

Двадцатая международная конференция
"СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА"

**Сравнение и кросс-валидация мультиспектральных данных спутника «Канопус-В» №3 и
китайского спутника GF-1C**

Феоктистова Н.В.

Научно-исследовательский институт аэрокосмического мониторинга «АЭРОКОСМОС»
Москва, 2022

Введение

Работы по сравнению и кросс-валидации данных спутников серии «Канопус-В» с данными спутников серии Landsat и Sentinel проводились в работах [А. С. Стремов, 2019, А. С. Стремов, 2021, А. С. Стремов, В. П. Коваленко, А. А. Михеев, 2018 и др.]. В результате экспериментов установлена сопоставимость измерений различными спектральными каналами величин эффективной спектральной плотности энергетической яркости (СПЭЯ) МСС «Канопус-В» с измерениями радиометра MSI (Sentinel-2) и OLI/ETM+ Landsat. Предложена методика оценки поправочных коэффициентов данных МСС и ETM+, обеспечивающая соизмеримость величин исследуемых информационных продуктов. Однако, полученные результаты не учитывали влияния атмосферы при кросс-калибровке, поэтому фиксируемая относительная ошибка имеет завышенное значение. Это не позволяет сопоставлять и использовать совместно такие информационные продукты как отражательная способность поверхности (surface reflectance) и различные индексы, в том числе NDVI.

Характеристики съемочной аппаратуры спутников GF-1C и «Канопус-В» №3

Для сравнения и кросс-валидации информационных продуктов, полученных с российских и китайских спутников, были выбраны синхронные изображения GF-1C и «Канопус-В» №3 для тестового региона (территория республики Саха), полученные 29 июля 2021 г. Общая площадь пары изображений составила 886,8 км².

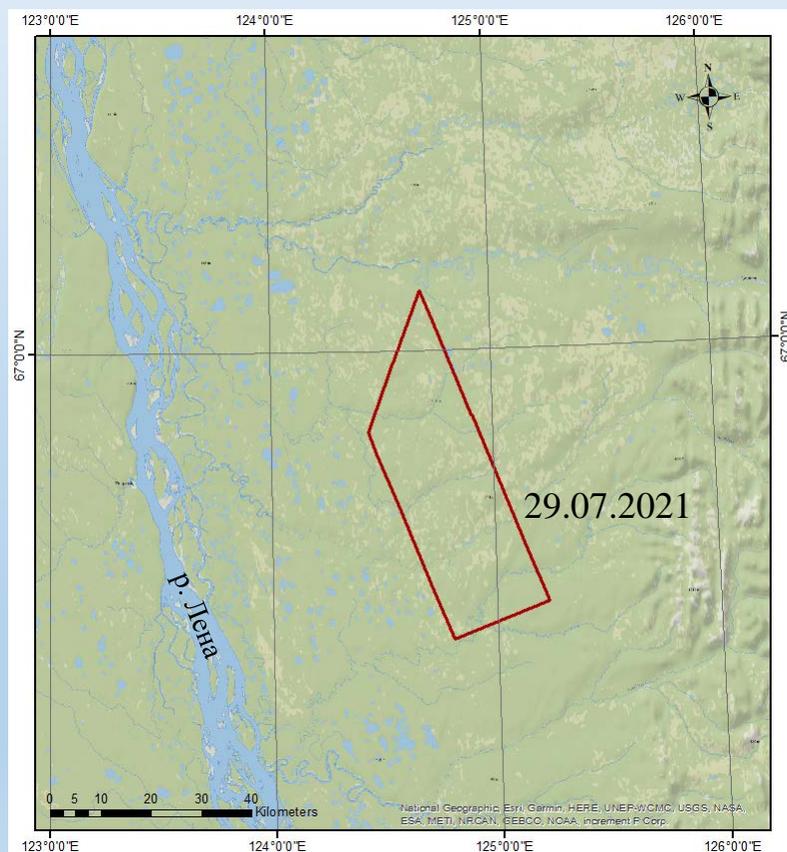


Схема покрытия территории съемкой со спутника «Канопус-В» №3

Радиометрическое разрешение прибора PMS спутников серии GF-1 составляет 10 бит, аппаратуры МСС спутников «Канопус-В» 8 бит. Условия съемки для исследуемой пары изображений представлены в Таблице 2. Разница во времени съемки составляет более 1,5 часов, есть небольшая разница в освещении. Однако, пару изображений можно считать квазисинхронной для проведения валидации.

Параметры съемочной аппаратуры спутников GF-1C и «Канопус-В» №3

GF-1C, PMS			«Канопус-В» №3, МСС		
канал №	Спектральный диапазон (мкм)	Разрешение (м)/ охват (км)	канал №	Спектральный диапазон (мкм)	Разрешение (м)/ охват (км)
1	0,450-0,520	8/66	1	0,460-0,520	10/40
2	0,520-0,590		2	0,510-0,590	
3	0,63-0,69		3	0,630-0,690	
4	0,77-0,89		4	0,750-0,840	

Характеристики съемочной аппаратуры спутников GF-1C и «Канопус-В» №3 практически идентичны, оба датчика имеют 4 спектральных диапазона: синий, зеленый, красный и ближний ИК, который у аппаратуры PMS шире.

Условия съемки пары изображений GF-1C и «Канопус-В» №3

Спутник, сенсор	Дата	Время (UTC)	Азимутальный угол Солнца	Зенитный угол Солнца
GF-1C, PMS	29.07.21	3:38	177-179	47-49
«Канопус-В» №3, МСС		1:53	145	51,3

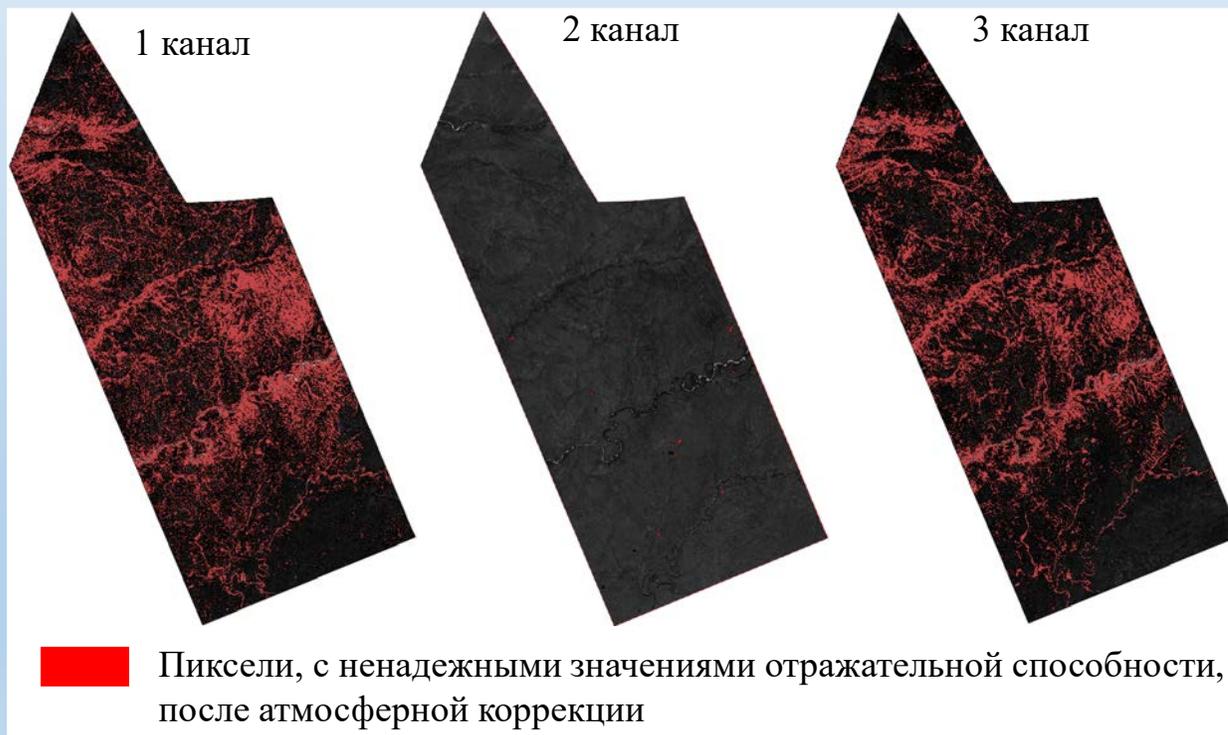
Предварительная обработка данных «Канопус-В» №3 и анализ полученных информационных продуктов.

Изображения со спутника «Канопус-В» №3, подлежащие радиометрической обработке (уровень 1, 2А, 2А1) ортотрансформированные и перепроецирование в проекцию UTM (зона 51N), были заказаны через Геопортал (gptl.ru). Предварительная обработка этих изображений для получения продукта со значениями отражающей способности поверхности включала радиометрическую и атмосферную коррекцию, пространственную совместную привязку с данными GF-1С с субпиксельной точностью.

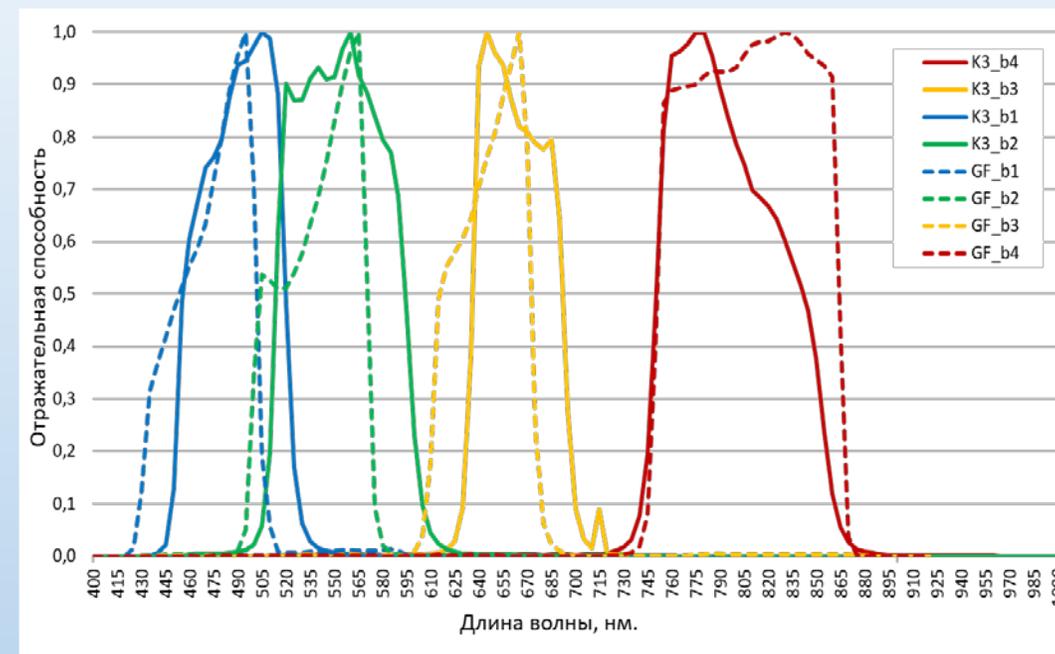
Атмосферная коррекция проводилась с использованием модели быстрого атмосферного анализа спектральных гиперкубов (FLAASH). Все операции выполнялись в ПО ENVI 5.2. Коэффициенты для радиометрической калибровки и файлы функций спектрального отклика были предоставлены Научным Центром Оперативного Мониторинга Земли (НЦОМЗ).

После проведения атмосферной коррекции пиксели со значениями ниже нуля были исключены для каждого спектрального канала данных МСС. Анализ изображения показал, что эти пиксели соответствуют сильно отражающим поверхностям, таким как песок, а также участкам с низким уровнем яркости, как например, глубокая вода и тени. FLAASH не может точно смоделировать коэффициент отражения для этих пикселей, это означает что для этих пикселей результаты ненадежны и поэтому должны быть исключены.

Для 1 и 3 каналов количество пикселей, с ненадежными значениями отражательной способности достигает критического уровня в 30-50% (см. рисунок). Это может быть связано с постепенным ухудшением радиометрического разрешения прибора с увеличением срока эксплуатации. Так, например, для 1 канала диапазон значений яркости (DN) составил всего 99 значений.



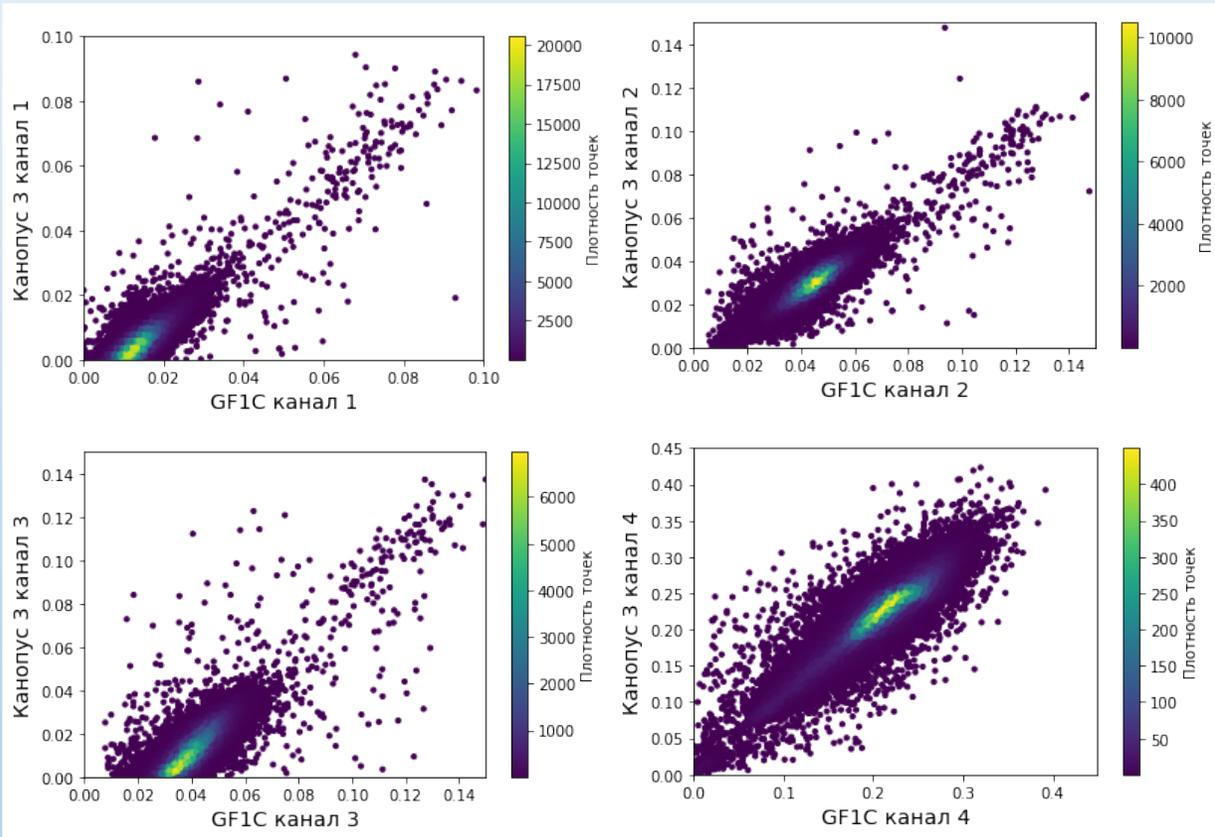
Сравнение спектральных профилей датчика PMS (GF-1C) и датчика МСС («Канопус-В» №3)



Сравнение функций спектрального отклика для исследуемых приборов показало смещение полос видимого диапазона относительно друг друга. Функции спектрального отклика близки для ближнего ИК диапазона, но для датчика МСС характерно резкое снижение чувствительности после 775нм.

Исследование взаимосвязи значений информационных продуктов, получаемых с датчиков PMS и MCC

Результаты сопоставления значений отражательной способности поверхности (surface reflectance), полученные по эталонным данным GF-1 и целевым «Канопус-В» №3



Результаты взаимного попиксельного сопоставления спутниковых изображений, полученных датчиками PMS и MCC

канал	Коэффициенты регрессии $K3 = a + b * GF1C$		Коэффициенты регрессии $GF1C = a + b * K3$		R^2	n	среднее GF1C	среднее K3
	a	b	a	b				
1	-0.006711	0.860768	0.009633	0.812604	0.836339	6278689	0.013906	0.005259
2	-0.004689	0.780140	0.017040	0.916581	0.845613	8838329	0.044720	0.030199
3	-0.027059	0.973629	0.031621	0.696871	0.823708	6865490	0.039702	0.011596
4	0.028686	0.925132	0.006385	0.911182	0.918130	8845174	0.207106	0.220287

Наибольшая корреляция ($R^2 > 0,91$) обнаружена между БИК каналами датчиков PMS и MCC. Коэффициент детерминации R^2 для синего, зеленого и красного каналов находится в пределах 0,82 - 0,85. Это говорит о значительной степени корреляции между данными, однако, большое количество пропущенных значений не позволяет использовать данные синего и красного каналов в тематической обработке и делает невозможным расчет индекса NDVI. Также стоит отметить значительное расхождение средних значений отражательной способности в первых трех каналах.

Выводы

В результате атмосферной коррекции данных прибора МСС спутника "Канопус-В" был получен информационный продукт отражательной способности поверхности в 4 спектральных диапазонах. Кросс-валидация с данными китайского спутника GF-1С показала значительную (синий, зеленый и красный диапазоны) и очень хорошую (БИК диапазон) корреляцию между продуктами. Однако в результате атмосферной коррекции методом FLAASH для синего и красного спектральных диапазонов значительное количество пикселей имеют ненадежный результат, что делает невозможным использование данных этих каналов в тематической обработке. Это может быть связано с низким радиометрическим разрешением данных МСС или высоким значением азимутального угла Солнца при съемке. Можно также предположить, что метод FLAASH не подходит для обработки данных МСС. Необходимо исследовать возможность атмосферной коррекции данных МСС, в том числе с других спутников серии "Канопус-В", другими методами.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ, MOST (Китай) и DST (Индия) в рамках научного проекта № 19-55-80021

Литература

1. Стремов А. С. Эксперимент по сопоставлению данных МСС группировки КА "Канопус-В" / А. С. Стремов, А. И. Васильев // Материалы 17-й Всероссийской открытой конференции "Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса", Москва, 11–15 ноября 2019 года / Институт космических исследований Российской академии наук. – Москва: Институт космических исследований Российской академии наук, 2019. – С. 511. – EDN ZIRPVK.,
2. Стремов А. С. Методика оценки сопоставимости измерений радиометром МСС группировки КА "Канопус-В" на основе съёмки природных калибровочных полигонов / А. С. Стремов, А. И. Васильев // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2021. – Т. 18. – № 1. – С. 19-30. – DOI 10.21046/2070-7401-2021-18-1-19-30. – EDN ATENDL.,
3. Васильев А. И., Стремов А. С., Коваленко В. П., Михеев А. А. Методика сопоставления базовых продуктов МСС КА "Канопус-В" и Landsat ETM+ // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2018. – Т. 15. – № 4. – С. 36-48. – DOI 10.21046/2070-7401-2018-15-4-36-48. – EDN XYNEST.
4. Сайт Геопортала НЦОМЗ (gptl.ru)