

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра метеорологических прогнозов

Рабочая программа дисциплины
ВИХРЕВАЯ ДИНАМИКА

Основная профессиональная образовательная программа
высшего образования по направлению подготовки / специальности

05.03.04 «Гидрометеорология»

Направленность (профиль) / Специализация:

Метеорология

Уровень:

Бакалавриат

Форма обучения

Очная

Согласовано
Руководитель ОПОП
«Гидрометеорология»

_____ Абанников В.Н.

Председатель УМС РГГМУ

_____ Палкин И.И.

Рекомендовано решением

Ученого совета метеорологического факультета

__19__ мая __2021__ г., протокол №__

Рассмотрено и утверждено на заседании кафедры

__4__ мая __2021__ г., протокол №__9__

Зав. кафедрой _____ Анискина О.Г.

Авторы-разработчики:

_____ Погорельцев А.И.

_____ Ермакова Т.С.

_____ Диденко К.А.

1. Цель и задачи освоения дисциплины

Цель освоения дисциплины «Вихревая динамика» – формирование у студентов комплекса научных знаний о свойствах и особенностях крупномасштабных динамических процессов, протекающих в атмосфере Земли, их взаимосвязи и взаимодействии, а также о современных методах их моделирования, диагностики и анализа.

Задачи:

- изучение основных уравнений и математического аппарата, используемых для описания и диагностики волновых движений;
- исследование основных характеристик и классификаций атмосферных волн, их роли в формировании общей циркуляции и термической структуры атмосферы;
- освоение методов анализа процессов генерации, распространения и нелинейных взаимодействий крупномасштабных волновых движений.

2. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы

Дисциплина «Вихревая динамика» для направления подготовки 05.03.04 – Гидрометеорология по профилю подготовки «Гидрометеорология» относится к дисциплинам по выбору обучающегося. Читается в 8 семестре для студентов очной формы обучения.

Для освоения данной дисциплины, обучающиеся должны освоить разделы дисциплин: «Математика», «Вычислительная математика», «Физика», «Механика жидкостей и газа» (Геофизическая гидродинамика), «Физическая метеорология», «Методы наблюдения и анализа в гидрометеорологии», «Динамическая метеорология».

Параллельно с дисциплиной «Вихревая динамика» изучаются такие дисциплины, как: «Численное моделирование изменения климата», «Ассимиляция гидродинамических данных», «Метеорология тропической зоны».

Дисциплина «Вихревая динамика» может быть использована при подготовке выпускной работы бакалавра.

3. Перечень планируемых результатов обучения

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование компетенций:
ПК-2.2

Таблица 1.

Профессиональные компетенции

| Код и наименование профессиональной компетенции | Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции | Результаты обучения |
|---|---|---|
| ПК-2 Способен анализировать явления и процессы природной среды, выявлять их | ПК-2.2. Выявляет закономерности и аномалии происходящих процессов в | Знать: – различные формы записи уравнений гидротермодинамики и основы векторной алгебры; |

| | | |
|----------------|-----------------|--|
| закономерности | природной среде | <ul style="list-style-type: none"> – понятие адиабатического приближения и основные адиабатические инварианты (термодинамические - энтропия, потенциальная температура и динамический - потенциальный вихрь Эртеля); – закон сохранения вихревого заряда (вихревой субстанции) Обухова; – физическую и математическую постановки задачи о разделении крупномасштабных атмосферных движений на среднюю (фоновую) и волновую (вихревую) составляющие; – методы возмущений и комплексных амплитуд, правила осреднения; – теорию собственных колебаний атмосферы (приливное уравнение Лапласа, уравнение вертикальной структуры, нормальные атмосферные моды), классификацию атмосферных волн; – линейную теорию атмосферных волн (фазовая и групповая скорости, дисперсионное соотношение, волновая энергия, потоки энергии, тепла и импульса, закон сохранения волнового действия). <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> – использовать методы теории возмущений, комплексных амплитуд и правила осреднения нелинейных членов при получении уравнений, описывающих взаимодействие волн со средним потоком. <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> – математическим аппаратом векторной алгебры и тензорного исчисления для получения уравнений и тождеств, используемых при выводе основных законов сохранения |
|----------------|-----------------|--|

| | | |
|--|--|---|
| | | (законы сохранения энергии и вихревого заряда, уравнения Фридмана и Гельмгольца, теорема о потенциальном вихре Эртеля). |
|--|--|---|

4. Структура и содержание дисциплины

4.1. Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 академических часа.

Таблица 2.

Объем дисциплины по видам учебных занятий в академических часах 2021 года набора

| Объём дисциплины | Всего часов |
|--|----------------------|
| | Очная форма обучения |
| Объем дисциплины | 144 |
| Контактная работа обучающихся с преподавателем (по видам аудиторных учебных занятий) – всего: | 56 |
| в том числе: | - |
| лекции | 28 |
| Занятия семинарского типа: | |
| Практические занятия | 28 |
| Лабораторные занятия | |
| Самостоятельная работа (далее – СРС) – всего: | 88 |
| в том числе: | - |
| Курсовая работа | |
| Контрольная работа | |
| Вид промежуточной аттестации | экзамен |

4.2. Структура дисциплины

Таблица 3.

Структура дисциплины для очной формы обучения 2021 года набора

| № | Раздел / тема дисциплины | Семестр | Виды учебной работы, в т.ч. самостоятельная работа студентов, час. | | | Формы текущего контроля успеваемости | Формируемые компетенции | Индикаторы достижения компетенций |
|---|---|---------|--|----------------------|-----|---|-------------------------|-----------------------------------|
| | | | Лекции | Практические занятия | СРС | | | |
| 1 | <u>Особенности гидродинамики и геофизических течений, векторная алгебра</u> | 8 | 2 | 2 | 8 | Вопросы на лекции, практическое занятие | ПК-2 | ПК-2.2 |
| 2 | <u>Уравнения гидротермодинамики</u> | 8 | 2 | 2 | 8 | Вопросы на лекции, практическое занятие | ПК-2 | ПК-2.2 |
| 3 | <u>Энергетика атмосферных движений</u> | 8 | 2 | 2 | 8 | Вопросы на лекции, практическое занятие | ПК-2 | ПК-2.2 |
| 4 | <u>Уравнения Фридмана и Гельмгольца</u> | 8 | 4 | 4 | 10 | Вопросы на лекции, практическое занятие | ПК-2 | ПК-2.2 |
| 5 | <u>Теорема о потенциальном вихре Эртеля</u> | 8 | 2 | 2 | 8 | Вопросы на лекции, практическое занятие | ПК-2 | ПК-2.2 |
| 6 | <u>Метод комплексных амплитуд</u> | 8 | 2 | 2 | 8 | Вопросы на лекции, практическое занятие | ПК-2 | ПК-2.2 |
| 7 | <u>Планетарные волны, вихревые потоки</u> | 8 | 2 | 2 | 8 | Вопросы на лекции, практическое занятие | ПК-2 | ПК-2.2 |
| 8 | <u>Линейная теория глобальных и</u> | 8 | 4 | 4 | 10 | Вопросы на лекции, практическое | ПК-2 | ПК-2.2 |

| | | | | | | | | |
|-----------|--|---|-----------|-----------|-----------|---|------|--------|
| | <i>внутренних гравитационных волн</i> | | | | | занятие | | |
| 9 | <i>Уравнение баланса энергии для возмущений</i> | 8 | 4 | 4 | 10 | Вопросы на лекции, практическое занятие | ПК-2 | ПК-2.2 |
| 10 | <i>Закон сохранения действия, поток Элиассена-Пальма</i> | 8 | 4 | 4 | 10 | Вопросы на лекции, практическое занятие | ПК-2 | ПК-2.2 |
| | ИТОГО | - | 28 | 28 | 88 | - | - | - |

4.3. Содержаниеразделов/темдисциплины

4.3.1. Особенности гидродинамики геофизических течений, векторная алгебра

Стратифицированная среда, энтропия и потенциальная температура, статическая стабильность, конвективная неустойчивость, гравитационные волны, баротропность и бароклинность, вращение, сила Кориолиса, волны Россби, сила Лоренца.

Векторы и действия над ними, скалярное и векторное произведения, линейное преобразование, понятие тензора, скалярное поле и градиент, векторное поле и силовые линии, потенциальные векторные поля, понятия циркуляции, дивергенции и вихря, теоремы Остроградского-Гаусса и Стокса, соотношения векторной алгебры.

4.3.2. Уравнения гидротермодинамики

Гидродинамическая группа. Уравнение движения в форме Эйлера, массовые и объемные силы, потенциальные и инерционные силы, сила тяжести и Кориолиса, «примитивные» уравнения, гидростатическое и геострофическое приближения, сила внутреннего трения (вязкости) и сила Лоренца, тензор вязких напряжений, закон Ома для ионосферной плазмы, проводимости Педерсена и Холла, ионное трение, магнитное закручивание. Уравнение неразрывности, понятия несжимаемости и соленидальности.

Термодинамическая группа. Уравнение притока тепла, энтропия и потенциальная температура, теплопроводность, неадиабатические притоки тепла, нагрев за счет диссипации механической энергии, адиабатическое приближение. Уравнение состояния идеального газа Менделеева-Клапейрона.

4.3.3. Энергетика атмосферных движений

Уравнение баланса механической энергии, обусловленный вязкостью поток механической энергии, тензор сухого (ионного) трения, потери механической энергии за счет вязкой диссипации и трения.

Уравнение баланса внутренней энергии, притоки тепла за счет диссипации механической энергии и теплопроводности, изменение внутренней энергии за счет работы, затрачиваемой на расширение или сжатие, переходы механической энергии во внутреннюю и обратно.

Уравнения баланса полной, потенциальной и кинетической энергии, адиабатические процессы взаимного преобразования кинетической и потенциальной энергии.

4.3.4. Уравнения Фридмана и Гельмгольца

Функция Экслера, удельная энтальпия, уравнение движения в форме Громеки-Лэмба, функция Бернулли, уравнение трансформации вихря скорости (Фридмана), гельмгольциан, «укороченный» гельмгольциан, уравнение Гельмгольца, понятие «вмороженности» векторного поля в движущуюся жидкость. Тождество, описывающее изменение со временем скалярного произведения произвольного вектора на градиент произвольной скалярной функции, отнесенного к плотности жидкости.

4.3.5. Теорема о потенциальном вихре Эртеля

Общий вид уравнения баланса скалярной и/или векторной величины, понятие консервативной величины, гидродинамические или лагранжевы инварианты, адиабатическое приближение, инварианты адиабатического движения, формулировка и доказательство теоремы Эртеля на основе полученного в предыдущем разделе тождества, потенциальный вихрь Эртеля, уравнение трансформации потенциального вихря Эртеля при наличии потенциальных сил или нарушении условия адиабатичности.

Закон сохранения вихревого заряда или «потенциальной вихревой субстанции» Обухова, получение приближенного выражения для потенциального вихря Эртеля в сферической системе координат.

4.3.6. Метод комплексных амплитуд

Гармонические (монохроматические) колебания и плоские волны, временной и пространственный профиль волны, волновое число, круговая частота и фазовая скорость, длина волны и период, амплитуда, полная и начальная фазы волны, волновое уравнение.

Комплексная амплитуда гармонической волны, формула Эйлера, волновое уравнение Гельмгольца, правила осреднения нелинейных по амплитуде волны выражений, использование метода комплексных амплитуд при рассмотрении нелинейных функций.

4.3.7. Планетарные волны, вихревые потоки

Атмосферные волны глобального масштаба, приближенные уравнения для описания крупномасштабных движений атмосферы, лог-изобарическая система координат, уравнение сохранения энергии в различных системах координат, понятие доступной потенциальной энергии.

Разбиение движений на зональноосредненные (среднезональные) и отклонения от них, зональные гармоники, планетарные волны, уравнения для средних величин и возмущений, вихревые потоки и взаимодействия.

4.3.8. Линейная теория глобальных и внутренних гравитационных волн

Приливный оператор Лапласа, функции Хафа, параметр Лэмба и эквивалентная глубина, атмосферные моды, классификация глобальных атмосферных волн на основе дисперсионных кривых, гравитационные и инерционные моды, волны Кельвина и Янаи.

Уравнение вертикальной структуры, вынужденные и свободные решения, внутренние и внешние волны, собственные колебания атмосферы, нормальные

атмосферные моды, волны Лэмба, нижнее граничное условие в геометрической и лог-изобарической системах координат.

4.3.9. Уравнение баланса энергии для возмущений

Уравнения баланса кинетической, упругой и термобарической энергии возмущений, взаимное превращение различных составляющих волновой энергии, волновой поток энергии, выбор знака перед вертикальным волновым числом на основе энергетических соображений (знака потока волновой энергии), понятие групповой скорости, разность знаков вертикальных составляющих фазовой и групповой скоростей.

4.3.10. Закон сохранения волнового действия, поток Элиассена-Пальма

Понятие установившейся волны, линеаризация уравнений для возмущений среднезонального состояния, выражения для потоков волновой энергии через меридиональный поток тепла и потоки импульса, вывод закона сохранения волнового действия для планетарных волн, закон сохранения волнового действия для внутренних гравитационных волн без диссипации, плотность волнового действия и обобщение понятия групповой скорости.

Обобщенная теорема Элиассена-Пальма, плотность волновой активности, поток Элиассена-Пальма, понятие «псевдоимпульса» или «эффективного потока импульса».

4.4. Содержание занятий семинарского типа

Таблица 4.

Содержание практических занятий для очной формы обучения

| № темы дисциплины | Тематика практических занятий | Всего часов | В том числе часов практической подготовки |
|-------------------|--|-------------|---|
| 1 | Скалярные и векторные поля, дифференциальные характеристики полей. | 2 | 2 |
| 2 | Динамическая группа уравнений. Сила внутреннего трения и сила Лоренца. | 2 | 2 |
| 3 | Вязкая диссипация механической энергии, тензор вязких напряжений. | 2 | 2 |
| 4 | Уравнение Фридмана, гельмольциан, уравнение Гельмгольца. | 4 | 4 |
| 5 | Теорема сохранения потенциального вихря Эртеля, полученная на основании тождества для оператора Гельмгольца. | 2 | 2 |
| 6 | Комплексное число, понятие комплексной амплитуды, взаимодействие волн и среднего потока. | 2 | 2 |
| 7 | Вывод идентичности уравнения сохранения энергии в геометрической и лог-изобарической системах координат. | 2 | 2 |
| 8 | Функции Хафа, уравнение широтной структуры, | 4 | 4 |

| | | | |
|----|---|---|---|
| | приливной оператор Лапласа. | | |
| 9 | Вывод уравнения баланса кинетической, упругой и термобарической энергии возмущений. Выбор знака плотности волновой активности. | 4 | 4 |
| 10 | Линеаризация уравнений для возмущений среднезонального состояния, выражения для потоков волновой энергии через меридиональный поток тепла и потоки импульса, вывод закона сохранения волнового действия для планетарных волн. | 4 | 4 |

5. Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

В течение семестра студент обязан самостоятельно прорабатывать материал, изложенный на лекциях, для чего рекомендуется использовать сделанные на лекциях конспекты, изучить основную и дополнительную литературу, предоставленные преподавателем презентации лекций. Освоение материалов и выполнение практических работ проходит при регулярных консультациях с преподавателем, для чего предоставлена возможность использовать удаленный доступ (Интернет).

6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

Учет успеваемости обучающегося по дисциплине осуществляется по 100-балльной шкале. Максимальное количество баллов по дисциплине за один семестр – 100:

- максимальное количество баллов за выполнение всех видов текущего контроля - 75;
- максимальное количество баллов за посещение лекционных занятий - 10;
- максимальное количество баллов за прохождение промежуточной аттестации - 15;

6.1. Текущий контроль

Типовые задания, методика выполнения и критерии оценивания текущего контроля по разделам дисциплины представлены в Фонде оценочных средств по данной дисциплине.

6.2. Промежуточная аттестация

Форма промежуточной аттестации по дисциплине – экзамен.

Форма проведения экзамен: устно по билетам.

Перечень вопросов для подготовки к экзамену:

ПК-2.2

1. Особенности гидродинамики природных течений жидкости (стратификация, вращение, бароклинность, сила Лоренца).
2. Трансформированный Эйлеров подход, «остаточная» меридиональная циркуляция, теорема о невзаимодействии (неускорении) волн со средним потоком Чарни-Дразина.
3. Векторы и действия над ними, скалярное и векторное произведения. Линейное преобразование, понятие тензора. Скалярное поле и градиент.
4. Нагрев и охлаждение атмосферы при диссипации волн.
5. Векторное поле, понятия циркуляции, дивергенции и вихря, теоремы Остроградского-Гаусса и Стокса, соотношения векторной алгебры.

6. Линеаризованное уравнение потенциального вихря Эртеля, явные выражения для плотности волновой активности, выражение для дивергенции вектора потока Элиассена-Пальма через параметры диссипации (коэффициенты рэлеевского трения и радиационного затухания).
7. Уравнения динамической группы. Приближенные («примитивные») уравнения (какие приближения сделаны). Лог-изобарическая система координат (в чем преимущества). Сила внутреннего трения и сила Лоренца (к каким эффектам приводит учет вязкости и электромагнитной силы).
8. Линейная теория глобальных атмосферных волн. Приливное уравнение Лапласа. Собственные колебания атмосферы (нормальные моды).
9. Уравнения термодинамической группы. Понятие потенциальной температуры, связь с энтропией.
10. Уравнение вертикальной структуры, внутренние и внешние волны.
11. Уравнение механической энергии. Уравнение внутренней энергии. Переходы механической энергии во внутреннюю и обратно. Уравнения баланса полной, потенциальной и кинетической энергии.
12. Классификация глобальных атмосферных волн на основе дисперсионных кривых (зависимости собственных значений приливного оператора Лапласа от частоты).
13. Уравнения Фридмана и Гельмгольца.
14. Гармонические колебания и волны (основные понятия).
15. Тождество, описывающее изменение со временем скалярного произведения произвольного вектора на градиент произвольной скалярной функции, отнесенного к плотности жидкости.
16. Волновое уравнение. Фазовая и групповая скорости.
17. Сохранение потенциального вихря Эртеля (вывод на основе тождества, содержащего оператор Гельмгольца).
18. Уравнение сохранения энергии в лог-изобарической системе. Энтальпия, доступная потенциальная энергия.
19. Теорема о сохранении вихревого заряда в сжимаемой жидкости (альтернативный вывод теоремы Эртеля).
20. Метод комплексных амплитуд. Правила осреднения нелинейных (квадратичных) по амплитуде волны слагаемых.
21. Возмущения среднезонального состояния атмосферы. Вихревые потоки тепла и импульса.
22. Уравнение сохранения потенциально вихря Эртеля в лог-изобарической системе координат.
23. Понятие установившейся волны, линеаризация уравнений для возмущений среднезонального состояния, выражения для потоков волновой энергии через меридиональный поток тепла и потоки импульса.
24. Теорема о невзаимодействии волн со средним потоком Чарни-Дразина.
25. Функции Хафа, параметр Лэмба и эквивалентная глубина, атмосферные моды.
26. Закон сохранения волнового действия для планетарных и внутренних гравитационных волн.
27. Функция Экслера, удельная энтальпия, уравнение движения в форме Громеки-Лэмба, функция Бернулли.
28. Поток Элиассена-Пальма, закон сохранения волновой активности.
29. Лагранжевы инварианты. Адиабатическое приближение.
30. Интерпретация дивергенции вектора потока Элиассена-Пальма с учетом знака

6.3. Балльно-рейтинговая система оценивания

Таблица 5.

Распределение баллов по видам учебной работы

| Вид учебной работы, за которую ставятся баллы | Баллы |
|--|--------------|
| Посещение лекционных занятий | 0-10 |
| Контрольное расчётное задание №1 | 0-10 |
| Контрольное расчётное задание №2 | 0-10 |
| Контрольное расчётное задание №3 | 0-10 |
| Контрольное расчётное задание №4 | 0-10 |
| Контрольное расчётное задание №5 | 0-10 |
| Реферат | 0-25 |
| Промежуточная аттестация | 0-15 |
| ИТОГО | 0-100 |

Минимальное количество баллов для допуска до промежуточной аттестации составляет 40 баллов при условии выполнения всех видов текущего контроля.

Таблица 6.

Балльная шкала итоговой оценки на экзамене

| Оценка | Баллы |
|---------------------|--------------|
| Отлично | 85-100 |
| Хорошо | 65-84 |
| Удовлетворительно | 40-64 |
| Неудовлетворительно | 0-39 |

7. Методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины

Методические рекомендации ко всем видам аудиторных занятий, а также методические рекомендации по организации самостоятельной работы, в том числе по подготовке к текущему контролю промежуточной аттестации представлены в Методических рекомендациях для обучающихся по освоению дисциплины «ВИХРЕВАЯ ДИНАМИКА».

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

8.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная литература

1. Переведенцев, Ю. П. Теория общей циркуляции атмосферы [Текст] : учебное пособие / Ю. П. Переведенцев, И. И. Мохов, А. В. Елисеев. - Казань : Казан. гос. ун-т, 2013. - 223 с. <https://elibrary.ru/item.asp?id=21595571>
2. Госсард Э.Э., Хук У.Х. Волны в атмосфере.- М.: Мир. 1978, 532 с. http://нэб.рф/catalog/000199_000009_008690790/
3. Швед Г. М. Введение в динамику и энергетику атмосферы: учеб. пособие. — СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2020. — 396 с.

Дополнительная литература

1. Кочин Н.Е., Кибель И.А., Розе Н.В. Теоретическая гидромеханика. Ч. I, II.-М.: Физматгиз. 1963. 584 с.
2. Холтон Дж.Р. Динамическая метеорология стратосферы и мезосферы.- Л.: Гидрометеиздат. 1979. 224 с.
3. Дикий Л.А. Теория колебаний земной атмосферы.- Л.: Гидрометеиздат. 1969. 196 с.
4. Бэтчелор Дж. Введение в динамику жидкости.- М.: Мир, 1973.

5. Курганский М.В. Введение в крупномасштабную динамику атмосферы (адиабатические инварианты и их применение).- Санкт-Петербург: Гидрометеоздат. 1993. 168 с.
6. Педлоски Дж. Геофизическая гидродинамика.- Т. 1,2.- М.: Мир. 1984. 816 с.
7. Монин А.С. Теоретические основы геофизической гидродинамики.- Л.: Гидрометеоздат. 1988. 424 с.
8. Обухов А.М. Турбулентность и динамика атмосферы.- Л.: Гидрометеоздат. 1988. 414 с.
9. Гершман Б.Н. Динамика ионосферной плазмы.- М.: Наука. 1974. 256 с.
10. Динамика погоды (под редакцией С. Манабе).- Л.: Гидрометеоздат. 1988. 424 с.
11. Динамика климата (под редакцией С. Манабе).- Л.: Гидрометеоздат. 1988. 424 с.
12. Крупномасштабные динамические процессы в атмосфере (под редакцией Б. Хоскинса и Р. Пирса).- М.: Мир. 1988. 432 с.
13. Галин М.Б. Поток Элиассена-Пальма и диагностика крупномасштабных атмосферных процессов//Метеорология и гидрология.- 1989, № 1.- С. 111-119.
14. Кочин Н.Е. Векторное исчисление и начало тензорного исчисления, изд. АН СССР, 1961.

8.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

- | | | | | |
|----|---|--------|-------------|-------|
| 1. | Электронный ресурс. | Данные | ре-анализов | NASA: |
| | http://gmao.gsfc.nasa.gov/research/merra/ | | | |
| 2. | Электронный ресурс. | Данные | ре-анализов | NASA: |
| | http://gmao.gsfc.nasa.gov/products/documents/MERRA_File_Specification.pdf | | | |
| 3. | Электронный ресурс. | Данные | ре-анализов | |
| | УКМЕТОFFICE http://badc.nerc.ac.uk/browse/badc/ukmo-assim | | | |
| 4. | Электронный ресурс. | Данные | ре-анализов | |
| | УКМЕТОFFICE http://badc.nerc.ac.uk/help/software/xconv/ind | | | |

8.3. Перечень программного обеспечения

1. windows 7 48818295 20.07.2011
2. office 2010 49671955 01.02.2012
3. windows 7 48130165 21.02.2011
4. office 2010 49671955 01.02.2012
5. windows 7 48130165 21.02.2011
6. office 2010 49671955 01.02.2012
7. GNUFortran - компилятор (свободно распространяемое программное обеспечение).
8. GRADS - система анализа и представления данных (свободно распространяемое программное обеспечение).

8.4. Перечень информационных справочных систем

1. СПС Консультант Плюс;
2. Электронно-библиотечная система Знаниум. Режим доступа: <http://znanium.com>
3. Электронно-библиотечная система ГидроМетеоОнлайн. Режим доступа: <http://elib.rshu.ru>

8.5. Перечень профессиональных баз данных:

1. Электронно-библиотечная система elibrary;
2. База данных издательства SpringerNature;
3. база данных WebofScience
4. база данных Scopus

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. **Учебная аудитории для проведения занятий лекционного типа** – укомплектована специализированной (учебной) мебелью, набором демонстрационного оборудования и учебно-наглядными пособиями, обеспечивающими тематические иллюстрации, соответствующие рабочим учебным программам дисциплин (модулей).
2. **Учебная аудитории для проведения занятий семинарского типа** - укомплектована специализированной (учебной) мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации, оснащенная компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечено доступом в электронную информационно-образовательную среду организации
3. **Учебная аудитория для групповых и индивидуальных консультаций** - укомплектована специализированной (учебной) мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации.
4. **Учебная аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации** - укомплектована специализированной (учебной) мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации.
5. **Помещение для самостоятельной работы** – укомплектовано специализированной (учебной) мебелью, оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечено доступом в электронную информационно-образовательную среду организации.

10. Особенности освоения дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Обучение обучающихся с ограниченными возможностями здоровья при необходимости осуществляется на основе адаптированной рабочей программы с использованием специальных методов обучения и дидактических материалов, составленных с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся (обучающегося).

При определении формы проведения занятий с обучающимся-инвалидом учитываются рекомендации, содержащиеся в индивидуальной программе реабилитации инвалида, относительно рекомендованных условий и видов труда.

При необходимости для обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья создаются специальные рабочие места с учетом нарушенных функций и ограничений жизнедеятельности.

11. Возможность применения электронного обучения и дистанционных образовательных технологий

Дисциплина может реализовываться с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий.