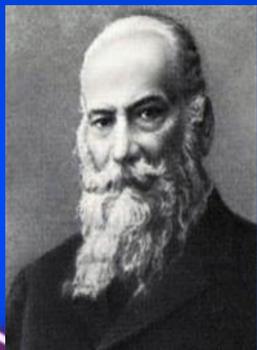




**ВОЕННЫЙ УЧЕБНО-НАУЧНЫЙ ЦЕНТР ВОЕННО-ВОЗДУШНЫХ СИЛ  
«ВОЕННО-ВОЗДУШНАЯ АКАДЕМИЯ  
ИМЕНИ ПРОФЕССОРА Н.Е. ЖУКОВСКОГО И Ю.А. ГАГАРИНА»**



## **Диагноз степени выраженности и прогноз эволюции атмосферных фронтов по данным спутникового зондирования**



**К.г.н., доцент Расторгуев Игорь Поликарпович  
Божко Алексей Сергеевич**



## Цель работы и исходные данные

**Цель работы:** разработка методики диагноза степени выраженности и прогноза эволюции атмосферных фронтов по данным спутникового зондирования.

**Исходные данные:** спутниковые снимки с полярно-орбитальных отечественных и зарубежных специализированных космических аппаратов в цифровом формате со средней дискретностью около двух часов.



# Используемый понятийный аппарат

Градации степени выраженности атмосферных фронтов :

- 1 - «активный»,
- 2 - «умеренный» (средней степени выраженности),
- 3 – «размытый».

Градации эволюции атмосферных фронтов:

- 1 – «обостряющийся»,
- 2 – «стационарный» (без существенных изменений)
- 3 – «размывающийся».



## Показатели выраженности атмосферных фронтов:

максимальная протяжённость зоны фронтальных осадков;

максимальная интенсивность осадков (по минимальной дальности видимости в зоне осадков);

максимальная вертикальная мощность облачности;

контраст температур во фронтальной зоне на уровне 1,5 км (по  $AT_{850}$ ),

контраст температур в слое от поверхности Земли до высоты 5-6 км (по  $OT_{500/1000}$ );

минимальные значения дефицита точки росы на уровнях 1,5; 3; 5,5 км (изобарические уровни 850, 700, 500 гПа).

Показатели эволюции АФ – значения изменения представленных характеристик за 12-часовой интервал времени.



# Пример спектра яркостных температур обостряющегося холодного фронта

HRPT Reader - N17\_150906122911s (16 bit raw HRPT format)

File Options View Language Help

All Ch1 Ch2 Ch3 Ch4 Ch5 False colour RGB User NOAA Paletted Temperature SST Vegetation Ch.4 - Ch.5 Fire Overlay

RGB

Red

1  6  
 2  7  
 3  8  
 4  9  
 5  10

Green

1  6  
 2  7  
 3  8  
 4  9  
 5  10

Blue

1  6  
 2  7  
 3  8  
 4  9  
 5  10

Stretch

Adjust

Multi-channel histogram - HRPT Reader - N17\_150906122911s (16 bit raw HRPT format)

Ch 1		Ch 6	
Ch 2		Ch 7	
Ch 3		Ch 8	
Ch 4		Ch 9	
Ch 5		Ch 10	

Red marks indicate 0.25% and 99.85% limits

Close

Click to make temperature units °F

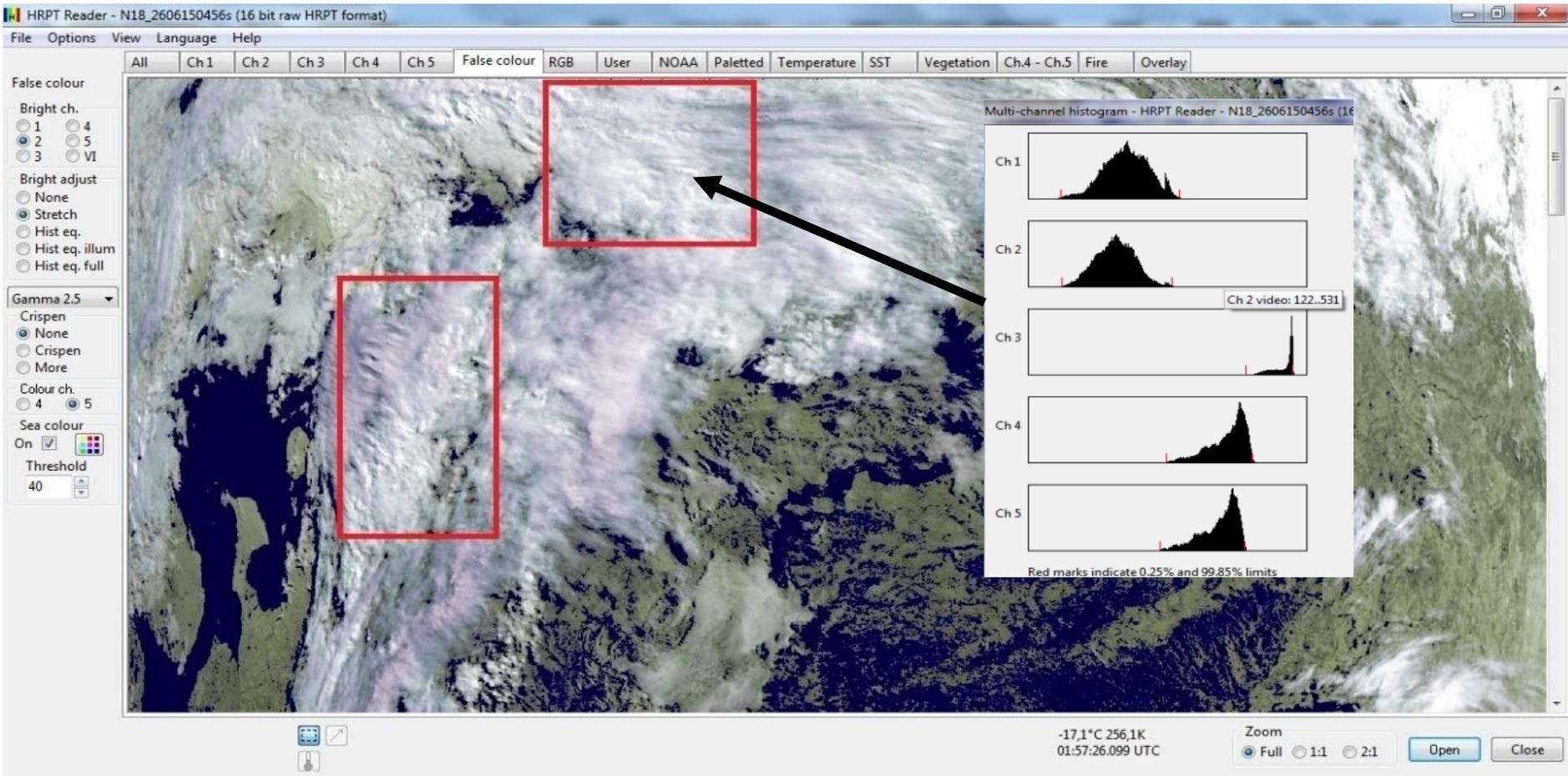
Zoom

Full  1:1  2:1

Open Close



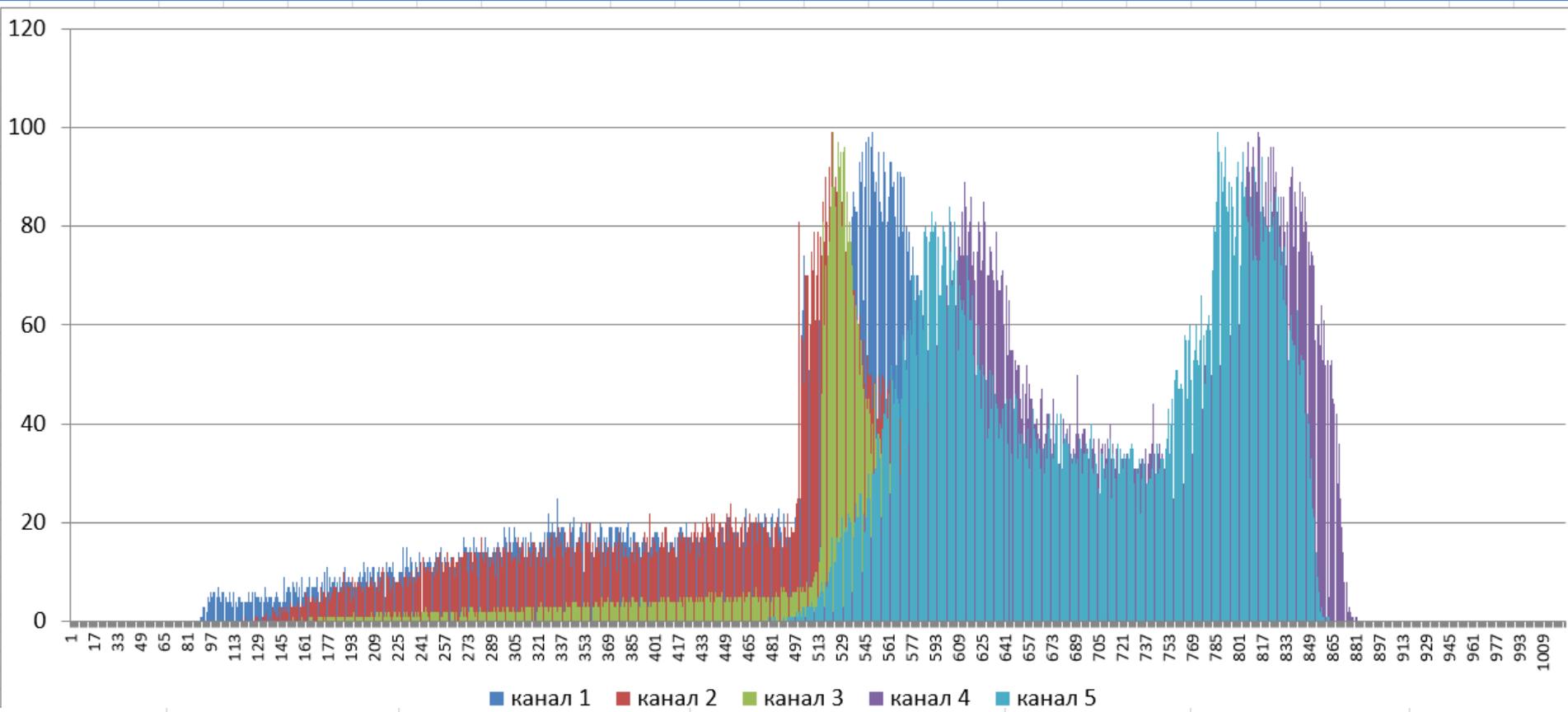
# Пример спектра яркостных температур размывающегося тёплого фронта







# Пример совмещенного поликанального спектра и расчёта характеристик распределения яркостей



	Дисперсия	Асимметрия	Среднее	Ср.откл.	Станд. Откл.	Эксцесс
Канал 1	287,6437552	3,447	6,780	9,484	16,960	11,950
Канал 2	186,3776844	4,129	5,158	7,231	13,652	18,342
Канал 3	93,00812179	6,219	3,389	4,859	9,644	46,915
Канал 4	347,3846186	2,176	9,369	13,483	18,638	4,063
Канал 5	407,4347956	2,147	10,071	14,650	20,185	3,784



Таблица сопряженности объективной классификации степени выраженности  
холодных атмосферных фронтов

Класс	Расчет				Оправдываемость
Факт	1	2	3	Всего	
1	<b>65</b>	17	5	87	<b>77,4</b>
2	14	<b>94</b>	12	120	<b>78,3</b>
3	3	21	<b>53</b>	77	<b>68,8</b>
Всего	82	132	70	<b>284</b>	<b>74,6</b>

Таблица сопряженности объективной классификации степени выраженности  
теплых атмосферных фронтов

Класс	Расчет				Оправдываемость
Факт	1	2	3	Всего	
1	<b>44</b>	12	8	64	<b>68,8</b>
2	21	<b>65</b>	13	99	<b>65,7</b>
3	8	12	<b>69</b>	89	<b>77,5</b>
Всего	73	89	90	<b>252</b>	<b>70,6</b>

Таблица сопряженности объективной классификации степени выраженности  
фронтов окклюзии

Класс	Расчет				Оправдываемость
Факт	1	2	3	Всего	
1	<b>15</b>	5	2	22	<b>68,2</b>
2	14	<b>70</b>	8	92	<b>76,1</b>
3	8	10	<b>69</b>	97	<b>71,1</b>
Всего	73	89	90	<b>211</b>	<b>73,0</b>



# Обобщенная схема методики Диагноза степени выраженности и прогноза эволюции атмосферных фронтов по данным спутникового зондирования

Выделение фрагмента на спутниковом снимке (в цифровом формате)

Построение спектров яркостных температур

Расчет показателей степени  
выраженности атмосферного фронта

Применение диагностических правил

Определение степени выраженности  
атмосферного фронта

Расчет показателей степени эволюции  
атмосферного фронта

Применение прогностических правил

Определение характера эволюции  
атмосферного фронта

Формулировка диагностического и прогностического заключения



## Этапы исследования и их результаты

Выполнены построения спектров яркостных температур для 5-6 каналов (в зависимости от космического аппарата) и получены количественные характеристики распределений: средние, дисперсии, стандартные отклонения, квантили, коэффициенты асимметрии и эксцесса.

Рассчитаны критерии Фишера и Стьюдента для классов с различной степенью выраженности и последующим характером эволюции облачных систем и, связанных с ними метеорологических условий и характеристик явлений погоды.

Установлено, что наибольшие отличия наблюдаются при сравнении ширины спектров излучения (с учётом исключения излучения от подстилающей поверхности) и значений эксцесса, что соответствует выводам, полученным ранее в ранее выполненных работах.

Наиболее информативными оказались данные в третьем спектральном диапазоне (ближний инфракрасный участок спектра).



## Этапы исследования и их результаты

Установлено, что случаи с выраженной тенденцией имеют высокий потенциал дифференциации.

Проведен численный эксперимент по объективному определению класса выраженности атмосферных фронтов и характера их эволюции на основе дискриминантного анализа (метод эталонов).

Лучше поддаются классификации случаи с холодными фронтами. Наиболее сложная задача определения тенденции развития – при наличии теплых атмосферных фронтов в теплое время года.

Критерии успешности разработанных диагностических и прогностических правил позволяют сделать вывод о возможности определения фактического и ожидаемого состояния атмосферных фронтов на основе данных специализированных космических аппаратов.

**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!**