

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО ВГУ)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой
геоэкологии и мониторинга окружающей среды
географии,
геоэкологии
и туризма

 Куропал С.А.
подпись, расшифровка подписи

21.06.2021 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.О.32 Геоинформатика и аэрокосмические методы исследований

1. Код и наименование направления подготовки: 05.03.02 – География
2. Профиль подготовки: Экономическая и социальная география
3. Квалификация выпускника: бакалавр
4. Форма обучения: очная
5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: кафедра геоэкологии и мониторинга окружающей среды
6. Составители программы: Сарычев Дмитрий Владимирович, старший преподаватель
7. Рекомендована: Протокол о рекомендации: НМС ф-та географии, геоэкологии и туризма от 17.06.2021 г. №10
8. Учебный год: 2021/2022
2022-2023

Семестр/триместр: 2,3,4

9. Цели и задачи учебной дисциплины:

Изложение физики электромагнитного излучения и спектральных отражательных способностей природных и антропогенных объектов в наземной, воздушной и космической съемках. Рассматриваются технические средства получения, хранения и передачи фотометрической информации, изобразительные свойства многозональных снимков, фотометрическая и компьютерная обработка изображений, а также процессы визуального восприятия и машинного дешифрирования. Дисциплина позволяет формировать навыки, умения и компетенции по дешифрированию аэрокосмической информации.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Дисциплина относится к части учебного рабочего плана, формируемой участниками образовательных отношений по направлению бакалавриата 05.03.02 - География

Входными знаниями являются знания основ математики (аналитическая геометрия, дифференциальные исчисления, теория вероятности), физики (оптика, основы радиоэлектроники), информатики и вычислительной техники и дисциплин географического блока.

Данная дисциплина является предшествующей для дисциплин «Картография», «Современные методы ландшафтных исследований», «Информационно-математические методы в социально-экономической географии», «ГИС-технологии в социально-экономической географии».

11. Планируемые результаты обучения по дисциплине (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями) и индикаторами их достижения:

Код	Название компетенции	Код	Индикатор	Планируемые результаты обучения
ОПК-4	Способен использовать стандартные программные продукты, информационные базы данных для решения задач профессиональной деятельности	ОПК-4.1;	Использует стандартные программные продукты и информационные базы данных для решения задач профессиональной деятельности	Знать: - базовые подходы и методы при проведении комплексных и отраслевых географических исследований; Уметь: - применять базовые подходы и методы при проведении комплексных и отраслевых географических исследований на практике; Владеть: - базовыми подходами и методами при проведении комплексных и отраслевых географических исследований;
ОПК-4	деятельности в области наук о Земле с учетом требований информационной безопасности	ОПК-4.2;	Соблюдает нормы информационной безопасности в профессиональной деятельности	Знать: основные технологии защиты информации, используемые на предприятии Уметь: - применять нормы информационной безопасности в профессиональной деятельности Владеть навыками проектирования программного обеспечения с использованием средств автоматизации
ОПК-5	Способен осуществлять сбор,	ОПК-5.1	Осуществляет сбор географических дан-	Знать: -методы сбора, анализа и представления распределенной измерительной информации с использова-

	обработку, первичный анализ и визуализацию географических данных с использованием геоинформационных технологий		ных с использованием геоинформационных технологий	нием современных геоинформационных технологий. Уметь: -самостоятельно составлять, отлаживать ГИС – проекты, решать задачи геообработки, пространственной привязки данных и построения тематических карт по результатам анализа. Владеть: -инструментами работы в ГИС среде, возможностями организации, редактирования, анализа и представления данных в ГИС.
ОПК-5		ОПК-5.2	Осуществляет обработку, первичный анализ и визуализацию географических данных с использованием геоинформационных технологий	Знать: -методы сбора, анализа и представления распределенной измерительной информации с использованием современных геоинформационных технологий. Уметь: -самостоятельно составлять, отлаживать ГИС – проекты, решать задачи геообработки, пространственной привязки данных и построения тематических карт по результатам анализа. Владеть: -инструментами работы в ГИС среде, возможностями организации, редактирования, анализа и представления данных в ГИС.
ПК-2	Проведение камеральных изысканий по сбору первичной информации географической направленности	ПК-2.2	Подбирает и обрабатывает пространственные данные, картографические материалы, данные дистанционного зондирования Земли на изучаемый объект (территорию, акваторию, ландшафт)	Уметь: - подбирать пространственные данные, картографические материалы, данные дистанционного зондирования Земли на изучаемый объект (территорию, акваторию, ландшафт); - обрабатывать пространственные данные, картографические материалы, данные дистанционного зондирования Земли на изучаемый объект (территорию, акваторию, ландшафт). Владеть: - навыками подбирать пространственные данные, картографические материалы, данные дистанционного зондирования Земли на изучаемый объект (территорию, акваторию, ландшафт); - навыками обрабатывать пространственные данные, картографические материалы, данные дистанционного зондирования Земли на изучаемый объект (территорию, акваторию, ландшафт).

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. — 6/216

Форма промежуточной аттестации – зачет

13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной деятельности		Всего	По семестрам		
			2 семестр	3 семестр	4 семестр
Аудиторные занятия					
в том числе:	лекции		14	18	14
	практические				
	лабораторные		28	36	30
Самостоятельная работа			30	18	28
в том числе: курсовая работа (проект)					
Форма промежуточной аттестации (зачет – 0 час. / экзамен – 36 час.)					
Итого:			72	72	72

13.1 Содержание дисциплины

1 семестр

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК*
1. Лекции			
1.1	Введение в аэрокосмические методы исследований	История развития аэрокосмических методов исследования. Дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ): физические основы, особенности и характеристики сенсоров и данных ДЗЗ. Схема осуществления ДЗЗ	-
1.2	Пространственные данные: общие понятия, структура, форматы, обзор открытых ресурсов	Модели хранения и отражения данных, растровые и векторные данные, их структура, форматы, особенности. Пространственные данные наземных наблюдений и съемок, данные дистанционного зондирования. Ресурсы и протоколы получения данных. Метаданные и предварительная обработка геоданных.	-
1.3	Данные ДЗЗ, их источники и информационные свойства	Спектр электромагнитного излучения, видимый диапазон спектра, инфракрасный и радиодиапазон, космические аппараты ДЗЗ и характеристики их сенсоров, собираемые ими данные ДЗЗ (AVHRR, MODIS, Landsat, Aster, SPOT, Sentinel и др.)	-
1.4	Обработка и анализ данных ДЗЗ	Специализированные геоинформационные среды обработки данных ДЗЗ (ERDAS, ENVI и др.). Атмосферная, радиометрическая и геометрическая коррекция данных ДЗЗ. Вычисление вегетационных, почвенных и водных индексов по мультиспектральным данным. Методы и алгоритмы классификаций многоканальных спутниковых снимков и анализа мультивременных композитных изображений. Обработка радарных данных и морфометрический анализ цифровых моделей рельефа	-
2. Лабораторные работы			
2.1	Пространственные данные: общие понятия, структура, форматы, обзор открытых ресурсов.	Источники открытых данных ДЗЗ: обзор, выбор и получение данных. Работа с порталом EarthExplorer геологической службы США	-
2.2	Данные ДЗЗ, их ис-	Работа с Порталом открытых данных ДЗЗ Роскосмоса и геосервисом BEGA-Science Института космических исследований РАН	-

	точники и информационные свойства.		
2.3	Применение данных ДЗЗ для анализа и мониторинга литогенной основы ландшафтов	Морфометрический анализ цифровой модели рельефа SRTM	-
2.4		Анализ радарных данных Sentinel-1	-
2.5		Расчет вегетационных индексов по данным MODIS, Landsat, Sentinel-2.	-
2.6	Обработка и анализ данных ДЗЗ. Применение мультиспектральных космических снимков для анализа и мониторинга окружающей среды	Мониторинг состояния растительности за многолетний период для Европейской части России (по данным MODIS) и для Воронежа (по данным Landsat)	-
2.7		Классификация мультиспектральных космических снимков Sentinel-2, Landsat-5/7/8 для создания карт экосистем и землепользования	-
2.8		Контроль теплового загрязнения урбанизированных территорий по данным Landsat-5/7/8	-

13.2 Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Виды занятий (часов)				
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1	Введение в аэрокосмические методы исследований	10		10	10	30
2	Пространственные данные: общие понятия, структура, форматы, обзор открытых ресурсов	12		14	20	46
3	Данные ДЗЗ, их источники и информационные свойства	12		30	20	62
4	Обработка и анализ данных ДЗЗ	12		40	26	78
Итого:		46		94	76	216

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Необходима регулярная работа с текстом конспектов лекций для понимания и освоения материала предшествующей и последующей лекций. По указанию преподавателя необходимо регулярно выполнять домашние задачи, выполнять контрольные тесты в ходе текущей аттестации (по каждой пройденной теме).

При подготовке к промежуточной аттестации студенты изучают и конспектируют рекомендуемую преподавателем учебную литературу по темам лекционных и лабораторных занятий, самостоятельно осваивают понятийный аппарат.

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов

включают:

- использование электронных учебников и ресурсов интернет;
- методические разработки с примерами решения типовых задач по карте.

15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Блиновская Я. Ю. Введение в геоинформационные системы : учебное пособие / Я.Ю. Блиновская, Д.С. Задоя .— 2-е изд. — Москва : Форум : ИНФРА-М, 2018 .— 110 с.
2	Лимонов А. Н. Фотограмметрия и дистанционное зондирование : учебник для вузов / А.Н. Лимонов, Л.Н. Гаврилова ; Гос. ун-т по землеустройству .— Москва : Академический проект, 2016 .— 295 с.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
3	Книжников В.И., Кравцова В.И. Тутубалина О.В. Аэрокосмические методы географических исследований. — 2-е изд. — М. Изд. центр «Академия», 2011— 416 с.
4	Чандра А.М. Дистанционное зондирование и географические информационные системы / А.М. Чандра, С.К. Гош ; пер. с англ. А.В. Кирюшина .— М. : Техносфера, 2008 .— 307 с.
5	Рис У.Г. Основы дистанционного зондирования / У.Г. Рис ; пер. с англ. М.Б. Кауфмана, А.А. Кузьмичевой .— 2-е изд. — М. : Техносфера, 2006 .— 335 с.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет)*:

№ п/п	Ресурс
6	Геоинформационные системы : учебно-методическое пособие для вузов / Воронеж. гос. ун-т; сост. С.Д. Беспалов; науч. ред. С.А. Куролап .— Воронеж : ЛОП ВГУ, 2006-. Ч. 1: Подготовка и использование растровых картографических изображений .— 2006 .— 31 с. : ил., табл. — <URL:http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/may07018.pdf>.
7	Практикум по геоинформационным технологиям. QGIS в экологии и природопользовании : учебно-методическое пособие : [для студ. бакалавриата и магистрантов фак. географии, геоэкологии и туризма, для направлений: 05.03.06 - Экология и природопользование, 05.04.06 -Экология и природопользование]. Ч. 1 / Д.В. Сарычев ; Воронеж. гос. ун-т .— Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2016 .— 28 с. : ил., табл. <URL:http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m16-188.pdf>
8	Методы дистанционного зондирования Земли [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов : [для студ. очной и заоч. форм обучения геол. фак. Воронеж. гос. ун-та при изучении курсов "Дистанционное зондирование Земли", "Аэрокосмические исследования литосферы" "Аэрокосмические методы"] / Воронеж. гос. ун-т ; сост.: А.И. Трегуб, О.В. Жаворонкин .— Электрон. текстовые дан. — Воронеж, 2019 .— Загл. с титула экрана .— Свободный доступ из интранета ВГУ .— Текстовый файл .— <URL:http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m19-44.pdf>.
9	Электронный курс по дисциплине на портале «Электронный университет ВГУ» – Режим доступа: по подписке. – https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=4063

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

№ п/п	Источник
1	Геоинформационные системы : учебно-методическое пособие для вузов / Воронеж. гос. ун-т; сост. С.Д. Беспалов; науч. ред. С.А. Куролап .— Воронеж : ЛОП ВГУ, 2006-. Ч. 1: Подготовка и использование растровых картографических изображений .— 2006 .— 31 с. : ил., табл. — <URL:http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/may07018.pdf>.
2	Практикум по геоинформационным технологиям. QGIS в экологии и природопользовании : учебно-методическое пособие : [для студ. бакалавриата и магистрантов фак. географии, геоэкологии и туризма, для направлений: 05.03.06 - Экология и природопользование, 05.04.06 -Экология и природопользование]. Ч. 1 / Д.В. Сарычев ; Воронеж. гос. ун-т .— Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2016 .— 28 с. : ил., табл.

17. Образовательные технологии, используемые для реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ, электронное обучение (ЭО), смешанное обучение):

Программа курса реализована с применением дистанционных технологий на платформе «Образовательный портал «Электронный университет ВГУ». Режим доступа: <https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=2980>

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Для лекционных занятий – аудитория (учебный корпус №5 ВГУ), оснащенная специализированной мебелью, компьютерной техникой (компьютер-лицензионное ПО: OfficeSTD 2013 RUS OLP NL Acdmс, принтер, сканер), мультимедийным проектором, экраном настенным, плоттерами, квадрокоптерами, дальномерами лазерными, комплектом GPS-навигаторов, комплектом GNSS-приемников. Для лабораторных занятий – аудитория (учебный корпус №5 ВГУ), оснащенная специализированной мебелью, вычислительной техникой (укомплектованная персональными компьютерами с лицензионным программным обеспечением Topocad).

19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Компетенция	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
Семестр 1				
1	Введение в аэрокосмические методы исследований	ОПК-4	ОПК-4.1; ОПК-4.2;	Реферат
2	Пространственные данные: общие понятия, структура, форматы, обзор открытых ресурсов	ОПК-5	ОПК-5.1; ОПК-5.2;	Ситуационная задача
3	Данные ДЗЗ, их источники и информационные свойства	ПК-2	ПК-2.2	Ситуационная задача
4	Обработка и анализ данных ДЗЗ	ПК-2	ПК-2.2	Ситуационная задача
Промежуточная аттестация форма контроля – зачет				

20. Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

20.1. Текущий контроль успеваемости

Перечень вопросов к зачету:

1. Общая концепция географических информационных систем (ГИС): определение, история, цели и сфера применения, основополагающие принципы.
2. Географическое пространство в ГИС: проекции и системы координат.
3. Пространственные данные: понятие, типы, структура, основные форматы.
4. Особенности векторной и растровой моделей представления пространственных данных.
5. Особенности и перспективы применения ГИС и данных дистанционного зондирования для решения задач в сфере экологии и природопользования.
6. Мониторинг природных ресурсов с помощью ГИС, ДЗЗ, систем глобального позиционирования GPS/ГЛОНАСС и мобильных приложений.
7. История развития методов дистанционного зондирования
8. Физические основы дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ).
9. Технические способы осуществления ДЗЗ, примеры съемочных систем.
10. Разрешение данных ДЗЗ: пространственное, радиометрическое, спектральное, временное
11. Виды космических снимков и съемки. Основные действующие спутники дистанционного зондирования Земли и их данные.
12. Спутниковые снимки Landsat: история программы, космические аппараты, характеристики данных и ресурсы доступа к ним.
13. Радарная топографическая съемка SRTM: краткая история, производная цифровая модель рельефа, ее версии и характеристики.
14. Открытые данные Sentinel: история программы, космические аппараты, характеристики данных и ресурсы доступа к ним.
15. Отечественные космические аппараты дистанционного зондирования, их характеристики и производные данные.
16. Обзор основных коммерческих программ для работы с данными ДЗЗ (ERDAS Imagine, ENVI и др.).
17. Обзор основных открытых сред с возможностями обработки данных ДЗЗ (GRASS, QGIS+OrfeoToolbox, SAGA, R).
18. Коррекция данных ДЗЗ: радиометрическая (калибровка), геометрическая, атмосферная.
19. Основные дешифровочные признаки и методы дешифрирования космических снимков.
20. Автоматизированные методы дешифрирования.
21. Работа с гистограммой и способы улучшения визуального восприятия снимков.
22. Создание и интерпретация цветосинтезированных изображений.
23. Способы классификации цифровых изображений: контролируемая (с обучением), неконтролируемая (без обучения), нечеткая.
24. Текстуальный анализ изображений, матричная алгебра, индексы и их интерпретация (NDVI, NDWI и др.)
25. Применение данных ДЗЗ и глобальных систем позиционирования для инвентаризации и мониторинга природных ресурсов.

Критерии оценивания ответов на зачете:

Критерии оценивания	Шкала оценок
Обучающийся в полной мере владеет понятийным аппаратом данной области науки (аэрокосмические методы исследований), способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований; применять теоретические знания для решения практических задач в сфере обработки и анализа пространственных данных, в том числе данных ДЗЗ. Обучающийся демонстрирует навыки свободного владения интерфейсом и функционалом ГИС программ, способен по памяти воспроизвести алгоритмы обработки данных ДЗЗ.	<i>зачтено</i>
Ответ на контрольно-измерительный материал содержит существенные ошибки. Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные	<i>не зачтено</i>

знания, не умеет применять алгоритмы обработки и анализа аэрокосмических данных	
---	--

20.2 Перечень ситуационных задач

Задание 1

Цель – получить мультиспектральные космические снимки с аппаратов Landsat с заданными параметрами.

Задание: используя поисковые системы сервисов геологической службы США «USGS Global Visualization Viewer» (<http://glovis.usgs.gov>) или «EarthExplorer» (<http://earthexplorer.usgs.gov>) выбрать снимки со следующими параметрами:

- а) Съёмочная система OLI/TIRS космического аппарата Landsat 8
- б) Территория города Воронежа (51° с. ш, 39° в. д.) с окрестностями;
- в) Период съёмки – со времени запуска спутника (10.04.2013) по текущую дату;
- г) Облачность – менее 10%.

Из выданного перечня доступных снимков (сцен), удовлетворяющих заданным фильтрам, выбрать самый ранний и самый последний снимки и загрузить их на локальный компьютер в формате GeoTIFF. Загруженные архивы с выбранными сценами распаковать в учебную директорию на жестком диске. Открыть и изучить полученные данные и их метаданные в программе QGIS.

Ответить на вопросы:

1. Какие данные еще можно загрузить с указанных сервисов?
2. С какой периодичностью выполняется съёмка спутником Landsat 8 одной и той же территории?
3. Какие спектральные каналы имеет снимок с космического аппарата Landsat 8 и сколько их?
4. Сколько растровых слоёв содержит один снимок (сцена) и какой объем памяти они занимают?
5. Какое пространственное разрешение имеют слои снимка Landsat 8?

Задание 2

Цель – получить данные радарной топографической съёмки SRTM на интересующую территорию.

Задание: используя поисковую систему сервиса «EarthExplorer» (<http://earthexplorer.usgs.gov>) найти данные «SRTM 1 Arc Second Global» на территорию Воронежской области. По данному запросу будет выдан перечень фрагментов (тайлов) растрового покрытия. Выбрать несколько смежных тайлов на наиболее интересующий район Воронежской области и загрузить их на локальный компьютер. Загруженные архивы с тайлами распаковать в учебную директорию на жестком диске. Открыть и изучить полученные данные и их метаданные в программе QGIS.

Ответить на вопросы:

1. Какие еще цифровые модели рельефа доступны для загрузки на указанном сервисе?
2. Какое пространственное разрешение имеют данные SRTM 1 Arc Second Global?
3. Что означает значение пикселя в растровом покрытии SRTM?
4. По умолчанию растры SRTM отображаются в чёрно-белом градиенте – что он передает?
5. Почему между смежными тайлами при просмотре наблюдается шов и они различаются по оттенку?

Задание 3

Цель – освоить методику создания цветосинтезированных изображений из мультиспектральных космических снимков.

Пояснения: Мультиспектральные космические снимки содержат огромное количество информации о земной поверхности. Для того чтобы изъять и использовать эту информацию применяют разные методические приёмы, при этом для визуального дешифрирова-

ния наиболее распространено и удобно синтезирование каналов изображения. Наше цветовое восприятие может быть передано комбинациями трёх основных цветов – красного, зелёного и синего – такая «палитра» используется для воспроизведения любых изображений на большинстве экранов и при печати принтерами (цветовая схема RGB). В случае визуализации мультиспектральных космоснимков мы имеем возможность выбрать какие из каналов снимка сопоставить красному, зелёному и синему цвету устройств визуализации. Поскольку спектральные каналы несут несколько различную информацию, лучше или хуже отражая характеристики тех или иных объектов, мы можем по-разному сочетать эти каналы для лучшего отображения необходимых нам объектов или явлений. В этом и состоит сущность синтезированных снимков.

Задание: используя программу QGIS создать и визуально проанализировать цветосинтезированные изображения на основе сцены Landsat 7 ETM+ по приведенным таблице комбинациям каналов:

Каналы RGB	Возможная информация
4, 3, 2	Стандартная комбинация «искусственные цвета» – часто используется, главным образом, для изучения состояния растительного покрова, мониторинга дренажа и почвенной мозаики, а также для изучения агрокультур. Растительность отображается в оттенках красно-пурпурного, городская застройка – в светло-голубых тонах, а цвет открытых почв варьирует от темно-зелёного до бирюзового. Хвойные леса будут выглядеть более темными, бордовыми по сравнению с лиственными. В целом, насыщенные оттенки красного являются индикаторами здоровой и (или) широколиственной растительности, в то время как более светлые розовые характеризуют травянистую или кустарниковую растительность.
3, 2, 1	Комбинация «естественные цвета» – используются каналы видимо диапазона, поэтому объекты земной поверхности выглядят похожими на то, как они воспринимаются человеческим глазом. Здоровая растительность выглядит зеленой, нездоровая – коричневой и желтой, распаханное поле – серыми с оттенками фиолетового, дороги – светло-серыми. Эта комбинация каналов дает возможность анализировать состояние водных объектов и процессы седиментации, оценивать глубины. Также используется для изучения антропогенных объектов. Вырубки и разреженная растительность детектируются плохо, в отличие от комбинации 4-5-1 или 4-3-2. Кроме того, трудно отделить один тип растительности от другого.
7, 4, 2	Эта комбинация дает изображение близкое к естественным цветам, но в тоже время позволяет анализировать состояние атмосферы и дым. Здоровая растительность выглядит ярко зеленой, травянистые сообщества – зелеными, ярко розовые участки детектируют открытую почву, коричневые и оранжевые тона характерны для разреженной растительности. Эта комбинация может быть использована для изучения сельскохозяйственных земель и водно-болотных угодий, динамики пожаров и пост-пожарного анализа территории. Городская застройка отображается в оттенках розово-фиолетового, травянистые сообщества – зелеными и светло зелеными.
4, 5, 1	Здоровая растительность отображается в оттенках красного, коричневого, оранжевого и зеленого. Почвы могут выглядеть зелёно-голубыми или коричневыми, урбанизированные территории – белесыми, серыми. Добавление среднего инфракрасного канала позволяет добиться хорошей различимости возраста растительности. Здоровая растительность дает очень сильное отражение в 4 и 5 каналах. Использование комбинации 3-2-1 параллельно с этой комбинацией позволяет различать затопляемые территории и растительность. Эта комбинация малоприспособна для детектирования дорог и шоссе.
7, 5, 4	Эта комбинация не включает ни одного канала из видимого диапазона, и обеспечивает оптимальный анализ состояния атмосферы. Береговые линии четко различимы. Может быть использована для анализа текстуры и влажно-

Критерии оценивания: задание считается успешно выполненным (зачитывается обучающемуся) при методически правильном ходе его решения и получении верного ответа, при наличии контрольных вопросов - на них должны быть приведены верные ответы с обоснованием.

20.3 Темы рефератов

1. Физические основы спектральных методов в дистанционном зондировании.
2. Устройство и сравнительный анализ оптико-механических и электронных сенсоров.
3. Обзор спутников активного ДЗЗ и производимых ими данных.
4. Обзор спутников пассивного ДЗЗ и основные направления использования их данных.
5. Космическая программа Landsat: история, характеристики спутников и производимых данных.
6. Космическая программа Sentinel: история, характеристики спутников и производимых данных.
7. Космический аппарат MODIS: история, характеристика оборудования и производимых данных.
8. Космический аппарат Terra Aster: история, характеристика оборудования и производимых данных.
9. Космическая программа SRTM: история, характеристика оборудования и производимых данных.
10. Обзор самых современных коммерческих спутников ДЗЗ.
11. Беспилотные летательные аппараты и их возможности в сфере ДЗЗ.
12. Принципы дифференциации ландшафтного покрова по спектральным характеристикам.
13. Вегетационные индексы: виды, физические принципы, сферы применения.
14. Обзор и сравнительный анализ алгоритмов классификации многоканальных растровых изображений.

Критерии оценивания: реферат зачитывается обучающемуся, если его содержание и оформление отвечает установленным требованиям, оригинальность текста составляет не менее 30 %.