

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова  
Географический факультет

«Утверждено»  
Декан географического факультета,  
член-корр. РАН С.А. Добролюбов



Согласовано  
Учебно-методической комиссией  
факультета

« 06 » января 2018 г.  
протокол № 11  
*(Handwritten signature)*

**ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Основы дистанционного зондирования Земли»**

по направлению подготовки 05.03.03 «Картография и геоинформатика»  
уровня высшего образования бакалавриат  
с присвоением квалификации «бакалавр»

**Направленность (профиль): общий**

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки «Картография и геоинформатика» (*программы бакалавриата, магистратуры, реализуемых последовательно по схеме интегрированной подготовки*) в редакции приказа МГУ от 30 декабря 2016 г.

© Географический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова

*Программа не может быть использована другими подразделениями университета и другими вузами без разрешения факультета.*

### 1. Цели и задачи освоения дисциплины

Цель - познакомить студентов с теоретическими основами получения и обработки данных дистанционного зондирования, их применением в общегеографическом и тематическом картографировании и при решении прикладных географических задач.

**Задачами** освоения дисциплины являются:

сформировать представление о существующих съемочных методах и технологиях, дать знания об их особенностях и классификации;

научить конкретным практическим приемам предварительной компьютерной обработки снимков для последующего использования при решении географо-картографических задач.

### 2. Место в структуре ООП:

Дисциплина является базовой в общей профессиональной подготовке, входит в базовую часть ООП бакалавриата, блок общепрофессиональных дисциплин, модуль «Основы картографии, геоинформатики и дистанционного зондирования». Дисциплина обязательная и преподается в 3-ем семестре 2 курса.

Понимание общих положений, владение навыками обработки и интерпретации данных аэрокосмического зондирования необходимо будущим специалистам для выполнения комплекса картосоставительских и научно-исследовательских работ по разработке и актуализации топографических и тематических карт, формированию картографических баз данных и специализированных геоинформационных продуктов, решению прикладных географических и экологических задач. Курс дает фундаментальные знания о комплексе данных дистанционного зондирования Земли, основах их получения и обработки; он тесно связан с модулем «Аэрокосмическое зондирование» и вариативной частью подготовки в указанной предметной области.

Для освоения материала дисциплины необходимы знания основ географии, физики и математики, топографии, владение информационными технологиями.

Освоение дисциплины «Основы дистанционного зондирования Земли» необходимо в качестве предшествующей для всех дисциплин, оперирующих данными дистанционного зондирования Земли, курсов модуля «Географическое картографирование», а также для прохождения практик и написания курсовых и выпускных работ.

### 3. Требования к результатам освоения дисциплины:

В соответствии с ОС МГУ и «Оценочными и методическими материалами формирования компетенций, оценивания уровня знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности у обучающихся и выпускников» освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций и получение следующих результатов обучения:

Компетенции выпускников образовательной программы	Планируемые результаты обучения по дисциплине
способность использовать знания теоретических концепций, истории и методологии картографии, геоинформатики и аэрокосмического зондирования (ПК-2.Б, формируется частично)	<b>Знать</b> предмет и объект изучения, историю развития и современное состояние дистанционного зондирования
владение аэрокосмическими методами картографирования и моделирования,	<b>Знать</b> физические основы дистанционного зондирования; основные

основанными на компьютерных технологиях обработки и дешифрирования снимков разного типа, стереоизмерений и трехмерного аэрокосмического моделирования (ПК-9.Б, формируется частично)	технологии получения данных дистанционного зондирования; теоретические основы обработки данных дистанционного зондирования. <b>Уметь</b> классифицировать материалы дистанционного зондирования; найти и получить необходимые снимки через Интернет. <b>Владеть</b> методами базовой компьютерной обработки материалов дистанционного зондирования.
--	---

#### 4. Структура и содержание дисциплины

##### Объем дисциплины и виды учебной работы.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачётные единицы.

Общая аудиторная нагрузка – 72 часа, в т.ч. лекции – 36 часов, семинары – 36 часов.

Объем самостоятельной работы студентов – 36 академических часов.

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	семестр	неделя	Виды учебной работы, включая СРС и трудоемкость (в часах)			Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Контактная работа		СРС	
				лекции	семинары		
1	Введение	3	1	2	-	-	-
2	Физические основы получения изображений земной поверхности	3	1-2	4	2	2	Устный опрос
3	Виды и технологии наземной, аэро- и космической съемок	3	3-8	10	12	6	Тестирование (6-8 неделя). Отчет по практическим работам
4	Основные параметры космической съемки земной поверхности	3	8-10	4	6	2	Отчет по практической работе
5	Одиночные и взаимно перекрывающиеся снимки	3	10-13	8	6	2	Отчет по практическим работам
6	Компьютерная обработка снимков	3	14-16	6	6	2	Отчет по практическим работам Устный опрос
7	Фонд снимков	3	17-18	2	4	4	Реферат по темам 2-7
8	Промежуточная аттестация					18	Экзамен
	Итого			<b>36</b>	<b>36</b>	<b>36</b>	

#### 5. Содержание дисциплины

##### Содержание лекций

**Введение.** Термины и определения, цель и задачи курса, связь с другими дисциплинами картографического профиля, основные направления использования

современных материалов дистанционного зондирования. История развития дистанционного зондирования.

**Физические основы получения изображений земной поверхности.** Спектр электромагнитных колебаний, особенности получения изображений в отдельных его диапазонах. Влияние атмосферы: экранирующее влияние облачности; поглощение лучей атмосферой и окна прозрачности; рассеивание лучей атмосферой. Искусственное освещение местности.

**Виды и технологии наземной, аэро- и космической съемок.** Современная съемочная аппаратура. Классификация съемочных методов и средств. Многозональная и гиперспектральная съемка. Аэросъемка. Космическая съемка. Наземная съемка. Пассивные и активные, прямые и косвенные съемочные методы. Фотографическая съемка: черно-белая, цветная, спектральная. Разрешающая способность фотоснимка и разрешение на земной поверхности. Принцип цифровой съемки. Сканирующая съемка. Оптико-механический и оптико-электронный способ съемки. Микроволновая радиометрическая съемка. Радиолокационная съемка. Лазерное сканирование.

**Основные параметры космической съемки земной поверхности.** Особенности орбит: форма, высота, наклонение, период обращения, положение относительно Солнца. Влияние прецессий орбит и других особенностей орбитальной съемки на картографо-фотограмметрические свойства снимков Земли.

**Одиночные и взаимно перекрывающиеся снимки.** Системы координат и элементы ориентирования снимков. Трансформирование снимков. Стереомодель местности, условия ее построения, наблюдения и измерения.

**Компьютерная обработка снимков.** Цифровой снимок. Радиометрическая коррекция. Преобразование контрастности снимков. Синтезирование цветных изображений. Синергизм снимков. Понятие о маскировании.

**Фонд снимков.** Концепция единого мирового фонда космических снимков. Роль основных отечественных и зарубежных космических систем в формировании фонда снимков. Географическая оценка фонда космических снимков. Электронные фонды космических снимков.

### *Содержание семинаров*

#### Семинар 1. Спектр электромагнитных колебаний (2 часа).

Работа в режиме дискуссии: по заданию преподавателя студенты обсуждают особенности получения изображений в отдельных диапазонах спектра, ограничения и преимущества для решения прикладных задач.

#### Семинар 2. Цифровой снимок (6 часов).

Задачи: *изучить* основные характеристики цифрового снимка, *получить базовые навыки* работы в программе Image Processor.

Усваиваемые понятия: аэрокосмические методы: сущность, классификация съемочных методов. Определение снимка. Спектр ЭМК, его деление на диапазоны. Интегральная яркость, спектральная яркость, влияние освещенности. Цифровой снимок, понятие пиксела, координаты цифрового снимка. Разрешение снимка: пространственное, спектральное, радиометрическое.

Приобретаемые навыки: загрузка данных; яркостные преобразования снимков; изучение яркостных особенностей объектов снимка в отдельных каналах; синтез цветного изображения в естественной цветопередаче и псевдоцветах; создание фрагмента изображения; измерение расстояний, площадей и углов; сохранение и закрытие изображений.

#### Семинар 3. Классификация съемочных методов (6 часов).

Задачи: *составить* электронный каталог снимков для иллюстрации классификации съемочных методов, *получить представление* о сущности и назначении геопорталов данных дистанционного зондирования, *изучить* общую структуру геопортала и технологическую схему работы на конкретном примере, *получить навыки* поиска и отбора изображений по заданным координатам и участкам.

Приобретаемые навыки: базовые навыки работы в геопортале, поиск и просмотр архивных изображений, составление каталога снимков: 1) для точки с заданными координатами, 2) для контура, представленного векторным объектом; оценка применимости имеющихся изображений для решения географических задач.

#### Семинар 4. Параметры орбит ИСЗ (6 часов).

Задачи: *получить представление* о влиянии параметров орбит искусственных спутников Земли на формирование фонда данных дистанционного зондирования.

Усваиваемые понятия: основные группы ресурсных спутников; классификация орбит ИСЗ по форме, наклонению, периоду обращения.

Приобретаемые навыки: определение пространственного охвата съемкой со спутников с разными параметрами орбит; выделение групп решаемых задач для изображений, полученных с разных орбит.

#### Семинар 5. Геометрическая коррекция космического снимка (6 часов).

Задачи: *изучить* понятие пространственной привязки геоизображений, *получить навыки* привязки космических снимков.

Усваиваемые понятия: сущность пространственной привязки; наземные контрольные точки: принципы расстановки на топографической карте и на космическом снимке; трансформирование изображений (аффинные преобразования, полиномиальные преобразования второй степени, проективные преобразования).

Приобретаемые навыки: пространственная привязка топографической карты по координатной сетке; пространственная привязка космического снимка к топографической карте; выбор модели преобразования; оценка точности привязки по модели преобразования; визуальная оценка точности привязки.

#### Семинар 6. Преобразование снимков (6 часов).

Задачи: *изучить* методы преобразования снимков, распространенные виды производных изображений, *получить навыки* построения и анализа производных изображений.

Усваиваемые понятия: сущность и назначение преобразований снимков, способы преобразований, методы улучшения пространственного разрешения снимков.

Приобретаемые навыки: синтез голубого и зеленого каналов (Natural Colors); слияние панхроматического и зонального снимков (Fusion).

#### Семинар 7. Фонд данных дистанционного зондирования: защита рефератов (4 часа).

Задачи: *получить представление* о современном фонде данных дистанционного зондирования.

Усваиваемые понятия: Основные типы космических снимков; соотношение пространственного, спектрального и временного разрешений снимков.

Приобретаемые навыки: выделение групп решаемых задач для изображений, полученных на основе разных технологий, разного спектрального и пространственного разрешения.

## **6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов по дисциплине**

Самостоятельная работа студентов проводится с целью закрепления и углубления знаний по дисциплине и предусматривает: изучение отдельных разделов тем

дисциплины; чтение студентами рекомендованной литературы и усвоение теоретического материала дисциплины; подготовку к семинарским занятиям; работу с электронными сетевыми источниками; подготовку к различным формам контроля.

### **7. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости:**

Отчет по практической работе включает выполнение студентом работы по теме семинара (№№ 2-7, см. п. 5. Содержание дисциплины) и при необходимости исправление замечаний.

*Примерный перечень вопросов для устного опроса:*

1. Дайте классификацию съемочных методов и средств.
2. Опишите особенности кадровой фотографической съемки.
3. Раскройте сущность цветной и спектральной фотосъемки.
4. Опишите сходство и различия оптико-механического и оптико-электронного способов сканирования.
5. Перечислите активные съемочные методы, раскройте их сущность.
6. В чем различие между прямыми и косвенными съемочными методами?
7. Как связаны разрешающая способность фотоснимков с разрешением на земной поверхности?
8. Дайте определения пространственного разрешения снимка. Перечислите основные классы. Приведите примеры.
9. Что такое геостационарные и солнечносинхронные орбиты?
10. Какие параметры орбит ИСЗ влияют на повторяемость съемки земной поверхности?
11. Что такое прецессии орбит? Укажите виды.
12. В чем сущность радиометрической коррекции снимков?
13. Как можно улучшить пространственное разрешения снимка?
14. Что входит в компьютерную обработку снимка?

*Примерный вариант теста для текущего контроля:*

- 1) Какой из указанных диапазонов относится к ближней инфракрасной части спектра:  
а) 0,25-0,36 мкм; б) 1,38-1,75 мкм; в) 0,52-0,56 мкм; г) 0,89-0,95 мкм.
- 2) Расставьте участки спектра по убыванию длины волны:  
а) тепловой инфракрасный  
б) видимый  
в) ближний инфракрасный  
г) радиоволновой  
д) средний инфракрасный
- 3) Активные съемочные методы – это ...  
а) регистрация отраженного искусственного излучения  
б) регистрация отраженного солнечного излучения  
в) получение изображения путем оптико-электронных преобразований
- 4) Выберите из списка пассивные съемочные методы:  
а) фотографическая съемка  
б) оптико-электронное сканирование  
в) оптико-механическое сканирование  
г) радиолокационная съемка
- 5) Выберите из списка съемочные системы спутника LANDSAT-7:  
а) HRG; б) TIRS; в) ETM+; г) OLI; д) Vegetation; е) MSI.
- 6) Многозональный снимок, полученный со спутника SPOT-5, охватывает диапазоны:

- а) синий
  - б) зеленый
  - в) ближний инфракрасный
  - г) красный
  - д) средний инфракрасный
- 7) К какому классу относится снимок с пространственным разрешением 8 м?
- а) очень высокое
  - б) собственно высокое
  - в) низкое
  - г) среднее
  - д) сверхвысокое
- 8) Выберите причину ограничения применения снимков Ikonos для географических исследований регионального уровня:
- а) необходимость приобретения программного обеспечения для обработки радиолокационных изображений
  - б) небольшой пространственный охват
  - в) недостаточно высокое пространственное разрешение
  - г) отсутствие многозональной съемки
- 9) Верно ли, что обычно в геопорталах ДДЗ можно подбирать снимки по следующим параметрам: дата съемки, наличие облачности, пространственное и спектральное разрешение (да или нет)
- 10) Для какого спутника панхроматические и многозональные изображения попадают в один класс по пространственному разрешению?
- а) Ikonos; б) LANDSAT-7; в) SPOT-5; г) IRS.

*Примерный перечень тем рефератов:*

1. История развития съемки Земли из космоса.
2. Развитие космической фотографической съемки.
3. Сканерная съемка. Технология получения и особенности обработки изображений.
4. Оптико-электронное сканирование. История и особенности изображений.
5. История развития радиолокационной съемки. Технологии получения и особенности обработки изображений.
6. Лазерное сканирование: проблемы и перспективы внедрения.
7. Дистанционное зондирование: цифровые методы получения, обработки и интерпретации дистанционных данных
8. Перспективы использования дистанционного зондирования в решении современных проблем географических исследований.
9. Цифровые аэро- и космические снимки. Свойства и компьютерная обработка.
10. Программные средства компьютерной обработки снимков.
11. Синтезированные космические фотоизображения и фотокарты.
12. Сочетание свойств карты и космического фотоснимка при создании и использовании космических фотокарт.

## **8. Формы и содержание промежуточной аттестации**

Экзамен устный.

При отсутствии у обучающегося отчета по одной или нескольким практическим работам на экзамене студенту предоставляется возможность выполнить весь объем учебной работы до ответа по экзаменационному билету в пределах нормативного времени, отведенного на прием устного экзамена (до 30 минут на одного



обучающегося). При невыполнении указанного условия, учебный план считается невыполненным, обучающемуся выставляется оценка «неудовлетворительно».

*Примерный перечень вопросов к экзамену*

1. Физические основы дистанционного зондирования.
2. Длины волн спектра электромагнитных колебаний, используемых при аэро- и космических съемках.
3. Ограничения при использовании видимой области спектра при аэро- и космических съемках.
4. Классификация съемочных методов и средств.
5. Параметры орбит ИСЗ.
6. Долготное смещение трассы полета. Маршруты космических съемок.
7. Геостационарные и геосинхронные орбиты.
8. Влияние прецессий орбиты на условия освещенности при фотографировании Земли из космоса: солнечносинхронные орбиты.
9. Черно-белая, цветная и спектральная фотосъемка.
10. Разрешающая способность орбитальных фотоснимков.
11. Связь разрешающей способности фотоснимка с разрешением на земной поверхности.
12. Продольное перекрытие космических фотоснимков: орбитальная стереопара.
13. Многозональная съемка.
14. Теория получения синтезированных изображений.
15. Основные параметры сканерной съемки. Разрешающая способность сканирующих систем.
16. Особенности картометрии сканерных изображений Земли.
17. Основные геометрические искажения сканерных изображений оптико-электронных систем. Требования к путевой скорости носителя.
18. Методы компьютерной обработки снимков.
19. Принцип радиолокационной съемки.
20. Суть лазерного сканирования.

**ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ результатов обучения (РО)**

Оценка	<b>Неудовлетворительно</b>	<b>Удовлетворительно</b>	<b>Хорошо</b>	<b>Отлично</b>
РО и соответствующие виды оценочных средств				
<b>Знания</b> (виды оценочных средств: устные опросы, тестирование, реферат)	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные систематические знания
<b>Умения</b> (виды оценочных средств: практические задания)	Отсутствие умений	В целом успешное, но не систематическое умение	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности непринципиального характера)	Успешное и систематическое умение
<b>Навыки</b>	Отсутствие	Наличие	В целом,	Сформирована

<b>(владения, опыт деятельности)</b> <i>(виды оценочных средств: практические задания)</i>	навыков	отдельных навыков	сформированные навыки (владения), но используемые не в активной форме	нные навыки (владения), применяемые при решении задач
---	---------	-------------------	---	---

## 9. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

Книжников Ю.Ф., Кравцова В.И., Тутубалина О.В. Аэрокосмические методы географических исследований: Учеб. для студ. высш. учеб. заведений. – М.: изд. центр «Академия», 2011. – 416 с.

Новаковский Б.А. Фотограмметрия и дистанционные методы изучения Земли: картографо-фотограмметрическое моделирование. –М.: изд-во Моск. ун-та, 1997.–205 с.

Рис. У.Г. Основы дистанционного зондирования. Второе издание. – М.: Техносфера, 2006.

б) дополнительная литература:

Кронберг П. Дистанционное изучение Земли. – М.: Мир, 1988. – 349 с.

Лурье И.К., Косиков А.Г. Теория и практика цифровой обработки изображений. Учебное пособие. - М.: Научный мир, 2003.

Савиных В.П., Малинников В.А., Сладкопеев С.А., Цыпина Э.М. География из космоса: Учебно-методическое пособие. – М.: изд-во МИИГАиК, 2000.

Дешифрирование многозональных аэрокосмических снимков. М.: Наука–Берлин: Академи Ферлаг. Т.1, 1982. Т.2, 1988

Космические методы геоэкологии / Под ред. В.И. Кравцовой. – М.: Географ.ф-т МГУ, 1998. – 108 л.

Тутубалина О.В. Компьютерный практикум по курсу «Космические методы исследования почв». – М.: Географический факультет МГУ, 2009.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

ERDAS Imagine, ESRI. Лицензионный продукт для обработки аэрокосмических материалов и оформления результатов

ScanEx Image Processor, ScanEx. Лицензионный продукт для обработки аэрокосмических материалов и оформления результатов

MultiSpec. Purdue Research Foundation, Ink. <http://cobweb.ecn.purdue.edu/~biehl/MultiSpec/> свободно распространяемый программный пакет для обработки растровых изображений

Orbitron 3.7 свободно распространяемая программа для мониторинга искусственных спутников Земли.

Каталог Геологической службы США (<http://earthexplorer.usgs.gov>),

Каталог-портал центров НАСА (<https://wist.echo.nasa.gov/~wist/api/imswelcome/> )

Каталог Совзонда (<http://www.sovzond.ru>)

Генеральный каталог российского Научного центра оперативного мониторинга Земли (НЦ ОМЗ) ([http://sun.ntsomz.ru/data\\_new/](http://sun.ntsomz.ru/data_new/))

Геопортал GoogleEarth (<http://www.googleearth.com>)

Геопортал Космоснимки (<http://www.kosmosnimki.ru>)

## 10. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Учебная аудитория с мультимедийным проектором для проведения лекционных занятий. Учебная аудитория, оснащенная оборудованием для ведения компьютерных практикумов. Лицензионные программы для обработки данных дистанционного

зондирования. Банк цифровых снимков, пополняемый и обновляемый по мере появления материалов новых съемочных экспериментов.

## 11. Контролирующие материалы по дисциплине (ФОС)

### *Тесты контроля остаточных знаний по дисциплине*

1. К какому виду преобразований снимков относится слияние умножением?
2. Каким цветом будет отображаться травянистая растительность на летнем цветном синтезированном космическом изображении при следующем варианте синтеза: R: 0,78-0,89 мкм G: 0,63-0,69 мкм B: 0,52-0,59 мкм
3. Верно ли, что можно составить схему дешифрирования масштаба 1 : 100 000 на территорию Мурманской области по космическому снимку с пространственным разрешением 30 м, полученным с орбиты высотой 700 км и наклоном  $12^{\circ}$ ? (да или нет)
4. Укажите параметры орбит ИСЗ, которые влияют на охват снимаемой территории:
  - а) высота
  - б) форма
  - в) период обращения
  - г) наклонение

Программа одобрена на заседании кафедры картографии и геоинформатики.

Зав. кафедрой



И.К. Лурье

### **Разработчики:**

Новаковский  
Богуслав  
Августович  
Прасолова  
Анна Ивановна

профессор, д.г.н.  
  
доцент, к.г.н.

МГУ имени М.В.Ломоносова,  
географический факультет, кафедра  
картографии и геоинформатики  
МГУ имени М.В.Ломоносова,  
географический факультет, кафедра  
картографии и геоинформатики

### **Эксперт:**

Каргашин  
Павел  
Евгеньевич

доцент, к.г.н.

МГУ имени М.В.Ломоносова,  
географический факультет, кафедра  
картографии и геоинформатики