамики атмосферы.

5.2. Проблемы долгосрочного прогноза погоды. Обобщенные модели процессов атмосферы и океана.

Виды обобщенных моделей. Используемые пространственно-временные масштабы. Виды параметризации процессов «подсеточного» масштаба. Проблемы и перспективы развития долгосрочного прогноза погоды и климата.

6. Моделирование атмосферных процессов среднего масштаба.

6.1 Классификация и общая характеристика атмосферных процессов среднего (мезо) масштаба. Роль типа подстилающей поверхности и ее орографии. Влияние фазовых переходов воды в атмосфере и на поверхности.

6.2. Использование данных глобальных моделей в качестве начальных и граничных условий мезомасштабных моделей.

Основные принципы. Терминология. Ограничения. Основные информационные источники данных.

6.3. Микрофизические процессы, «подсеточные» для мезо масштаба

Общее описание микрофизических процессов, являющихся «подсеточными» для основного масштаба. Взаимное влияние процессов различных пространственных и временных масштабов.

7. Модель численного прогноза атмосферных процессов WRF.

Общий обзор и характеристика мезомасштабной модели прогноза погоды и анализа атмосферных процессов WRF. Сравнение с другими современными мезомасштабными и региональными моделями.

7.1 Математическая модель атмосферы и земной поверхности.

Основные принципы моделирования мезомасштабной динамики атмосферы в системе WRF. Математическая модель атмосферы и подстилающей поверхности.

Координатные системы. Вертикальная координатная система с учетом орографии поверхности. Картографические проекции.

Понятие рабочего домена в системе WRF. Возможности задания вложенных и «подвижных» рабочих доменов. Пространственное и временное разрешение. Общие принципы выбора и построения рабочего домена для проведения конкретного расчета в системе WRF.

7.2. Система уравнений мезомасштабной модели WRF.

Основные динамические переменные. Уравнения динамики атмосферы. Уравнение состояния атмосферного воздуха. Уравнение фазовых переходов воды. Особенности вида уравнений их дискретизации. Метод решения. Согласование пространственных и временных шагов при решении системы уравнений динамики.

7.3. Рабочие модули системы WRF.

Общая структура программной системы WRF. Модуль WPS. Вычислительные модули ARW и NNM.

7.4. Методика проведения вычислений и визуализации результатов численного моделирования в системе WRF.

Решение системы уравнений динамики на суперкомпьютерах. Общая методика проведения расчетов. Распараллеливание вычислений. Параметры и диагностика. Запуск системы на суперкомпьютере BEVALEX.

8. Моделирование состояния атмосферного воздуха.

8.1. Уравнение состояния атмосферного воздуха. Расчет трехмерных полей распределения плотности, давления и температуры атмосферных газов.

8.2. Уравнения динамики атмосферы. Расчет и анализ трехмерных полей распределения скорости ветра

8.3 Особенности моделирования «верхней» атмосферы.

9. Моделирование фазовых переходов и переноса воды в атмосфере

Роль воды в атмосфере и моделирование микрофизических процессов с ее участием. Включение переноса влажности в систему уравнений модели WRF.

9.1 Описание фазовых переходов воды в системе WRF..

9.2 Моделирование и анализ трехмерных полей распределения концентрации воды в различных фазовых состояниях в атмосфере.

Сопоставление с данными орбитальных наблюдений.

10. Моделирование облачности. Методы параметризации облачности, применяемые в WRF.

Типы облачности. Влияние облачности на перенос излучения и влаги в атмосфере. Общие принципы моделирования систем облаков. Модели облачности. Моделирование систем облаков. Виды параметризации облачности в WRF.

11. Моделирование осадков

Механизм формирования осадков. Микрофизические модели WRF, описывающие возникновение и выпадение осадков в жидкой и твердой фазе.

12. Моделирование радиационных процессов

Радиационные процессы в атмосфере. Системы параметризации радиационных процессов в модели WRF и методы их применения при проведении расчетов.

13. Моделирование процессов в приземном слое и на подстилающей поверхности

Система и типы параметризации процессов в приземном слое атмосферы и на подстилающей поверхности в модели WRF. Модели конвекции в приземном слое.

14. Особенности выбора и применения параметризаций при проведении расчетов в системе WRF

Согласование подсеточных параметризаций (моделей) микрофизических процессов. Оптимальные наборы параметризаций для расчетов различных погодных ситуаций.

15. Системы пост-обработки и визуализации результатов расчета

15.1. Форматы данных в системе WRF

15.2. Формат NetCDF и программные средства его обработки.

15.3. Использование сценарного языка ncl для обработки и анализа данных в системе WRF.

15.4. Знакомство с пакетом 3D визуализации VAPOR.

16. Валидация результатов расчета

16.1. Системы валидации данных. Знакомство с пакетом программных приложений Model Evaluation Tool (MET).

Понятие реального и прогнозного расчетов. Понятие точности прогноза.

16.2 Международные требования к качеству прогноза погоды. Оценка оправдываемости прогноза по данным Белгидромета.

17. Дополнительные возможности системы WRF

Знакомство с модулями WRF-Chem и Polar WRF. Методики усвоения данных в системе WRF. Системы реанализа ERA_Interim и MACC.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР	Использование наглядных и методических пособий	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
8-й семестр									
1	<i>Предмет, цели и задачи курса. Современное состояние теории и практики методов моделирования, анализа и прогноза погоды</i>	2	-	-	-	-	-	[1-6]	Выборочный опрос на лекции
2	<i>Физические основы моделирования погоды и климата</i>	2	-	-	-	-	-	[1-3]	Выборочный опрос на лекции
3	<i>Орбитальные методы исследования атмосферных процессов и параметров атмосферы</i>	2	-	-	-	-	-	[7-10]	Выборочный опрос на лекции
4	<i>Моделирование атмосферных процессов различных масштабов. Связь между пространственными и временными масштабами</i>	2	-	-	-	-	-	[1-6]	Выборочный опрос на лекции

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5	<i>Моделирование процессов глобальной циркуляции атмосферы и океана</i>	4	-	-	-	-	-	[1-3], [6]	
5.1	Глобальные и региональные модели краткосрочного и среднесрочного прогноза погодных явлений	2	-	-	-	-	-		Выборочный опрос на лекции
5.2	Проблемы долгосрочного прогноза погоды. Обобщенные модели процессов атмосферы и океана.	2	-	-	-	-	-		Выборочный опрос на лекции
6	<i>Моделирование атмосферных процессов среднего масштаба</i>	6	-	-	-	-	-	[1], [4], [5]	
6.1	Классификация и общая характеристика атмосферных процессов среднего (мезо) масштаба. Роль типа подстилающей поверхности и ее орографии. Влияние фазовых переходов воды в атмосфере и на поверхности.	2	-	-	-	-	-		Выборочный опрос на лекции
6.2	Использование данных глобальных моделей в качестве начальных и граничных условий мезомасштабных моделей.	2	-	-	-	-	-		Выборочный опрос на лекции
6.3	Микрофизические процессы, «подсеточные» для основного (мезо) масштаба	2	-	-	-	-	-		Выборочный опрос на лекции
7	<i>Модель численного прогноза мезомасштабных атмосферных процессов WRF</i>	8	2	-	20	-	6	[4], [14-16]	
7.1	Математическая модель атмосферы и земной поверхности	2	-	-		-	2		Выборочный опрос на лекции
7.1.1	Вертикальная координатная система учетом орографии поверхности		2		2		2		Отчет по проделанной работе и его защита.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
7.2	Система уравнений мезомасштабной модели WRF	2	-	-	-	-			Выборочный опрос на лекции
7.2.1	Уравнения динамики атмосферы						2		Отчет по проделанной работе и его защита.
7.3	Рабочие модули системы WRF	2	-	-	-	-			Выборочный опрос на лекции
7.3.1	Вычислительные модули ARW и NNM						2		Отчет по проделанной работе и его защита.
7.4	Методика проведения расчетов и визуализации результатов численного моделирования в системе WRF	2	-	-	-	-	-		Выборочный опрос на лекции
7.4.1	Решение уравнений динамики на суперкомпьютерах				6				Отчет по проделанной работе и его защита.
7.4.2	Общая методика проведения расчетов				4				Отчет по проделанной работе и его защита.
7.4.3	Распараллеливание вычислений. Параметры и диагностика				4				Отчет по проделанной работе и его защита.
7.4.4	Запуск системы на суперкомпьютере BEVALEX				4				Отчет по проделанной работе и его защита.
9-й семестр									
8	<i>Моделирование состояния атмосферного воздуха</i>	6	4	-	4	-	-	[4], [14-16]	
8.1	Уравнение состояния атмосферного воздуха. Расчет трехмерных полей распределения плотности, давления и температуры атмосферных газов.	2	-	-	-	-	-		Выборочный опрос на лекции
8.1.1	Расчет трехмерных полей распределения плотности		2						Отчет по проделанной работе и его защита.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
8.2	Уравнения динамики атмосферы. Расчет и анализ трехмерных полей распределения скорости ветра	2		-	4	-	-		Выборочный опрос на лекции
8.2.1	Расчет и анализ трехмерных полей распределения скорости ветра		2		4				Отчет по проделанной работе и его защита.
8.3	Особенности моделирования процессов «верхней» атмосферы.	2	-	-	-	-	-		Выборочный опрос на лекции
9	<i>Моделирование фазовых переходов и процессов переноса воды в атмосфере</i>	4						[4], [14-17]	
9.1	Описание фазовых переходов воды в системе WRF	2	-	-	-	-	-		Выборочный опрос на лекции
9.2	Моделирование и анализ трехмерных полей распределения концентрации воды в атмосфере.	2	-	-	-	-	-		Выборочный опрос на лекции
10	<i>Моделирование облачности. Методы параметризации облачности, применяемые в WRF</i>	2	2	-	4	-	2	[4], [14-17]	Выборочный опрос на лекции
10.1	Методы параметризации облачности		2		4		2		Отчет по проделанной работе и его защита.
11	<i>Моделирование осадков</i>	2	-	-	4	-	2	[4], [14-17]	Выборочный опрос на лекции
11.1	Оценка возможности выпадения осадков				4		2		Отчет по проделанной работе и его защита.
12	<i>Моделирование радиационных процессов</i>	2		-	-	-		[4], [14-17]	Выборочный опрос на лекции
12.1	Оценка продолжительности солнечного сияния		2				2		Отчет по проделанной работе и его защита.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
13	<i>Моделирование процессов в приземном слое атмосферы и на подстилающей поверхности</i>	2	-	-	-	-	-	[4], [14-17]	Выборочный опрос на лекции
14	<i>Особенности выбора и применения параметризаций при проведении расчетов в системе WRF</i>	2	-	-	-	-	-	[4], [14-17]	Выборочный опрос на лекции
15	<i>Системы пост-обработки и визуализации данных расчета</i>	8			8		2	[4], [14-17]	
15.1	Форматы данных в системе WRF	2	-	-	-	-	-		Выборочный опрос на лекции
15.2	Формат NetCDF и программные средства его обработки.	2	-	-	-	-	-		Выборочный опрос на лекции
15.3	Использование сценарного языка ncl для обработки и анализа данных в системе WRF.	2	-	-	4	-	2		Выборочный опрос на лекции
15.3.1	Подготовка программы для обработки и анализа синоптических данных				4		2		Отчет по проделанной работе и его защита.
15.4	Знакомство с пакетом 3D визуализации VAPOR.	2	-	-	4	-	-		Выборочный опрос на лекции
15.4.1	Проведение испытаний пакета визуализации				4				Отчет по проделанной работе и его защита.
16	<i>Валидация результатов расчета</i>	4					2	[4], [14-17]	
16.1	Системы валидации данных. Знакомство с пакетом программных приложений Model Evaluation Tool (MET).	2	-	-	-	-	2		Выборочный опрос на лекции
16.1.1	Оценка правильности внесения данных для конкретной ситуации						2		Отчет по проделанной работе и его защита.

16.2	Международные требования к качеству прогноза погоды. Оценка оправдываемости прогноза по данным Белгидромета.	2	-	-	-	-	-		Выборочный опрос на лекции
17	<i>Дополнительные возможности системы WRF</i>	2	-	-	-	-	-	[4], [14-17]	Выборочный опрос на лекции
	ИТОГО:	60	8		40		16		

ИНФОРМАЦИОННАЯ ЧАСТЬ

Литература

Основная

1. Матвеев Л.Т. Основы общей метеорологии. Физика атмосферы. – Л.: Гидрометеиздат, 1965. – С.5-365.
2. Лекции по численным методам краткосрочного прогноза погоды. – Л.: Гидрометеиздат, 1969.– С. 637–700.
3. Гандин Л.С. Объективный анализ метеорологических полей. – Л.: Гидрометеиздат, 1963.
4. Вельтищев Н.Ф., Жупанов В.Д. Численные прогнозы по негидростатическим моделям общего пользования WRF-ARW и WRF-NMM // 80 лет Гидрометцентру России. – М. :Триада ЛТД, 2010. – С. 94–135.
5. Вельтищев Н.Ф., Степаненко В.М. Мезометеорологические процессы – М.: 2006. – 104 с.
6. Аргучинцев В.К. Динамика атмосферы – Иркутск: 2006. – 130 с.
7. Берлянт А.М. Геоиконика. - М.: 1996
8. Кошкарев А.В., Тикунов В.С. Геоинформатика / Под. ред. Лисицкого Д.В. - М.: Картгеоцентр - Геодезиздат, 1993.
9. Кронберг П. Дистанционное изучение Земли - М.: Мир, 1988.
- 10.Крэкнелл А.П. Дистанционное зондирование в метеорологии, океанографии и гидрологии - М.: Мир, 1984.

Дополнительная

- 11.Барашкова Н.К., Л.И. Кижнер Л.И., Кужевская И.В.. Атмосферные процессы: динамика, численный анализ, моделирование. Учебное пособие. – Томский государственный университет. – Томск, 2010.
- 12.Физическая метеорология: Учебник/ Б.А. Семенченко. – М.: Аспект Пресс, 2002. – 415 с.
- 13.Д.Л.Лайхтман. Динамическая метеорология. Л.,Гидрометеиздат, 1976, 606 с.
- 14.WRF User`s Guide [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.mmm.ucar.edu/wrf/users/docs/user_guide_V3.
- 15.Skcamarock W. et al., 2008: A Description of the Advanced Research WRF Version 3. – NCAR Technical Note, NCAR/TN-475+STR, – P.78-80.
- 16.User's Guide for the NMM Core of the Weather Research and Forecast (WRF) Modeling System Version 3. Chapter 5: WRF NMM Model [Электронный ресурс]. – Режим доступа:http://www.dtcenter.org/wrf-nmm/users/docs/user_guide/V3/users_guide_nmm_chap1-7.pdf
- 17.Stensrud, David J., 2007.Parameterization schemes: keys to understanding

- numerical weather prediction models. Cambridge University Press. – 460 p.
18. Jenkins Enterprise by Cloud Bees [Electronic resource]. – 2014. – Mode of access: <http://www.cloudbees.com/jenkins/enterprise> – Date of access: 20.02.2014
19. Облачные вычисления [Electronic resource]. – 2014. – Mode of access: http://ru.wikipedia.org/wiki/Облачные_вычисления – Date of access: 20.02.2014

Перечень используемых средств диагностики

Для диагностики знаний студентов рекомендуется использовать следующие средства и формы контроля:

- устный опрос на лекции;
- семинар;
- защита отчета по лабораторной работе
- проверка применение знаний на практике;
- выполнение контрольных заданий;
- реферативные работы;
- письменный коллоквиум;
- индивидуальные беседы и консультации с преподавателем;
- проведение групповых письменных контрольных работ с их проверкой;
- зачет
- экзамен

Примерный перечень заданий УСР

Тема 7.1.1. Вертикальная координатная система учетом орографии поверхности

Задание 1. Провести апробацию математической модели атмосферы и земной поверхности в системе WRF для территории Витебской области.

Задание 2. Провести апробацию математической модели атмосферы и земной поверхности в системе WRF для территории Минской области.

Тема 7.2.1. Уравнения динамики атмосферы

Задание 1. Решить систему уравнений мезомасштабной модели WRF для территории Западной Европы (для конкретной синоптической ситуации).

Задание 2. Решить систему уравнений мезомасштабной модели WRF для территории Беларуси (для конкретной синоптической ситуации).

Тема 7.3.1. Вычислительные модули ARW и NNM

Задание 1. Оценить возможность появления грозных явлений на территории Беларуси.

Задание 2. Оценить возможность появления градовых явлений на территории Беларуси

Задание 3. Оценить возможность появления заморозков на территории Беларуси.

Тема 10.1. Методы параметризации облачности

Задание 1. Провести моделирование кучево-дождевой облачности для конкретной синоптической ситуации

Задание 2. Провести моделирование облачности восходящего скольжения для конкретной синоптической ситуации

Тема 11.1. Оценка возможности выпадения осадков

Задание 1. Оценить возможность выпадения ливневых осадков (дождь) для конкретной синоптической ситуации

Задание 2. Оценить возможность выпадения ливневых осадков (снег) для конкретной синоптической ситуации

Тема 12.1. Оценка продолжительности солнечного сияния

Задание 1. Оценить продолжительность солнечного сияния для территории Беларуси (за год)

Задание 2. Оценить продолжительность солнечного сияния для территории Беларуси (для конкретного времени года)

Тема 15.3.1. Подготовка программы для обработки и анализа синоптических данных

Задание 1. Подготовить программу для обработки и анализа синоптических данных для территории Минска

Задание 2. Подготовить программу для обработки и анализа синоптических данных для территории Гомеля

Тема 16.1.1. Оценка правильности внесения данных для конкретной ситуации

Задание 1. Провести оценку правильности внесения синоптических данных для конкретной ситуации в районе города Гродно

Задание 2. Провести оценку правильности внесения синоптических данных для конкретной ситуации в районе города Бреста

**ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ
ПО ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ
С ДРУГИМИ ДИСЦИПЛИНАМИ СПЕЦИАЛЬНОСТИ**

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы по изучаемой учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Физическая метеорология	Общего земледения и гидрометеорологии	Нет	Изменений не требуется Протокол №7 от 23.02.2016 г.
Синоптическая метеорология	Общего земледения и гидрометеорологии	Нет	Изменений не требуется Протокол №7 от 23.02.2016 г.
Динамическая метеорология	Общего земледения и гидрометеорологии	Нет	Изменений не требуется Протокол №7 от 23.02.2016 г.

**ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ
ПО ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ
на ____ / ____ учебный год**

№ пп	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры
Общего землеведения и гидрометеорологии БГУ
(протокол № ____ от _____ 201__ г.)

Заведующий кафедрой

д.г.н., профессор _____ П.С. Лопух
(степень, звание) (подпись) (И.О.Фамилия)

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета

д.г.н. профессор _____ Д.Л. Иванов
(степень, звание) (подпись) (И.О. Фамилия)