

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СТАВРОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ИНСТИТУТ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Центр опережающей
профессиональной подготовки

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по дополнительному
образованию

Федору ВО Ставропольский ГАУ,
профессор



О.М. Лисова

2026 г.

Категория обучающихся: специалисты
в области дистанционного
зондирования Земли, геоинформатики,
экологии, сельского хозяйства,
геологии; научно-педагогические
работники, аспиранты, магистранты,
сотрудники профильных организаций.

Дополнительная профессиональная программа
повышения квалификации
**«Обработка и анализ гиперспектральных данных, получаемых при
проведения мониторинга и диагностики заболеваний
сельскохозяйственных культур с применением БПЛА»**

г. Ставрополь, 2026 год

Дополнительная профессиональная программа повышения квалификации «Обработка и анализ гиперспектральных данных, получаемых при проведении мониторинга и диагностики заболеваний сельскохозяйственных культур с применением БПЛА» рассмотрена и утверждена учебно-методической комиссией Центра опережающей профессиональной подготовки (протокол № ___ от _____ 20__ г.).

Нормативные правовые основания разработки программы:

- Федеральный закон от 29 декабря 2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации»;

- приказ Министерства образования и науки Российской Федерации от 1 июля 2013 г. № 499 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по дополнительным профессиональным программам»;

- требования профессиональных стандартов в части необходимости непрерывного повышения квалификации специалистов, работающих с технологиями дистанционного зондирования и геоинформационными системами.

Трудоемкость (час)

Контактные, из них:	7
- Лекции	1
- Практические, лабораторные и семинарские занятия	6
- Стажировка (если программа полностью в форме стажировки)	-
Дистанционные занятия, из них:	7
- Лекции	3
- Практические, лабораторные и семинарские занятия	4
Самостоятельная работа слушателей	-
Итоговая аттестация	2
ВСЕГО:	16

Пояснительная записка

Гиперспектральная съёмка является одним из наиболее информативных методов дистанционного зондирования Земли. Данные, получаемые с помощью гиперспектральных камер (сотни узких спектральных каналов), позволяют решать широкий круг задач: от оценки состояния посевов и мониторинга экосистем до картирования минералов и выявления чрезвычайных ситуаций. Эффективное использование таких данных требует специальных знаний и навыков предварительной обработки, анализа и интерпретации.

Программа направлена на формирование у слушателей практических компетенций по работе с гиперспектральными данными – от планирования полётной миссии и калибровки до классификации, расчёта индексов и подготовки отчётных материалов.

1. Цель реализации программы

Целью реализации Программы является совершенствование компетенций слушателей, необходимых для профессиональной обработки гиперспектральных данных, включая предпроцессинг, анализ гиперкуба, применение методов классификации и создание картографической продукции.

2. Планируемые результаты обучения (освоение компетенций)

Формируемые компетенции	Показатели освоения компетенции		
	Знания	Умения	Практический опыт
Способность выполнять полный цикл обработки гиперспектральных данных от планирования съёмки до создания отчётных карт	– физические основы гиперспектральной съёмки; – технические характеристики оборудования; – этапы предпроцессинга (радиометрическая, атмосферная, геометрическая коррекция); – алгоритмы классификации и спектральные индексы.	– рассчитывать параметры полётного задания; – выполнять калибровку и ортотрансформирование; – рассчитывать вегетационные и специализированные индексы; – строить спектральные профили; – применять алгоритмы машинного обучения для классификации.	– навыками работы в ПО FigSpec Studio, QGIS (с плагином EnMAP Box), SAGA GIS; – опытом создания карт и отчётов по результатам анализа гиперспектральных данных.

3. 3. Учебный план

дополнительной профессиональной программы повышения квалификации «Обработка и анализ гиперспектральных данных, получаемых при проведении мониторинга и диагностики заболеваний сельскохозяйственных культур с применением БПЛА»

Категория слушателей: специалисты в области ДЗЗ, геоинформатики, экологии, сельского хозяйства, геологии; научно-педагогические работники, аспиранты, магистранты.

Срок обучения: 16 часов

Форма обучения: очно-заочная (с применением дистанционных образовательных технологий).

№ п/п	Наименование разделов / модулей / тем	Всего (час)	Лекции	Практические занятия, лабораторные, семинары	Дистанционное обучение (в том числе)		СРС	Промежуточная / Итоговая аттестация
					Лекции	Практические занятия, лабораторные, семинары		
1.	Модуль 1. Введение и основы гиперспектральной съемки	2			1	1		
2.	Модуль 2. Планирование миссии и полевые работы	2			1	1		
3.	Модуль 3. Первичная обработка данных (предпроцессинг)	3			1	2		
4.	Модуль 4. Анализ гиперкуба и извлечение признаков	3	1	2				
5.	Модуль 5. Неконтролируемая и контролируемая классификации	2		2				
6.	Модуль 6. Прикладные сценарии и кейсы использования	2		2				
	Итоговая аттестация – зачет	2						2
	Итого:	16	1	6	3	4		2

3.1. Учебно-тематический план
дополнительной профессиональной программы повышения квалификации
«Обработка и анализ гиперспектральных данных, получаемых при
проведения мониторинга и диагностики заболеваний
сельскохозяйственных культур с применением БПЛА»

№ п/п	Наименование разделов / модулей / тем	Всего (час)	Лекции	Практические занятия, лабораторные, семинары	Дистанционное обучение (в том числе)		СРС	Промежуточная / Итоговая аттестация
					Лекции	Практические занятия, лабораторные,		
1.	Модуль 1. Введение и основы гиперспектральной съёмки	2	–	–	1	1		
1.1.	Физические основы, отличие от мультиспектральной съёмки, технические характеристики камер.	1	–	–	1	–		
1.2.	Дистанционное практическое занятие: знакомство с гиперспектральными данными (интерфейс FigSpec Studio, просмотр гиперкуба).	1	–	–	–	1		
2.	Модуль 2. Планирование миссии и полевые работы	2	–	–	1	1		
2.1.	Выбор параметров съёмки, калибровка, типичные ошибки.	1	–	–	1	–		
2.2.	Дистанционное практическое занятие: расчёт параметров полёта для БПЛА в ПО FigSpec Studio.	1	–	–	–	1		
3.	Модуль 3. Первичная обработка данных (предпроцессинг)	3	–	–	1	2		
3.1.	Радиометрическая, атмосферная, геометрическая коррекция. Сшивка снимков.	1	–	–	1	–		
3.2.	Дистанционное практическое занятие: импорт данных, калибровка по эталонной панели.	1	–	–	–	1		
3.3.	Дистанционное практическое занятие: геометрическая привязка и ортотрансформирование в QGIS.	1	–	–	–	1		
4.	Модуль 4. Анализ гиперкуба и извлечение признаков	3	1	2	–	–		
4.1.	Визуализация гиперкуба, расчёт вегетационных и специализированных индексов.	1	1	–	–	–		
4.2.	Очное практическое занятие: построение спектральных профилей, расчёт NDVI и PRI в QGIS + EnMAP Vox.	2	–	2	–	–		
5.	Модуль 5. Неконтролируемая и контролируемая классификации	2	–	2	–	–		

5.1.	Очное практическое занятие: алгоритмы классификации (SAM, Random Forest). Подготовка обучающих выборок.	1	–	1	–	–		
5.2.	Очное практическое занятие: классификация гиперкуба, векторизация, создание карты.	1	–	1	–	–		
6.	Модуль 6. Прикладные сценарии и кейсы использования	2	–	2	–	–		
6.1.	Очное практическое занятие: разбор кейсов (сельское хозяйство, экология, геология, водные объекты, ЧС).	1	–	1	–	–		
6.2.	Очное практическое занятие: групповая работа с реальными данными (агрономия / геология / экология).	1	–	1	–	–		
	Итоговая аттестация – зачет	2						2
	Итого:	16	1	6	3	4		2

3.2. Учебная программа

дополнительной профессиональной программы повышения квалификации «**Обработка и анализ гиперспектральных данных, получаемых при проведении мониторинга и диагностики заболеваний сельскохозяйственных культур с применением БПЛА**»

Модуль 1. Введение и основы гиперспектральной съёмки (дистанционно)

Тема 1.1. Физические основы, отличие от мультиспектральной и RGB-съёмки. Принцип работы гиперспектральной камеры: спектральный диапазон 400–1000 нм, разрешение $\leq 2,5$ нм, количество каналов. Типовые задачи: сельское хозяйство, экология, геология, мониторинг ЧС. (лекция – 1 ч)

Тема 1.2. Дистанционное практическое занятие: знакомство с гиперспектральными данными. Открытие гиперкуба в ПО FigSpec Studio, навигация по каналам, визуализация композитов. (практика – 1 ч)

Модуль 2. Планирование миссии и полевые работы (дистанционно)

Тема 2.1. Выбор параметров съёмки. Высота полёта, скорость, перекрытие, учёт освещения. Калибровка с использованием эталонных панелей. Синхронизация GPS/RTK, временные метки. Типичные ошибки при съёмке. (лекция – 1 ч)

Тема 2.2. Дистанционное практическое занятие: расчёт параметров полёта. Работа в ПО FigSpec Studio: ввод характеристик камеры, расчёт высоты и скорости для достижения заданного пространственного разрешения. (практика – 1 ч)

Модуль 3. Первичная обработка данных (предпроцессинг) (дистанционно)

Тема 3.1. Этапы предпроцессинга. Радиометрическая коррекция (перевод в отражательную способность). Атмосферная коррекция.

Геометрическая привязка и ортотрансформирование. Сшивка снимков (мозанка) и устранение артефактов. Экспорт в GeoTIFF, HDF5. (лекция – 1 ч)

Тема 3.2. Дистанционное практическое занятие: импорт и калибровка. Импорт сырых данных в FigSpec Studio 2.0, применение радиометрической калибровки по эталонной панели, экспорт в GeoTIFF. (практика – 1 ч)

Тема 3.3. Дистанционное практическое занятие: геометрическая привязка. Создание мозаики и ортотрансформирование в QGIS с использованием плагина EnMAP Box. (практика – 1 ч)

Модуль 4. Анализ гиперкуба и извлечение признаков (очный)

Тема 4.1. Визуализация и расчёт индексов. Методы визуализации гиперкуба (композиции, ложные цвета). Расчёт вегетационных индексов (NDVI, NDWI, EVI) и специализированных гиперспектральных индексов (PRI, CRSI, Anthocyanin Reflectance Index). Создание пользовательских индексов. (лекция – 1 ч)

Тема 4.2. Очное практическое занятие: спектральные профили и индексы. Построение спектральных профилей для ROI. Расчёт NDVI и PRI в QGIS (плагин EnMAP Box). Создание картограмм распределения индексов. (практика – 2 ч)

Модуль 5. Неконтролируемая и контролируемая классификации (очный)

Тема 5.1. Очное практическое занятие: алгоритмы классификации. Подготовка обучающих выборок. Обзор алгоритмов: k-means, ISODATA, спектральный угол (SAM), случайные леса (Random Forest). Выполнение классификации методом SAM. (практика – 1 ч)

Тема 5.2. Очное практическое занятие: векторизация и картографирование. Классификация методом Random Forest. Векторизация результатов (экспорт в Shapefile, GeoJSON). Оформление отчётной карты и легенды в QGIS. (практика – 1 ч)

Модуль 6. Прикладные сценарии и кейсы использования (очный)

Тема 6.1. Очное практическое занятие: разбор кейсов. Сельское хозяйство (оценка состояния посевов, стресс), экология (мониторинг растительности, инвазивные виды), геология (картирование минералов), водные объекты (качество воды, цветение водорослей), ЧС (гари, подтопления, загрязнения). Разбор реальных данных. (практика – 1 ч)

Тема 6.2. Очное практическое занятие: групповая работа. Слушатели под руководством преподавателя обрабатывают один из предоставленных наборов данных (агрономия, геология или экология) и формулируют выводы. (практика – 1 ч)

Модуль 7. Итоговая проверка знаний (очный)

Тема 7.1. Итоговая аттестация – зачет. Защита итогового проекта: комплексная обработка гиперспектрального датасета (калибровка, индексы, классификация, карта) и ответы на теоретические вопросы. (2 ч)

4. Организационно-педагогические условия

К проведению занятий по программе повышения квалификации допускаются штатные преподаватели вуза (внутренние и внешние совместители) с соответствующей квалификацией (наличие учёной степени, опыт работы с гиперспектральными данными и программным обеспечением), а также приглашённые специалисты из профильных организаций.

4.1. Материально-технические условия реализации программы

Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий	Вид занятий	Наименование оборудования, программного обеспечения
Компьютерный класс (аудитория 218, здание ИДПО)	Лекционные занятия (очные)	Компьютер, мультимедийный проектор, экран, доска
Компьютерный класс (аудитория 218, здание ИДПО)	Очные практические занятия	Компьютеры с доступом в Интернет, ПО: FigSpec Studio 2.0, FigSpec Merge, QGIS (с плагином EnMAP Box), SAGA GIS
–	Дистанционные занятия	Платформа для проведения вебинаров (BigBlueButton, Zoom или аналог), система дистанционного обучения (LMS) с доступом к видеолекциям, практическим заданиям и данным. Слушатели используют собственное ПО (лицензионное или демонстрационное) либо предоставленное вузом удалённо.

4.2. Календарный учебный график

Период обучения (дни)	Формат	Наименование модуля (раздела, темы)
День 1	Дистанционный	Модуль 1 (лекция + практика), Модуль 2 (лекция + практика)
День 2	Дистанционный	Модуль 3 (лекция + две практики)
День 3	Очный	Модуль 4 (лекция + практика – 3 ч), Модуль 5 (практика – 2 ч)
День 4	Очный	Модуль 6 (практика – 2 ч), подготовка к итоговой аттестации (самостоятельно в рамках очного дня)
День 5	Очный	Итоговая аттестация (зачет – 2 ч)

Точный порядок реализации модулей определяется в расписании занятий. |

5. Учебно-методическое обеспечение программы

№ п/п	Наименование модулей / тем	Учебно-методическое обеспечение
1.	Модуль 1. Введение и основы гиперспектральной съёмки	– Документация FigSpec Studio 2.0. – Шовенгердт Р. Дистанционное зондирование. Модели и методы обработки изображений. – М.: Техносфера, 2010.
2.		– Методические указания по планированию съёмок с БПЛА.

	Модуль 2. Планирование миссии и полевые работы	– Видеолекции по калибровке отражательных панелей.
3.	Модуль 3. Первичная обработка данных	– Руководство пользователя FigSpec Studio 2.0. – Обучающие материалы по плагину EnMAP Box для QGIS.
4.	Модуль 4. Анализ гиперкуба и извлечение признаков	– Chandra S. et al. Hyperspectral Remote Sensing: Theory and Applications. – Elsevier, 2020. – Практикум по расчёту индексов в QGIS.
5.	Модуль 5. Классификация данных	– Учебное пособие по машинному обучению для ДЗЗ. – Примеры обучающих выборок и классификации.
6.	Модуль 6. Прикладные сценарии и кейсы	– Сборник кейсов по применению гиперспектральных данных (внутренний ресурс). – Наборы реальных данных для практики.
7.	Модуль 7. Итоговая проверка знаний	– Фонд оценочных средств (вопросы к зачёту, шаблоны отчётов).

6. Оценка качества освоения программы

6.1. Форма аттестации

Итоговая аттестация проводится в форме устного зачёта с защитой итогового проекта. Слушатель демонстрирует результаты обработки гиперспектрального датасета (от калибровки до классификации и карты) и отвечает на теоретические вопросы по программе.

Результат оценивается как «зачтено» (полные и аргументированные ответы, корректно выполненный проект) или «не зачтено».

6.2. Оценочные средства (примерные вопросы и задания)

1. Теоретические вопросы:

- Что такое гиперспектральная съёмка? Чем она отличается от мультиспектральной?
- Назовите основные этапы предпроцессинга гиперспектральных данных.
- Для чего нужна радиометрическая коррекция? Как она выполняется?
- Какие алгоритмы классификации применяются для анализа гиперкубов? Опишите принцип работы SAM.
- Приведите примеры вегетационных и специализированных гиперспектральных индексов. Для решения каких задач они используются?
- Какие параметры съёмки необходимо учитывать при планировании полёта с гиперспектральной камерой?

2. Практическое задание (итоговый проект):

Слушатель получает набор сырых гиперспектральных данных (сценарий: агрономия, геология или экология) и выполняет:


- калибровку и геометрическую привязку;
- расчёт не менее двух индексов;
- классификацию выделенных объектов;
- создание карты с легендой и краткого отчёта по результатам.

Защита проекта включает демонстрацию выполненных этапов и обоснование выбора методов.

7. Список рекомендуемой литературы

1. Шовенгердт Р. Дистанционное зондирование. Модели и методы обработки изображений. – М.: Техносфера, 2010. – 560 с.
2. Chandra S., et al. Hyperspectral Remote Sensing: Theory and Applications. – Elsevier, 2020. – 456 p.
3. Официальная документация FigSpec Studio 2.0 / FigSpec Merge. – [сайт производителя].
4. Плагин EnMAP Box для QGIS: руководство пользователя. – https://enmap-box.readthedocs.io
5. SAGA GIS: документация и учебные примеры. – http://www.saga-gis.org
6. Методические пособия Центра опережающей профессиональной подготовки Ставропольского ГАУ по обработке данных ДЗЗ.

Составители программы:

Зам. директора ИДПО, доцент _____  А.В. Панкратов

Специалист по УМР ФПК ИДПО _____  О.П. Григорьева