

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

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой
геоэкологии и мониторинга окружающей среды



С.А. Куролап

подпись, расшифровка подписи

19.06.2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.16 Дистанционные методы контроля окружающей среды

Код и наименование дисциплины в соответствии с Учебным планом

- 1. Код и наименование направления подготовки:**
05.03.06 – Экология и природопользование
- 2. Профиль подготовки:** Геоэкология
- 3. Квалификация выпускника:** бакалавр
- 4. Форма обучения:** очная
- 5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:** кафедра геоэкологии и мониторинга окружающей среды
- 6. Составитель программы:** Сарычев Дмитрий Владимирович, старший преподаватель кафедры геоэкологии и мониторинга окружающей среды
- 7. Рекомендована:** Протокол о рекомендации НМС ф-та географии, геоэкологии и туризма №8 от 22.05.2023 г.
- 8. Учебный год:** 2026/2027 **Семестр:** 7

9. Цели и задачи учебной дисциплины:

Целями освоения учебной дисциплины являются:

- овладение теоретическими знаниями в области дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ);
- приобретение практических навыков использования ДЗЗ для мониторинга окружающей среды, а также в решении ряда картографических, экологических и кадастровых задач;
- овладение современными способами получения, дешифрирования и анализа дистанционных и наземных пространственных данных.

Задачи учебной дисциплины – на примере выполнения конкретных исследовательских проектов экологического картографирования:

- обучить принципам подбора и способам получения данных ДЗЗ на интересующую территорию;
- обучить основам ручного и машинного дешифрирования отобранных данных;
- обучить алгоритмам аналитической обработки данных ДЗЗ и объяснению смысловой нагрузки результатов такой обработки;
- обучить средствам пространственного и геостатистического анализа данных, способам оформления итоговых интерактивных и бумажных карт.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП: дисциплина относится к вариативной части учебного плана по направлению бакалавриата 05.03.06 – Экология и природопользование (Б1).

Входными знаниями являются знания основ геодезии и топографии, картографии, информатики и географических информационных систем.

Данная дисциплина является предшествующей для дисциплин «Экологический мониторинг» и «Управление охраной окружающей среды».

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 |
|------|--|--------|--|---|
| ПК-3 | Способен проводить оценку воздействия на окружающую среду и экологическую экспертизу на основе использования современных эколого-геохимических, картографо-геодезических и дистанционных методов контроля природных ресурсов, а также при обращении с отходами | ПК-3.5 | Проводит комплекс работ по топографо-геодезическому и картографическому обеспечению инженерно-экологических изысканий и экологической экспертизы | Знать: физические основы получения аэрокосмических снимков в разных диапазонах спектра, названия спутников ДЗЗ и характеристики их сенсоров, информационные характеристики данных ДЗЗ, алгоритмы обработки и анализа данных ДЗЗ, названия и функционал основных программных комплексов для работы с ДЗЗ; Уметь: производить поиск и получение на интересующую территорию данных ДЗЗ с заданными характеристиками и с учетом их пространственного, временного, спектрального и радиометрического разрешений; производить радиометрическую калибровку и атмосферную коррекцию оптических данных ДЗЗ, выполнять анализ спектрально-зональных снимков методами цветосинтезирования, индексации и классификации цифровых изображений, а также производить морфометрический анализ |

| | | | | |
|------|--|--------|--|---|
| | | | | <p>рельефа по данным радарной съемки.</p> <p>Владеть: основными методами работы в геоинформационном программном обеспечении для выполнения предварительной обработки, анализа и картографической визуализации результатов дистанционного зондирования Земли.</p> |
| ПК-5 | Способен реализовывать системы и методы экологического мониторинга, прогнозирования состояния окружающей среды | ПК-5.1 | Выполняет экспертно-аналитические разделы работ в процессе оценки воздействия на окружающую среду, экологической экспертизы и аудита на основе лабораторно-инструментальных и дистанционных методов контроля окружающей среды. | <p>Знать: особенности аэрокосмических снимков, их информационные свойства и способы применения для задач экологического мониторинга окружающей среды;</p> <p>Уметь: обрабатывать и анализировать пространственные данные в ГИС-пакетах, в частности получать необходимую информацию о состоянии атмосферы, поверхностных вод, почв, растительности и населенных мест по данным ДЗЗ;</p> <p>Владеть: основными методиками анализа и интерпретации дистанционных материалов для целей контроля окружающей среды.</p> |

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. — 4 / 144.

Форма промежуточной аттестации – зачет с оценкой.

13. Трудоемкость по видам учебной работы

| Вид учебной работы | Трудоемкость (часы) | |
|------------------------|---------------------|--------------|
| | Всего | По семестрам |
| | | 7 семестр |
| Аудиторные занятия | 64 | 64 |
| в том числе: лекции | 32 | 32 |
| практические | - | - |
| лабораторные | 32 | 32 |
| Самостоятельная работа | 80 | 80 |
| зачет с оценкой | - | - |
| Итого: | 144 | 144 |

13.1 Содержание дисциплины

| № п/п | Наименование раздела дисциплины | Содержание раздела дисциплины | Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК* |
|------------------|---|---|---|
| 1. Лекции | | | |
| 1.1 | Введение в аэрокосмические методы исследования. | История развития дистанционных методов исследования окружающей среды. 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 в целях контроля и мониторинга окружающей среды. | 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 | Данные ДЗЗ, их источники и информационные свойства. | Работа с порталом EarthExplorer геологической службы США. | - |
| 2.2 | | Работа с Порталом открытых данных ДЗЗ Роскосмоса и геосервисом BEGA-Science Института космических исследований РАН. | - |
| 2.3 | Обработка и анализ данных ДЗЗ в целях контроля и мониторинга окружающей среды: анализ и мониторинг литогенной основы ландшафтов. | Морфометрический анализ цифровой модели рельефа SRTM. | - |
| 2.4 | | Анализ радарных данных Sentinel-1 | - |
| 2.5 | Обработка и анализ данных ДЗЗ в целях контроля и мониторинга окружающей среды: мультиспектральные космические снимки. | Расчет вегетационных индексов по данным MODIS, Landsat, Sentinel-2. | - |
| 2.6 | | 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 темы (раздела) дисциплины | Виды занятий (часов) | | | | |
|-------|---|----------------------|--------------|--------------|------------------------|-------|
| | | Лекции | Практические | Лабораторные | Самостоятельная работа | Всего |
| 1 | Введение в аэрокосмические методы исследования. | 8 | - | 8 | 20 | 36 |

| | | | | | | |
|---|--|----|---|----|----|-----|
| 2 | Пространственные данные: общие понятия, структура, форматы, обзор открытых ресурсов. | 8 | - | 8 | 20 | 36 |
| 3 | Данные ДЗЗ, их источники и информационные свойства. | 8 | - | 8 | 20 | 36 |
| 4 | Обработка и анализ данных ДЗЗ в целях контроля и мониторинга окружающей среды. | 8 | - | 8 | 20 | 36 |
| | Итого: | 32 | - | 32 | 80 | 144 |

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, практические и самостоятельные работы.

При подготовке к промежуточной аттестации студенты изучают и конспектируют рекомендуемую преподавателем учебную литературу по темам 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 в сфере геоинформатики и дистанционного зондирования;
- использование лицензионного программного обеспечения для получения навыков работы с ГИС.

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 | 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. |
| 4 | 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. |
| 5 | 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.—31с.— <URL:http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/may07018.pdf>. |

| | |
|---|---|
| 6 | 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.-<URL:http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m16-188.pdf> |
|---|---|

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

| № п/п | Ресурс |
|-------|---|
| 7 | Электронный курс по дисциплине на портале «Электронный университет ВГУ» – Режим доступа: по подписке. – https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9785 |
| 8 | Электронно-библиотечная система "Университетская библиотека online", http://biblioclub.ru/ |

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. -<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.-<URL:http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m16-188.pdf> |
| 3 | Основы геоинформатики: В 2 кн. Кн. 2: Учебное пособие для студ. вузов / Е.Г. Капралов, А.В. Кошкарёв, В.С. Тикунов и др.; Под ред. В.С. Тикунова. – Издательский центр «Академия», 2004. – 352 с. |
| 4 | Трифонов Т. А. Геоинформационные системы и дистанционное зондирование в экологических исследованиях : учебное пособие для студ. вузов, обуч. по экол. специальностям / Т.А. Трифонова, Н.В. Мищенко, А.Н. Краснощеков.— М. : Акад. Проект, 2005 .— 348 с. |
| 5 | Лурье И.К., Косиков А.Г. Теория и практика цифровой обработки изображений // Дистанционное зондирование и географические информационные системы. – М.: Научный мир, 2003. – 220 с. |
| 6 | Лабутина И.А. Дешифрирование аэрокосмических снимков : учебное пособие для студ. вузов, обуч. по специальности "География" / И.А. Лабутина .— М. : Аспект Пресс, 2004 .— 183 с. |
| 7 | Лабутина И.А. Дешифрирование аэрокосмических снимков: учебное пособие для студ. вузов, обуч. по специальности "География" / И.А. Лабутина.— М. : Аспект Пресс, 2004 .— 183 с. |

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

Программные пакеты QGIS, GRASS, SAGA, MS Office для подготовки электронных карт, проведения расчетов, пространственного и статистического анализа экогеоданных на лабораторных занятиях, а также подготовки мультимедиа-презентаций для лекционных, лабораторных занятий и самостоятельной работы студентов.

Программа курса реализуется с применением дистанционных технологий на платформе «Образовательный портал «Электронный университет ВГУ». Режим доступа: по подписке. – <https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9785>.

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Комплект компьютеров с мониторами "Intel Celeron" – лицензионное ПО: OfficeSTD 2013 RUS OLP NL Acdmc, плоттер А4, принтер лазерный HP, принтер струйный HP, сканер планшетный Epson, лицензионное ПО: "MapInfo"; GPS-приемники GIS класса, стереоскопы, планиметры, курвиметры, чертежные инструменты, мультимедиа-проектор Acer, плоттер А4, принтер лазерный HP, принтер струйный HP, сканер планшетный Epson, лицензионное ПО Win 7, "MapInfo"; GPS-приемники GIS класса, стереоскопы, курвиметры, чертежные инструменты и топо-карты.

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 |
|---|--|-------------|----------------------------------|---|
| 1 | Введение в аэрокосмические методы исследования. | ПК-3 | ПК-3.5 | Устный опрос |
| 2 | Пространственные данные: общие понятия, структура, форматы, обзор открытых ресурсов. | ПК-3 | ПК-3.5 | Лабораторные работы, Тест |
| 3 | Данные ДЗЗ, их источники и информационные свойства. | ПК-5 | ПК-5.1 | Лабораторные работы, контрольная работа, Тест |
| 4 | Обработка и анализ данных ДЗЗ в целях контроля и мониторинга окружающей среды. | ПК-5 | ПК-5.1 | Тест |
| Промежуточная аттестация форма контроля – зачет с оценкой | | | | |

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

20.1. Текущий контроль успеваемости

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

- лабораторных работ, выполняемых по тематике:

| |
|---|
| Отбор и загрузка данных ДЗЗ по заданным параметрам на интересующую территорию |
| Морфометрический анализ рельефа по данным радарной топографической съемки SRTM |
| Радиометрическая калибровка и атмосферная коррекция спектрональных космических снимков |
| Создание цветосинтезированных композитных изображений по данным Landsat и Sentinel-2 |
| Расчет индексных изображений по данным ДЗЗ на примере вегетационного индекса NDVI |
| Классификация и семантическая сегментация космических снимков методами машинного обучения |

Критерии оценивания:

зачтено Обучающийся выполнил лабораторную работу, сделал обобщения и выводы, защитил ее результаты путем ответа на дополнительные вопросы преподавателя.

не зачтено Обучающийся не выполнил или частично выполнил лабораторную работу, или не защитил ее результаты, не ответив на дополнительные вопросы преподавателя.

- тестовые задания (пример):

Контрольный тест по курсу "Дистанционные методы контроля окружающей среды", 20 вопросов (правильные ответы выделены жирным шрифтом, критерии оценивания приведены в конце теста):

1. Какой из перечисленных ниже источников данных ДЗЗ не подходит для определения вегетационных индексов?

- a. Landsat 8
- b. Sentinel-2A
- c. Terra Aster

d. Sentinel-1

2. Тип ДЗЗ при котором съемочные системы регистрируют отраженное от исследуемой поверхности излучение солнечного спектра называют:

- a. Солнечно-синхронным

b. Пассивным

- c. Активным
- d. Гиперактивным

3. Данные ДЗЗ с какого источника обладают более высоким временным разрешением?

- a. Landsat 8
- b. Sentinel-2A
- c. Terra Aster

d. Terra MODIS

4. Получение информации об объектах окружающей среды при дистанционном зондировании основано на регистрации и интерпретации:

a. собственного и отраженного электромагнитного излучения

- b. отраженного видимого света
- c. собственного инфракрасного излучения
- d. отраженного электромагнитного излучения

5. Человеческий глаз воспринимает электромагнитное излучение в диапазоне приблизительно:

- a. от 250 до 400 нм
- b. от 400 до 700 нм**
- c. от 800 до 1300 нм
- d. от 0,8 до 3 мкм

6. Если необходимо сделать план городской застройки, какой источник данных ДЗЗ Вы бы предпочли из предложенных?

- a. Landsat 5
- b. Ikonos**
- c. Terra MODIS
- d. Электро-Л

7. Основные результаты ДЗЗ представлены в виде:
- a. Матриц числовых измерений
 - b. Цифровых фотографий
 - c. Аэрокосмических снимков**
 - d. Цветосинтезированных изображений
8. Как называется съемка, при которой значения яркости излучения в видимой, инфракрасной и других зонах спектра, записываются в отдельные каналы изображения?
- a. Высокодетальная съемка
 - b. Панхроматическая съемка
 - c. Стереоскопическая съемка
 - d. Мультиспектральная съемка**
9. Укажите значение, характеризующее данные ДЗЗ высокого пространственного разрешения:
- a. 16 бит/пиксель
 - b. 8 бит/пиксель
 - c. 2,5 м/пиксель**
 - d. 0,8 м/пиксель
10. Укажите значение, характеризующее повышенное радиометрическое разрешение данных ДЗЗ:
- a. 16 бит/пиксель**
 - b. 8 бит/пиксель
 - c. 2,5 м/пиксель
 - d. 0,8 м/пиксельс
11. Если необходимо оперативно картографировать растительность в масштабах всей России, какой источник данных ДЗЗ Вы бы предпочли из предложенных?
- a. Landsat 8
 - b. Sentinel-2A
 - c. Terra MODIS**
 - d. Ресурс-П
12. Какую систему координат имеют данные SRTM, загруженные с EarthExplorer на территорию Воронежа?
- a. Pulkovo 1942 / Gauss-Kruger zone 7
 - b. МСК-36
 - c. WGS 84
 - d. WGS 84 / UTM zone 37N**
13. Данные ДЗЗ с какого источника обладают наиболее высоким спектральным разрешением?
- a. Landsat 8
 - b. Sentinel-2A
 - c. Terra Aster
 - d. EO-1 Hyperion**
14. Если необходимо картографировать тепловое загрязнение от промышленных предприятий, какой источник данных ДЗЗ Вы бы предпочли из предложенных?
- a. Landsat 8**
 - b. Ikonos
 - c. Terra MODIS

- d. Sentinel-2B
15. Укажите какие ГИС установятся на компьютер вместе с QGIS, если загрузить с официального сайта и запустить стандартный установщик QGIS?
- SAGA**
 - GRASS**
 - ArcGIS
 - MapInfo
16. Что происходит с длиной волны (λ) электромагнитного излучения при увеличении его частоты (ν) и энергии фотонов (Q)?
- длина волны растёт при увеличении частоты
 - длина волны не изменяется при увеличении частоты
 - длина волны уменьшается при увеличении частоты**
 - длина волны уменьшается в 1,5 раза при увеличении частоты в 2 раза
17. Последовательность электромагнитных волн по их частотам от гамма-излучения до радиоволн называют:
- Диапазоном
 - Рангом
 - Спектром**
 - Длиной волн
18. Какой из нижеперечисленных индексов, рассчитываемых по спектральному космическим снимкам, предназначен для оценки состояния снежного покрова:
- NDVI
 - NDWI
 - NDSI**
 - SIPI
19. Какой из нижеперечисленных вегетационных индексов, рассчитывается как простое отношение разности показателей яркости в ближней инфракрасной и красной областях спектра к их сумме:
- NDVI**
 - SAVI
 - SIPI
 - EVI
20. RGB-синтез каких каналов спектральной съемки называют космическим изображением в «искусственных цветах»:
- R-красный, G-зеленый, B-синий
 - R-синий, G-красный, B-зеленый
 - R-тепловой канал, G-красный, B-зеленый
 - R-ближний ИК, G-красный, B-зеленый**

Критерии оценивания тестовых заданий:

правильные ответы:

- на 18-20 вопросов – отлично
- на 16-18 вопросов - хорошо
- на 10-15 вопросов - удовлетворительно
- менее, чем на 10 вопросов – неудовлетворительно

1. Тип ДЗЗ при котором съемочные системы регистрируют отраженное от исследуемой поверхности называют:

- а. Гиперактивным
- б. Пассивным**
- в. Активным
- г. Солнечно-синхронным

2. Как называется космическая съемка, при которой значения яркости излучения в видимой, инфракрасной и других зонах спектра, записываются в отдельные каналы изображения? Выберите один ответ:

- а. Стереоскопическая съемка
- б. Мультиспектральная съемка**
- в. Панхроматическая съемка
- г. Высокодетальная съемка

3. Выберите наиболее верное завершение предложения: «Получение информации об объектах окружающей среды при дистанционном зондировании основано на регистрации и интерпретации ...»:

- а. Отраженного видимого света
- б. Собственного инфракрасного излучения
- в. Собственного и отраженного электромагнитного излучения**
- г. Отраженного электромагнитного излучения

4. Если необходимо картографировать тепловое загрязнение от промышленных предприятий, какой источник данных ДЗЗ Вы бы предпочли из предложенных?

- а. Ikonos
- б. Sentinel-2B
- в. Terra MODIS
- г. Landsat 8**

5. Какой из перечисленных ниже источников данных ДЗЗ не подходит для расчета нормализованного разностного вегетационного индекса (NDVI), т.к. не имеет каналов съемки в красной и ближней инфракрасной областях спектра?

- а. Terra MODIS
- б. Sentinel-2A
- в. Sentinel-1**
- г. Landsat 8

6. Укажите какая из компьютерных программ может быть использована для профессиональной работы с данными ДЗЗ?

- а. Excel
- б. ArcGIS**
- в. Paint
- г. PowerPoint

7. Зона спектра электромагнитного излучения с длинами волн в диапазоне около 400-700 нм называется ... - укажите верный вариант:

- а. видимое излучение**
- б. Радиоволновое излучение
- в. Инфракрасное излучение
- г. Ультрафиолетовое излучение

8. Разрешение данных ДЗЗ, определяющее линейные размеры пикселя изображения на местности (например, 30 м/пиксель), называется:

- а. Радиометрическое разрешение
- б. Пространственное разрешение**
- в. Спектральное разрешение
- г. Временное разрешение

9. Для обозначения чего в сфере ДЗЗ часто употребляется аббревиатура «БИК» или ее англоязычный аналог «NIR»?

- а. ближнее инфракрасное излучение**
- б. Блок измерения качества
- в. Банковский идентификационный код
- г. Бесперебойный источник колебаний
- д. Биологически инертный коллоид

10 Укажите 4 существующих вида разрешения для данных ДЗЗ:

- а. Профессиональное
- б. Радиометрическое**
- в. Спектральное**
- г. Пространственное**
- д. Временное**
- е. Любительское

11. Выберите из списка названия, относящиеся к ДЗЗ?

- а. Landsat**
- б. Sentinel**
- в. Ресурс-П**
- г. StarLink
- д. Северный поток
- е. OneWeb

12 Какой из индексов, рассчитываемых в том числе по данным дистанционного зондирования, направлен на характеристику растительного покрова:

- а. NDVI**
- б. TWI
- в. MBI
- г. NDSI

13. Какое из названий не связано с мультиспектральной космической съемкой, но при этом связано с радарной космической съемкой?

- а. Landsat
- б. Канопус-В
- в. Terra Aster
- г. SRTM

14. Получение информации об объектах или явлениях на Земле, без непосредственно контакта с ними, а путем регистрации электромагнитного излучения от них с помощью сенсоров космических или воздухоплавательных аппаратов сокращенно называют ДЗЗ. Как расшифровывается эта аббревиатура?

Впишите правильный ответ: _____

Ответ: дистанционное зондирование Земли

15. Как называется одна из самых популярных компьютерных программ, являющаяся географической информационной системой (ГИС) с открытым исходным кодом, бесплатная и при этом обладающая функционалом не хуже коммерческих аналогов типа ArcGIS или MapInfo? Впишите правильный ответ: _____

Ответ: QGIS

16. Пространственные данные представлены главным образом ГИС-слоями двух типов, один из которых – это растровые слои. Как называются слои второго типа?

Впишите правильный ответ: _____

Ответ: векторные

17. На заре развития дистанционного зондирования Земли СССР были запущены серии спутников ДЗЗ «Ресурс» и «Метеор» - эти программы ДЗЗ поддерживаются госкорпорацией Роскосмос. У Европейского космического агентства есть программа ДЗЗ «Sentinel», а как называется подобная космическая программа и одноименная серия спутников ДЗЗ, основанная в 1970-х гг. в США?

Впишите правильный ответ: _____

Ответ: Landsat

18. По материалам спектральной космической съемки часто рассчитывают индексы, количественно характеризующие объекты или явления на Земле. Один из самых известных таких индексов называется в переводе «нормализованный разностный вегетационный индекс», но боль-

ше он узнаваем в виде англоязычной аббревиатуры – как принято ее записывать?

Впишите правильный ответ: _____

Ответ: **NDVI**

19. Как сокращенно и обобщенно называется зона спектра между видимым светом и микроволновым радиоизлучением, часто используемая для съемки в дистанционном зондировании Земли, а также, например, в пультах для управления бытовой техникой?

Впишите правильный ответ: _____

Ответ: **ИК или инфракрасное излучение**

20. Цифровые аэрокосмические снимки имеют 4 вида разрешений: спектральное, временное, радиометрическое, ... Назовите пропущенный вид разрешения, который характеризует линейные размеры пикселя снимка на местности.

Впишите правильный ответ: _____

Ответ: **пространственное разрешение**

21. Радиометрическое разрешение цифровых аэрокосмических снимков характеризует число градаций яркостей объектов съемки, которые можно записать в пиксель. Например, радиометрическое разрешение снимка с космического аппарата Landsat 7 – 8 единиц, что позволяет кодировать яркость объектов по шкале от 0 – черный, до 255 – белый, а радиометрическое разрешение снимков с аппаратов Landsat 8/9 или Sentinel-2 уже 12 единиц, что позволяет кодировать яркость по шкале от 0 до 4095. В каких единицах измеряется радиометрическое разрешение снимков?

Впишите правильный ответ: _____

Ответ: **бит или бит/пиксель**

Задача 1

По космическому снимку с аппарата Landsat 7 было установлено, что спектральная яркость объекта в красной зоне спектра (RED) составляет в среднем 60 условных единиц, а в ближней инфракрасной зоне спектра (NIR) уже 180 условных единиц. Радиометрическое разрешение каналов снимка Landsat 7 составляет 8 бит/пиксель. Рассчитайте значение нормализованного разностного вегетационного индекса по формуле:

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED)$$

На основе полученного результата дайте заключение, к какому типу подстилающей поверхности скорее всего относится рассматриваемый объект – варианты: А - открытый грунт; Б – степь; В – лес. В качестве ответа приведите значение полученного NDVI и букву соответствующего варианта подстилающей поверхности.

Решение: для расчета нормализованного разностного вегетационного индекса необходимо найти насколько спектральная яркость в ближней инфракрасной области спектра выше яркости в красной зоне спектра, по отношению к значению суммы яркостей объекта в обеих зонах спектра, то есть произвести расчет по следующей формуле: $NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED)$, используя данные значения $NDVI = (180 - 60) / (180 + 60) = 120 / 240 = 0,5$. Такое значение NDVI свидетельствует о большом объеме зеленой биомассы на подстилающей поверхности объекта, что из предложенных вариантов в большей степени соответствует лесной растительности – вариант В.

Ответ: 0,5 В

Задача 2

По цифровым моделям поверхности (DSM), получаемым на основе радарной космической съемки с аппаратов Sentinel-1, определили, что средняя мощность (высота наслоений отходов) полигона ТБО увеличилась за 1 год на 3 м – соответственно, с 5 м, до 8 м. Также изменилась площадь полигона – с 20 до 25 пикселей. Пространственное разрешение DSM составляет 10 м/пиксель. Рассчитайте объем отходов, который был складирован на данном полигоне за рассматриваемый период. Приведите ответ в кубических метрах.

Решение: исходя из указанного пространственного разрешения, 1 пиксель цифровой модели местности соответствует 100 м^2 на реальной местности. Соответственно, исходная площадь полигона составляла 2000 м^2 , а учитывая его среднюю мощность, исходный объем можно принять равным $2000 \text{ м}^2 * 5 \text{ м} = 10000 \text{ м}^3$. Аналогичным образом считаем объем ТБО в полигоне за конечную дату: $25 \text{ пикселей} = 2500 \text{ м}^2$; $2500 \text{ м}^2 * 8 \text{ м} = 20000 \text{ м}^3$. Соответственно, объем отходов, который был складирован на данном полигоне за 1 год = $20000 - 10000 = 10000 \text{ м}^3$

Ответ: 10000 м^3

Задача 3

По космическому снимку с аппарата Landsat 8 было установлено, что спектральная яркость объекта в красной зоне спектра (RED) составляет в среднем 150 условных единиц, а в ближней инфракрасной зоне спектра (NIR) уже 50 условных единиц. Рассчитайте значение нормализованного разностного вегетационного индекса для рассматриваемого объекта по формуле: $NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED)$. На основе результата расчета дайте заключение, к какому типу подстилающей поверхности, скорее всего, относится этот объект из предложенных вариантов: вода, открытый грунт, степь или лес.

Решение: для расчета нормализованного разностного вегетационного индекса необходимо найти разность спектральной яркости в ближней инфракрасной области спектра и яркости в красной зоне спектра, по отношению к значению суммы яркостей объекта в обеих зонах спектра, то есть произвести расчет по следующей формуле: $NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED)$, используя данные значения $NDVI = (50 - 150) / (50 + 150) = -100 / 200 = -0,2$. Такое значение NDVI свидетель-

ствует об отсутствии зеленой биомассы на подстилающей поверхности объекта, что из предложенных вариантов в большей степени соответствует водной поверхности.

Ответ: NDVI = 0,7 (вода)

Задача 4

Отечественный космический аппарат дистанционного зондирования Ресурс-П выполнил два цифровых снимка одной и той же территории: первый снимок – 5 августа, а повторный – 5 сентября того же года. На обоих снимках четко дешифрируется граница песчаного карьера, по изображениям также видно, что вследствие активных разработок площадь карьера выросла. По каждому снимку можно подсчитать количество пикселей, приходящихся на карьер (N). Так для первого снимка $N_1 = 2005$ пикселей, а для второго – $N_2 = 3505$ пикселей. Пространственное разрешение используемых снимков $L = 1$ м/пиксель. Определите, насколько выросла проективная площадь карьера (S) за обозначенный период. Ответ приведите в квадратных метрах.

Решение: из условий задачи ясно, что площадь карьера увеличилась на $N_2 - N_1$ пикселей, то есть на $3505 - 2005 = 1500$ пикселей. Зная пространственное разрешение снимка – 1 м/пиксель – можно, путем возведения этой величины в квадрат, установить, что на 1 пиксель снимка приходится 1 м² на местности. Соответственно, 1500 пикселей на местности будут соответствовать 1500 м².

Ответ: S = 1500 м².

Эссе

Какие преобразования проходит солнечное излучение, используемое для ДЗЗ, прежде чем оно будет запечатлено на цифровом космическом снимке?

Возможный вариант ответа

Фотоны вырываются из Солнца, пролетают примерно 154 млн. км космического пространства и попадают в магнитосферу Земли, далее проходят через слои атмосферы, взаимодействуют с подстилающей поверхностью Земли, при этом поглощаются, рассеиваются и отражаются. Отраженное, рассеянное и собственное излучение от Земли – фотоны – вновь устремляется сквозь атмосферу, но в обратном направлении. В ближнем космосе прорвавшееся излучение может попасть на сенсор космического аппарата ДЗЗ. Сенсор перекодирует интенсивность пойманного излучения (количество фотонов) в цифровую меру (количество электронов) от каждого участка поверхности и записывает в устройство памяти, передает по радиоканалам связи на станции приема. Далее цифровой сигнал переводят в интенсивность свечения пикселей экрана монитора, и оператор может увидеть полученный космический снимок.

20.2. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

- контрольно-измерительных материалов, включающих 2 теоретических вопроса и расчетную аналитическую задачу.

Теоретические вопросы:

1. Общая концепция географических информационных систем (ГИС): определение, история, цели и сфера применения, основополагающие принципы.
2. Обзор основных коммерческих ГИС-пакетов (ArcGIS, MapInfo, ГИС «Панорама»).
3. Обзор основных открытых геоинформационных программных продуктов (QGIS, gvSIG, GRASS, SAGA).
4. Географическое пространство в ГИС: проекции и системы координат.
5. Пространственные данные: понятие, типы, структура, основные форматы.
6. Особенности векторной и растровой моделей представления пространственных данных.
7. Атрибутивные данные, интеграция ГИС и СУБД.
8. Открытые векторные пространственные данные OpenStreetMap (OSM): характеристика, источники, условия пользования.
9. Открытые цифровые модели рельефа SRTM, ASTER GDEM, ETOPO2, их сравнительная характеристика и примеры применения.
10. Основные возможности обработки и анализа пространственных данных в ГИС.
11. Способы интерполяции данных (IDW, TIN, Nearest Neighbor и др.), их различия и особенности применения.
12. Геоинформационное моделирование геодинамических процессов (речной сток, поля рассеивания загрязняющих веществ и т.п.).
13. Особенности и перспективы применения ГИС и данных дистанционного зондирования для решения задач в сфере экологии и природопользования.
14. Мониторинг природных ресурсов с помощью ГИС, ДЗЗ, систем глобального позиционирования GPS/ГЛОНАСС и мобильных приложений.
15. Геоинформационные технологии в сети Интернет.
16. История развития методов дистанционного зондирования.
17. Физические основы дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ).
18. Технические способы осуществления ДЗЗ, примеры съемочных систем.
19. Разрешение данных ДЗЗ: пространственное, радиометрическое, спектральное, временное.
20. Виды космических снимков и съемки. Основные действующие спутники дистанционного зондирования Земли и их данные.
21. Спутниковые снимки Landsat: история программы, космические аппараты, характеристики данных и ресурсы доступа к ним.
22. Радарная топографическая съемка SRTM: краткая история, производная цифровая модель рельефа, ее версии и характеристики.
23. Открытые данные Sentinel: история программы, космические аппараты, характеристики данных и ресурсы доступа к ним.
24. Отечественные космические аппараты дистанционного зондирования, их характеристики и производные данные.
25. Обзор основных коммерческих программ для работы с данными ДЗЗ (ERDAS Imagine, ENVI и др.).
26. Обзор основных открытых сред с возможностями обработки данных ДЗЗ (GRASS, QGIS+OrfeoToolbox, SAGA, R).
27. Коррекция данных ДЗЗ: радиометрическая (калибровка), геометрическая, атмосферная.
28. Основные дешифровочные признаки и методы дешифрирования космических снимков.
29. Автоматизированные методы дешифрирования.
30. Работа с гистограммой и способы улучшения визуального восприятия снимков.

31. Создание и интерпретация цветосинтезированных изображений.
32. Способы классификации цифровых изображений: контролируемая (с обучением), неконтролируемая (без обучения), нечеткая.
33. Текстуальный анализ изображений, матричная алгебра, индексы и их интерпретация (NDVI, NDWI и др.)
34. Глобальные системы позиционирования (ГПС), сравнительная характеристика GPS и ГЛОНАСС.
35. Применение данных ДЗЗ и ГПС для инвентаризации и мониторинга природных ресурсов.

Критерии оценивания ответа:

Отлично

Глубокое знание и понимание предмета, в том числе терминологии и основных понятий; теоретических закономерностей; фактических данных; удельный вес ошибок при контрольном опросе – не более 10%.

Хорошо

Хорошее знание и понимание предмета, в том числе терминологии и теоретических понятий; грамотный ответ на экзамене без принципиальных ошибок; удельный вес ошибок при контрольном опросе от 11 до 35%.

Удовлетворительно

Понимание в целом терминологии и теоретических закономерностей; существенные ошибки при изложении фактического материала; недостаточно логичный и аргументированный ответ на экзамене; удельный вес ошибок при контрольном опросе от 36 до 60%.

Неудовлетворительно

Слабое и недостаточное знание терминологии и фактических данных, принципиальные ошибки при ответе; удельный вес ошибок при контрольном опросе более 60 %.

Расчетные аналитические задачи (примеры) :

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 съемки 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 Quantum GIS.

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 дешифрирования 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 снимка по 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 видимого 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 то же 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 зелено-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 малоприспособлена 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 влажности почв. Растительность в синих тонах. |

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.

Технология проведения промежуточной аттестации включает случайный выбор КИМа, подготовку и устный ответ по теоретическим вопросам/, а также решение расчетной задачи с использованием вычислительной техники.

Описание критериев и шкалы оценивания компетенций (результатов обучения) при промежуточной аттестации:

для оценивания результатов обучения на зачете с оценкой используются следующие критерии:

- владение понятийным аппаратом данной области науки (дистанционное зондирование Земли);
- способность 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.

Для оценивания результатов обучения на экзамене используется 4-балльная шкала: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

| Критерии оценивания компетенций | Уровень сформированности компетенций | Шкала оценок |
|--|--------------------------------------|----------------------------|
| <p>Обучающийся в полной мере владеет понятийным аппаратом данной области науки (геоинформационные технологии и основы дистанционного зондирования Земли), 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.</p> <p>Обучающийся демонстрирует навыки свободного владения интерфейсом и функционалом ГИС программ при выполнении лабораторных, практических и контрольных работ, способен по памяти воспроизвести алгоритмы обработки данных ДЗЗ в ГИС.</p> | <i>Повышенный уровень</i> | <i>Отлично</i> |
| <p>Обучающийся владеет понятийным аппаратом данной области науки (геоинформационные технологии и основы дистанционного зондирования Земли), способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований; допускает ошибки в интерпретации результатов обработки и анализа пространственных данных, в том числе данных ДЗЗ.</p> <p>Обучающийся демонстрирует навыки уверенного владения интерфейсом и функционалом ГИС программ при выполнении лабораторных, практических и контрольных работ.</p> | <i>Базовый уровень</i> | <i>Хорошо</i> |
| <p>Обучающийся владеет частично теоретическими основами дисциплины, фрагментарно способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований; не умеет грамотно применять алгоритмы обработки и анализа пространственных данных в ГИС, в том числе данных ДЗЗ.</p> | <i>Пороговый уровень</i> | <i>Удовлетворительно</i> |
| <p>Ответ на контрольно-измерительный материал содержит существенные ошибки. Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, не умеет применять алгоритмы обработки и анализа пространственных данных.</p> | – | <i>Неудовлетворительно</i> |