

# Белорусский государственный университет

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе



\_\_\_\_\_ А.Л. Толстик

10.06.2016

Регистрационный № УД-2098/уч.

## ФИЗИЧЕСКАЯ ГЕОИНФОРМАТИКА

**Учебная программа учреждения высшего образования  
по учебной дисциплине для специальности  
1-31 04 01 Физика (по направлениям)**

Минск 2016 г.

Учебная программа составлена на основе ОСВО 1-31 04 08-2013; учебного плана № G31-161/уч.

### **СОСТАВИТЕЛИ:**

**А.Н.Красовский** — доцент кафедры общего земледения и гидрометеорологии Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических наук, доцент;

**В.И. Шупляк** – доцент кафедры физической информатики и атомно-молекулярной физики Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических наук, доцент

### **РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:**

Кафедрой физической информатики и атомно-молекулярной физики физического факультета Белорусского государственного университета (протокол № 13 от 23 мая 2016 г.);

Советом физического факультета (протокол № 9 от 30 мая 2016 г.).

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Программа дисциплины «Физическая геоинформатика» разработана для специальности 1-31 04 01 «Физика», направления 1-31 04 01 – 04 25 «Управленческая деятельность», специализации «Физическая информатика». Настоящая программа является оригинальной и разработана с учетом соответствующих требований образовательного стандарта РБ ОСВО 1-31 04 01-2013 к квалификации выпускника-специалиста «Физик. Менеджер».

*Цель учебной дисциплины* – ознакомить студента с физическими свойствами сплошных сред, теоретическими основами, аппаратурой и методами применения дистанционного зондирования для решения различных задач мониторинга земной поверхности, научить правильному применению физических и математических моделей для анализа и прогноза природных и антропогенных процессов, протекающих в атмосфере и водных объектах суши.

*Задачи учебной дисциплины* – дать основные сведения о метеорологических и гидрологических явлениях, на конкретных примерах научить студентов применять знания, полученные в процессе изучения общих физических курсов, к физическому и математическому моделированию процессов в атмосфере и гидросфере. Изучить природу и последствия аномальных свойств воды. Показать взаимосвязь физических процессов различного пространственного и временного масштаба, в частности, роль микрофизических процессов в глобальной циркуляции атмосферы. Дать понимание принципов, методов и физических основ дистанционного зондирования (ДЗ), путей реализации дистанционного эксперимента, анализа и интерпретации его данных.

*Материал курса основан* на базовых знаниях и представлениях, заложенных в дисциплинах «Термодинамика и статистическая физика», «Оптика» общего курса физики, спецкурсе «Принципы и методы оптической диагностики».

*В результате изучения дисциплины студент должен:*

***знать:***

- физическую природу метеорологических и гидрологических явлений и процессов;
- основные процессы, приводящие к движению сплошных сред и преобразованию энергии в атмосфере, физические и математические модели, применяемые для исследования этих процессов;
- основные физические механизмы формирования потока излучения, распространяющегося от Земли в оптическом диапазоне спектра;
- методы ДЗ получения информации о физическом объекте;
- основные принципы и методы обработки данных ДЗ;
- основные спектральные и пространственные преобразования, применяемые в ДЗ;

***уметь:***

- определять ключевые физические факторы, влияющие на состояние объектов атмосферы при их взаимодействии с гидросферой и литосферой, с одной стороны, и космическими факторами, с другой;

- применять основные программные продукты по моделированию атмосферных и гидросферных процессов для анализа и прогнозирования в различных временных масштабах;

- корректно оценивать результаты дистанционного эксперимента;

- применять основные компьютерные методы для обработки данных ДЗ;

**владеть:**

- знанием основных уравнений математического моделирования процессов в сплошных средах;

- знаниями принципов взаимодействия гидросферы и атмосферы Земли;

- методами анализа и использования данных ДЗ.

В результате изучения дисциплины студент должен сформировать компетенции:

- уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач;

- владеть системным и сравнительным анализом;

- владеть исследовательскими навыками;

- уметь работать самостоятельно;

- быть способным порождать новые идеи (обладать креативностью);

- владеть междисциплинарным подходом при решении проблем;

- иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером;

- обладать навыками устной и письменной коммуникации;

- уметь учиться, повышать свою квалификацию в течение всей жизни;

- быть способным к социальному взаимодействию;

- обладать способностью к межличностным коммуникациям;

- быть способным к критике и самокритике;

- уметь работать в команде;

- применять знания теоретических и экспериментальных основ физики, современных технологий и материалов, методы исследования физических объектов, методы измерения физических величин, методы автоматизации эксперимента;

- использовать новейшие открытия в естествознании, методы научного анализа, информационные образовательные технологии, физические основы современных технологических процессов, научное оборудование и аппаратуру;

- проводить планирование и реализацию физического эксперимента, оценивать функциональные возможности сложного физического оборудования;

- пользоваться глобальными информационными ресурсами, компьютерными методами сбора, хранения и обработки информации, системами автоматизированного программирования, научно-технической и патентной литературой;

–осуществлять поиск, систематизацию и анализ информации по перспективным направлениям развития отрасли, инновационным технологиям, проектам и решениям;

–применять полученные знания фундаментальных положений физики, экспериментальных, теоретических и компьютерных методов исследования, планирования, организации и ведения научно-исследовательской, научно-производственной и научно-педагогической работы;

–применять знания физических основ современных технологий, средств автоматизации, методов планирования и организации производства, правового обеспечения хозяйственной деятельности и налоговой системы, современного предпринимательства, государственного регулирования экономики и экономической политики.

Общее количество часов, отводимое на изучение учебной дисциплины — 112 (3 зачетные единицы), из них количество аудиторных часов — 42.

Форма получения высшего образования — очная, дневная.

Аудиторные занятия проводятся в виде лекций и управляемой самостоятельной работы (УСР). На проведение лекционных занятий отводится 36 часов, на УСР — 6 часов.

Занятия проводятся на 4-м курсе в 7-м семестре.

Формы текущей аттестации по учебной дисциплине — экзамен (7 семестр).

## СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

- 1. Положения и закономерности динамики сплошных сред.** Жидкость и газ в состоянии равновесия. Распределение давления и плотности. Метод Лагранжа и метод Эйлера. Закон Паскаля. Жидкость в поле силы тяжести. Стационарное течение жидкости. Уравнение Эйлера. Уравнение Бернулли и его следствия. Уравнение Эйлера и Бернулли для сжимаемой жидкости.
- 2. Конвективный и турбулентный перенос.** Гидравлический уклон при различных видах движения жидкости. Число Рейнольдса. Формула Дарси. Расчетная модель турбулентного потока Формула Шези. Понятие о гидравлическом расчете. Виды подобия в гидродинамике. Физическое и математическое моделирование.
- 3. Режим движения атмосферы.** Баланс сил в общем случае. Сила Кориолиса. Уравнение погоды. Циклоны и антициклоны. Классификация и свойства. Последовательность погоды. Погода фронтов.
- 4. Термодинамика атмосферы.** Первое начало термодинамики применительно к атмосфере. Уравнения Пуассона. Устойчивость. Потенциальная температура. Термодинамические графики. Устойчивость слоя.
- 5. Радиационные процессы в атмосфере.** Солнце и солнечная постоянная. Ослабление солнечной радиации в атмосфере. Альбедо. Излучение земной поверхности. Парниковый эффект. Радиационный баланс.
- 6. Глобальная циркуляция.** Масштабы метеорологических явлений. Ячейки циркуляции. Стационарные фронты. Циркуляция стратосферы. Струйные течения. Полярный вихрь.
- 7. Погода и климат.** Синоптическая и климатическая карты. Методы изучения климатов. Вековые климаты. Факторы, влияющие на климат. Международные соглашения в области контроля атмосферных процессов. Проблемы экологии атмосферы.
- 8. Строение и физические свойства воды.** Строение молекул воды. Взаимодействие молекул воды между собой. Физические проявления водородной связи. Термодинамические свойства воды. Механизм испарения, конденсации, возгонки и сублимации с точки зрения термодинамики и молекулярно-кинетической теории.
- 9. Обмен энергией между водоемом и атмосферой.** Особенности энергообмена на границе вода – атмосфера. Испарение. Турбулентный теплообмен на границе поверхности. Уравнение Навье – Стокса в приближении Буссинеска. Конвективный тепломассоперенос в поверхностном слое водоема и его роль в установлении гидрологического режима. Виды конвективных ячеек.
- 10. Основы ДЗ Земли.** Спектральные диапазоны съемки. Спектральные образы объектов. Системы дистанционного зондирования. Системы отображения снимков. Системы обработки данных.
- 11. Формирование излучения в оптическом диапазоне спектра.** Видимый и коротковолновой инфракрасный диапазоны спектра. Средний и тепловой инфракрасные диапазоны спектра. Солнечное излучение. Компоненты отраженного и рассеянного излучения. Компоненты собственного излучения

Земли. Эффекты, возникающие при формировании изображений. Суммарная плотность потока излучения.

**12. Приборы дистанционного зондирования. Модель датчика.** Оптические, энергетические, пространственные и временные характеристики приборов ДЗ. Отклик прибора. Пространственное и спектральное разрешение. Пространственный и спектральный отклик. Усиление сигнала. Дискретизация и аналого-цифровое преобразование. Упрощенная модель датчика. Геометрические искажения.

**13. Методы обработки и анализа данных ДЗ. Модель данных.** Одномерный и многомерный статистический анализ изображений. Модели шума. Пространственный статистический анализ данных. Влияние рельефа и конструкции датчика. Спектральные преобразования. Пространство спектральных признаков. Многозональные индексы. Метод главных компонент. Повышение контрастности снимков. Пространственные преобразования. Модель изображения при пространственной фильтрации. Фильтры-свертки. Преобразования Фурье. Многомасштабные преобразования. Коррекция и калибровка. Устранение искажений. Устранение шума. Радиометрическая калибровка. Совмещение, обработка и объединение изображений.

**14. Применение данных ДЗ Земли в задачах мониторинга геосистем.** Аэрокосмический мониторинг растительных и почвенных покровов. Контроль состояния водных поверхностей. Дистанционные исследования снежных и ледяных покровов. Спутниковые методы в геологии и геофизике. Дистанционные методы исследования атмосферных и климатических процессов. Исследования ионосферы.

**15. Тематическая обработка данных ДЗ.** Тематическая классификация. Процесс классификации. Выделение признаков. Обучение классификатора. Непараметрическая и параметрическая классификация. Пространственно-спектральная сегментация. Распознавание образов с использованием нейронных сетей и на основе нечеткой логики. Классификация нечеткого множества. Анализ гиперспектрального изображения.

## УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА ДИСЦИПЛИНЫ

№ п/п	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Формы контроля знаний
		Лекции	практические занятия	семинарские занятия	лабораторные занятия	УСР	
1	Положение и закономерности динамики сплошных сред	2					устный опрос
2	Конвективный и турбулентный перенос	2					устный опрос
3	Режим движения атмосферы	4					
4	Термодинамика атмосферы	2					устный опрос
5	Радиационные процессы в атмосфере	2					
6	Глобальная циркуляция	2					
7	Погода и климат	2					
8	Строение и физические свойства воды	2				2	письменный коллоквиум
9	Обмен энергией между водоемом и атмосферой	2					
10	Основы ДЗ Земли	1					
11	Формирование излучения в оптическом диапазоне спектра	3					устный опрос
12	Приборы дистанционного зондирования. Модель датчика	4					устный опрос
13	Методы обработки и анализа данных ДЗ. Модель данных	4				2	письменный коллоквиум
14	Применение данных ДЗЗ в задачах мониторинга геоэкосистем	2					устный опрос
15	Тематическая обработка данных ДЗ	2				2	защита рефератов



	<b>Всего часов</b>	<b>36</b>				<b>6</b>	
--	--------------------	-----------	--	--	--	----------	--

## ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### Рекомендуемая литература

#### Основная

1. Адзериho, К.С. Физические основы дистанционного зондирования / К.С. Адзериho, Л.И. Киселевский, с.Б. Костюкевич, В.В. Краснопрошин. – Минск: Университетское, 1991. – 293 с.
2. Беляев, Б.И. Оптическое дистанционное зондирование / Б.И. Беляев, Л.В. Катковский. – Минск: БГУ, 2006. – 456 с.
3. Васильев, А.В. Дистанционное зондирование окружающей среды из космоса: практикум / А.В. Васильев [и др.]. – СПб.: Балт. гос. техн. ун-т, 2008. – 133 с.
4. Виноградов, Б.В. Аэрокосмический мониторинг экосистем. / Б.В. Виноградов. – М.: Наука, 1984. – 320 с.
5. Гарбук, с.В. Космические системы дистанционного зондирования Земли / с.В. Гарбук, В.Е. Гершензон. – М.: Издательство А и Б, 1997. – 296 с.
6. Дейвис, Ш.М. Дистанционное зондирование: количественный подход. / Ш.М. Дейвис [и др.]. – М.: Недра, 1983. – 415 с.
7. Калицун В. И., Дроздов Е. В. Основы гидравлики и аэродинамики. Москва, Стройиздат, 1980.
8. Кашкин, В.Б. Дистанционное зондирование Земли из космоса. Цифровая обработка изображений: Учеб. пособие. / В.Б. Кашкин, А.И. Сухинин. – М.: Логос, 2001. – 264 с.
9. Кронберг, П. Дистанционное изучение Земли. / П. Кронберг. – М.: Мир, 1988. – 343 с.
10. Марков, Н.Г. Методы и средства цифровой обработки сигналов: Учебное пособие. / Н.Г. Марков – Томск: Изд-во ТПУ, 1997. – 120 с.
11. Матвеев Л.Т. Курс общей метеорологии. Физика атмосферы. Л., 1976.
12. Мишон В. М. Гидрофизика. Учебн. пособие. Воронеж, Изд. Воронежского ун-та, 1979.
13. Рис, У.Г. Основы дистанционного зондирования. / У.Г. Рис – М.: Техносфера, 2006. – 336 с.
14. Семенченко Б.А. Физическая метеорология. М., 2002.
15. Шовенгердт, Р.А. Дистанционное зондирование. Модели и методы обработки изображений. / Р.А. Шовенгердт – Москва: Техносфера, 2010. – 560 с.

#### Дополнительная

1. Аверкиев М.С. Метеорология. – М., 1951.
2. Афанасьев, В.А. Оптические измерения. / В.А. Афанасьев. – М.: Высшая школа, 1981. – 229 с.
3. Ван-Мигем Ж. Энергетика атмосферы. – Л.: Гидрометиздат, 1977.

4. Замятин, А.В. Анализ динамики земной поверхности по данным дистанционного зондирования Земли. / А.В. Замятин, Н.Г. Марков. – М.: Физматлит, 2007. – 176 с.
5. Кондратьев, К.Я. Биосфера: Методы и результаты дистанционного зондирования / К.Я. Кондратьев [и др.]. – М.: Наука, 1990. – 224 с.
6. Креопалова, Г.В. Оптические измерения. / Г.В. Креопалова, Н.Л. Лазарева, Д.Т. Пуряев. – М.: Машиностроение, 1987. – 264 с.
7. Лурье, И.К. Теория и практика цифровой обработки изображений / Дистанционное зондирование и географические информационные системы. // И.К. Лурье, А.Г. Косиков. – М.: Научный мир, 2003. – 186 с.
8. Малкевич, М.С. Оптическое зондирование атмосферы со спутников. / М.С. Малкевич. – М.: Наука, 1979. – 270 с.
9. Малышев, В.И. Введение в экспериментальную спектроскопию / В.И. Малышев. – М.: Наука, 1979. – 480 с.
10. Межерис, Р. Лазерное дистанционное зондирование. / Р. Межерис. – М.: Мир, 1987. – 550 с.
11. Мишон В. М. Практическая гидрофизика. – Л.: Гидрометиздат, 1983.
12. Оптико-электронные приборы для научных исследований / под ред. Л.А. Новицкого. – М.: Машиностроение, 1986. – 430 с.
13. Спектроскопия плазмы и природных объектов / под. ред. В.И. Архипенко, В.С. Буракова, А.Ф. Чернявского. – Минск: Белорусская наука, 2007. – 480 с.
14. Степанов, Б.И. Введение в современную оптику. Фотометрия. О возможном и невозможном в оптике. / Б.И. Степанов. – Мн.: Наука и техника, 1989. – 254 с.
15. Ту, Дж. Принципы распознавания образов. / Дж. Ту, Р. Гонсалес. – М.: Мир, 1978. – 412 с.
16. Эпштейн, М.И. Измерения оптического излучения в электронике / М.И. Эпштейн. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 254 с.

#### **Перечень используемых средств диагностики результатов учебной деятельности**

1. Устный опрос.
2. Письменный коллоквиум.
3. Подготовка и защита реферата.

#### **Примерный перечень мероприятий для контроля качества усвоения знаний по учебной дисциплине**

##### *Рекомендуемые темы для устного опроса*

1. Основы ДЗ Земли.
2. Формирование излучения в оптическом диапазоне спектра.

3. Приборы дистанционного зондирования. Модель датчика.
4. Методы обработки и анализа данных ДЗ. Модель данных.
5. Применение данных ДЗ Земли в задачах мониторинга геосистем.
6. Тематическая обработка данных ДЗ.

*Рекомендуемые темы коллоквиумов*

1. Аномальные свойства воды
2. Взаимодействие гидросферы и атмосферы
3. Основы ДЗ Земли.
4. Формирование излучения в оптическом диапазоне спектра.
5. Приборы дистанционного зондирования. Модель датчика.
6. Методы обработки и анализа данных ДЗ. Модель данных.

*Рекомендуемые темы рефератов*

1. Дистанционное зондирование растительных объектов (в УФ, видимом, БИК диапазонах спектра).
2. Дистанционное зондирование горных пород и почв (в УФ, видимом, БИК диапазонах спектра).
3. Дистанционное зондирование морей и океанов (в УФ, видимом, БИК диапазонах спектра).
4. Дистанционное зондирование водных ресурсов (в УФ, видимом, БИК диапазонах спектра).
5. Дистанционное зондирование атмосферы (в УФ, видимом, БИК диапазонах спектра).
6. Определение характеристик природных объектов в процессе дистанционного зондирования (в УФ, видимом, БИК диапазонах спектра).
7. Приборы, применяемые при дистанционном зондировании Земли в оптическом диапазоне спектра (сравнительные характеристики, инновационные решения, моделирование, тестирование).
8. Использование компьютерного моделирования в дистанционном зондировании Земли.
9. Обработка данных дистанционного зондирования Земли (спектральные преобразования).
10. Обработка данных дистанционного зондирования Земли (пространственные преобразования).
11. Методы проведения калибровки приборов, применяемых при дистанционном зондировании Земли в оптическом диапазоне спектра.
12. Методы обработки спектрально-зональных изображений, получаемых при дистанционном зондировании Земли в оптическом диапазоне спектра.
13. Методы тематической классификации объектов на спектрально-зональных изображениях, получаемых при дистанционном зондировании Земли в оптическом диапазоне спектра.
14. Развитие дистанционного зондирования в Республике Беларусь.

## Рекомендации по контролю качества усвоения знаний и проведению аттестации

Текущий контроль знаний в семестре проводится как управляемая самостоятельная работа (УСР) на лекциях и семинарских занятиях и осуществляется в форме устного опроса, письменных контрольных работ (коллоквиумов) по вопросам программы, подготовки и защиты реферата. Форма текущей аттестации – экзамен в 7 семестре. Система оценивания – рейтинговая.

Каждая контрольная работа включает 3-6 вопросов/заданий. Для ответов на них отводится 45 (90) мин. За каждый правильный ответ начисляется  $Y$  баллов (ответ верен и точен),  $Y \cdot 3/4$  или  $Y/2$  (в ответе содержатся неточности, но в целом он верен). Значение  $Y$  может варьироваться от 1 до 4, в зависимости от сложности вопроса. Если ответ отсутствует или не верный, начисляется 0 баллов. За расширенные ответы, показывающие отличное знание вопроса, могут начисляться дополнительно до 2 баллов, которые учитываются при вычислении итоговой отметки. Результаты контрольной работы оцениваются величиной  $K = \sum Y_i$ .

Защита рефератов проводится в форме устного выступления. Оценка реферата по 10-балльной шкале составляет среднее арифметическое из оценки выступления и оценки письменного реферата.

Итоговая оценка текущей успеваемости выставляется по формуле:

$$T = 0,4 \cdot K + 0,4 \cdot P + 0,2 \cdot Y,$$

где  $K$ ,  $P$  и  $Y$  – среднеарифметические оценки контрольных работ, рефератов и устных ответов соответственно.

Студент допускается к экзамену при текущей оценке не менее 4 баллов.

Итоговая рейтинговая оценка по дисциплине выставляется по формуле:

$$И = 0,4 \cdot T + 0,6 \cdot Э,$$

где  $Э$  – экзаменационная оценка.

## ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УВО

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Оптика	Кафедра общей физики	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения	Рекомендовать к утверждению учебную программу в представленном варианте протокол № 13 от 23.05.2016
Термодинамика и статистическая физика	Кафедра теоретической физики и астрофизики	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения	Рекомендовать к утверждению учебную программу в представленном варианте протокол № 13 от 23.05.2016
Принципы и методы оптической диагностики	Кафедра физической информатики и атомно-молекулярной физики	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения	Рекомендовать к утверждению учебную программу в представленном варианте протокол № 13 от 23.05.2016

