



# Способ автоматического детектирования облачности глубокой конвекции по данным МИСЗ и COSMO-Ru

Шишов А.Е.,  
Горлач И.А.,  
Гидрометцентр России

XX Конференция “Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса”  
Москва, 14-18 ноября 2022 г.

# Актуальность исследований и мониторинга облачности глубокой конвекции (ОГК)

1. Вызывает опасные явления:

- \* грозы
- \* град
- \* шквалы
- \* ливни
- \* наводнения
- \* др.

2. Быстро развивается.

3. Маскируется другими типами облачности

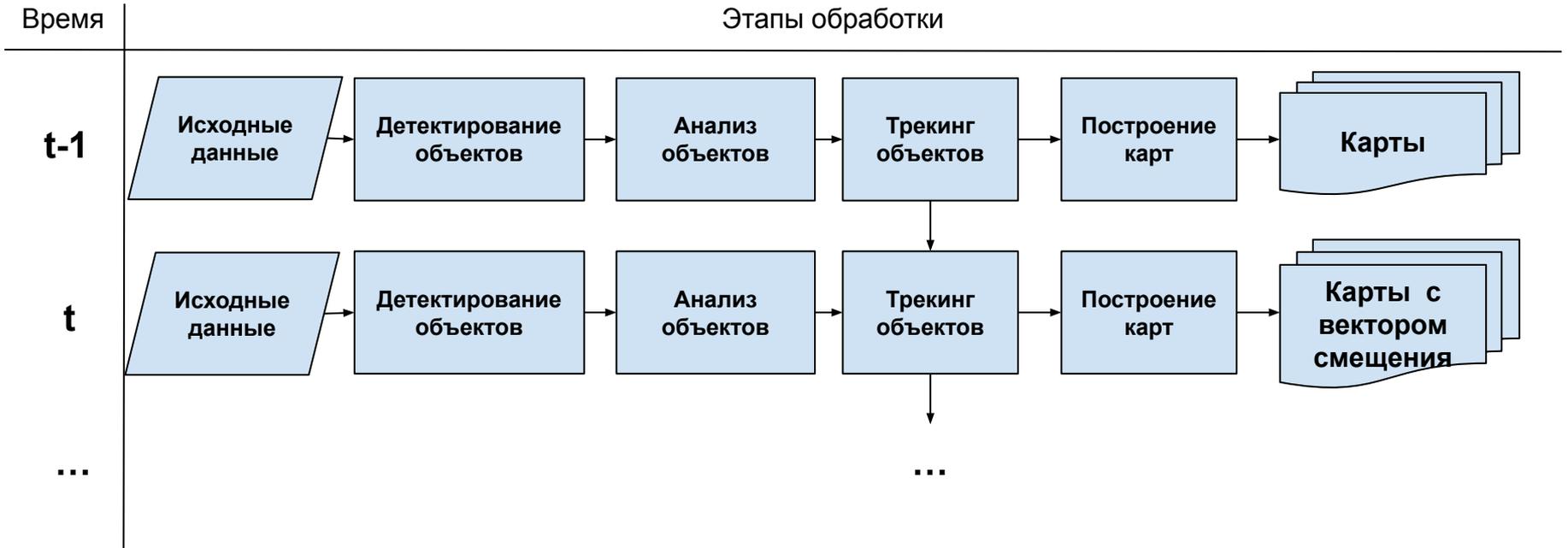


# Информация ДЗЗ геостационарных МИСЗ. Преимущества использования

- Сопоставимое с явлением разрешение данных МИСЗ для мониторинга и наукастинга.
- Взгляд «сверху»: возможно оценка трехмерной структуры ОГК с учётом большой вертикальной протяжённости.
- Высокое временное и пространственное разрешения.



# Этапы обработки



**Трекинг** - определение местоположения движущихся объектов во времени с помощью камеры или другого прибора.

Детектирование ОГК. От пикселя к объекту

**Выделение маски ОГК**



**Объединение пикселей в объекты**

**Объект – ячейка или скопление ячеек ОГК.**

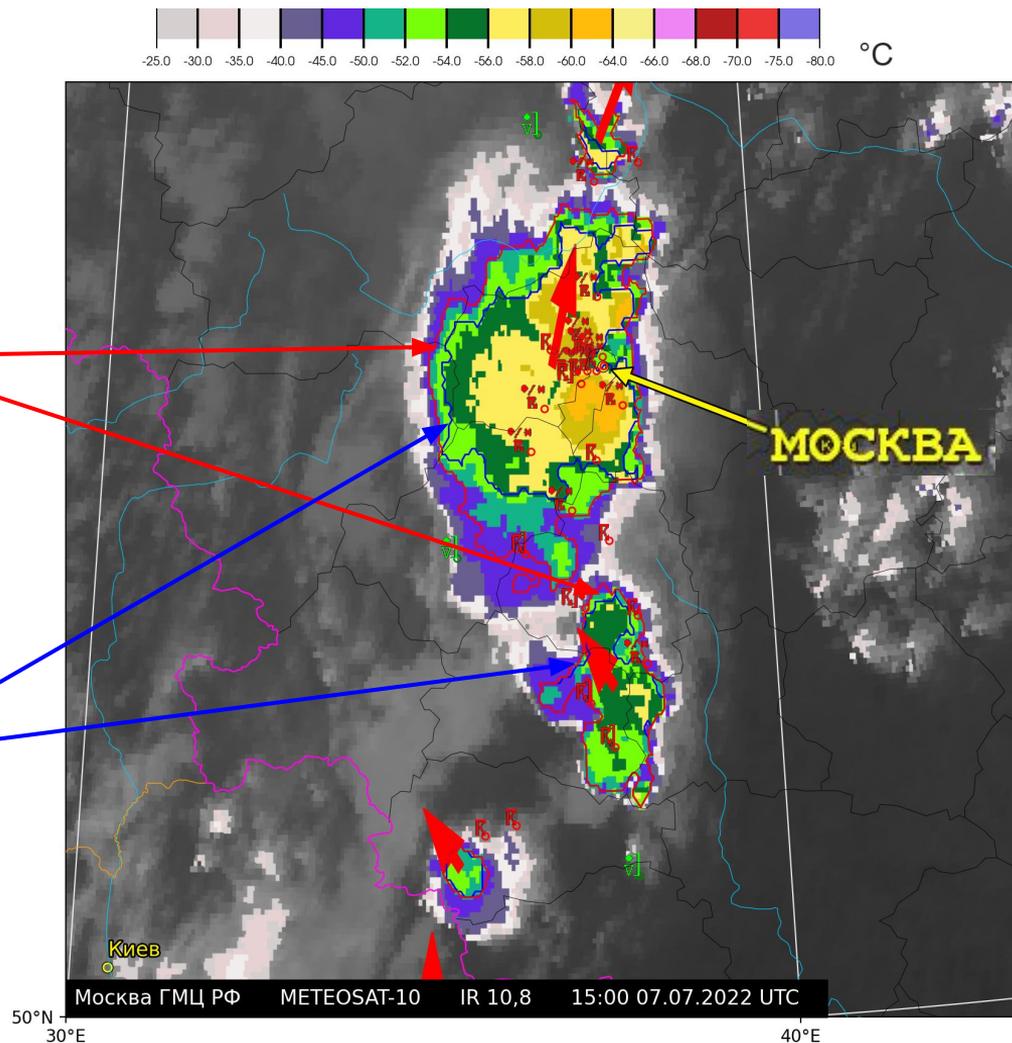
# Условия отнесения пикселя к ОГК

Канал или разность	Критерии отнесения к ОГК	Описание
IR 10,8	$< 225 \text{ K}$	Характерный диапазон для оценки температуры верхней части облака.
IR 10,8 - WV 6,2	$> -4 \text{ K}$	Характерные значения для оценки вертикальной мощности облака.
WV 6,2 - WV 7,3	$> -4 \text{ K}$	Дополнительные характерные значения для оценки верхней части мощного облака.

# Результаты работы алгоритма

Выделение красным контуром ОГК

Выделение синим контуром областей возможного пробивания тропопаузы (где температура ВГО ниже температуры тропопаузы).  
Исп. Модель COSMO-ru6

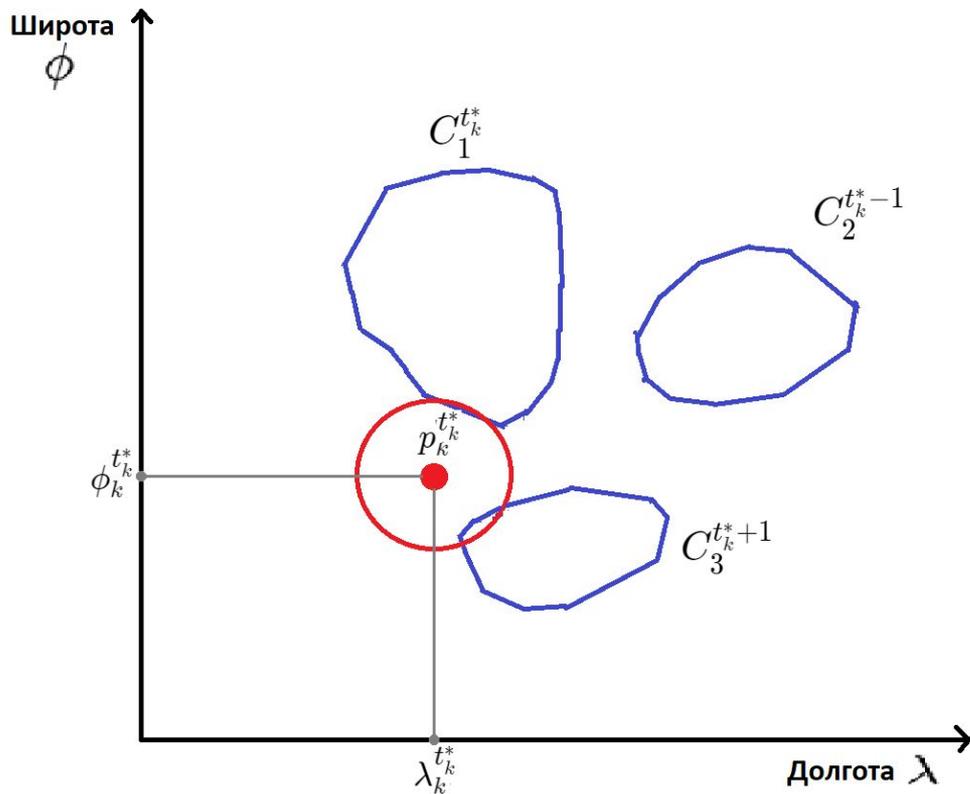


# Валидация для детектирования ОГК.

## **Источники информации об ОГК для валидации:**

1. Инструментальные наземные измерения ВГО ОГК (локальные данные автоматических регистраторов преимущественно в а/п);
2. Грозопеленгаторы;
3. Радарные данные;
4. Синоптические данные об опасных явлениях (ОЯ) (ОГК обычно сопровождается ОЯ).

# Выбор радиуса влияния опасных явлений

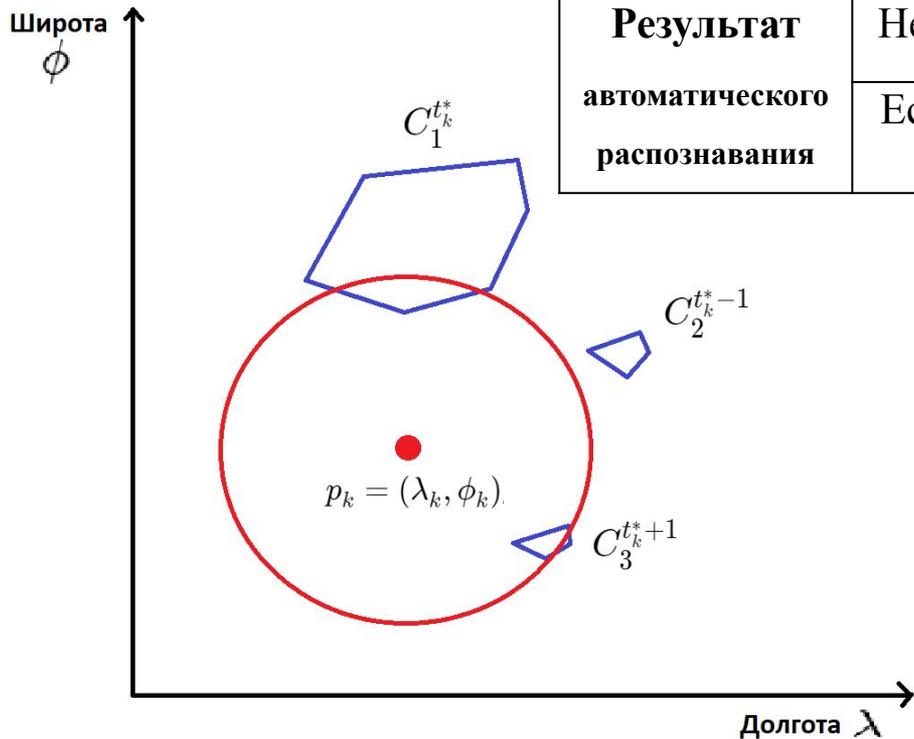


Пусть известны:

- координаты ОЯ:  $p_k = (\lambda_k, \phi_k)$
- погрешность по пространству:  $\epsilon_1$ .
- погрешность по времени:  $\epsilon_2$ .
- контур n-го объекта в момент времени t:  $C_n^t$

Тогда для каждого ОЯ находим ближайший ОГК с учётом погрешности по времени и пространству.

# Объектно-ориентированный метод оценки распознавания



		База данных ОЯ	
	Диагноз	Нет ОЯ	Есть ОЯ
Результат автоматического распознавания	Нет объекта ОГК	TN	FN
	Есть объект ОГК	FP	TP

**Вероятность детектирования ОЯ**  
 $POD = TP / (TP + FN)$

**Доля ложных тревог**  
 $FAR = FP / (TP + FP)$

# Пример результатов валидации метода Cb-TRAM<sup>1</sup>

Алгоритм Cb-TRAM основан на аналогичном пороговом методе.

**Данные для валидации - сеть грозопеленгаторов в Центральной Европе и Южной Африке.**

Показатель	Радиус (число пикселей)	
	1	2
POD (%)	89,1	92,5
FAR (%)	72,9	<b>58,2</b>

При увеличении радиуса влияния число ложных тревог уменьшается незначительно (~58%). Поэтому необходим учёт дополнительных характеристик объектов.

1. Zinner G. A., Scofield R.A., Menzel W.P. Validation of the METEOSAT storm detection and nowcasting system Cb-TRAM with lightning network data - Europe and South Africa // Atmospheric Measurement Techniques Discussions. – 2013. – Т. 6. – С. 1269-1310.

# Характеристики объектов

## Показатели распределения температуры

Показатель	Интерпретация
Минимальная температура ВГО (К)	Температура шапки.
Максимальная температура ВГО (К)	Температура нижней части облака.
Средняя температура ВГО (К)	Средняя температура верхней границы.
Среднее квадратичное отклонение температуры ВГО (К)	Неравномерность распределения температуры (абсолютный показатель).
Коэффициент вариации температуры ВГО (К)	Неравномерность распределения температуры (относительный показатель).

+ Те же показатели за предыдущие сроки (t-15 мин, t-30 мин, t-60 мин)

# Характеристики объектов. Показатели формы контуров ВГО

Показатель	Интерпретация
Площадь (кв. км)	Размер объекта (площадь).
Угол наклона описывающего эллипса	Вытянутость объекта относительно координаты X.
Отношение малой оси описывающего эллипса к большей	Вытянутость объекта.
Эксцентриситет описывающего эллипса	Вытянутость объекта.
Длина малой оси описывающего эллипса (км)	Размер объекта (диаметр).
Длина большей оси описывающего эллипса (км)	Размер объекта (диаметр).
Моменты Хью 1-7-го порядков	Тип формы: окружность, прямоугольник и т.п. (инвариантны относительно перемещения, масштабирования и вращения).

+ Те же показатели за предыдущие сроки (t-15 минут, t-30 минут, t-60 минут)

# Исходные данные для анализа

	Расчётная информация на основе Meteosat MSG	Наблюдения в коде SYNOP	Наблюдения добровольцев база ESWD
Описание	Результаты расчётов алгоритма распознавания с помощью пороговых методов за 8 лет с дискретностью 15 минут.	Данные наземной сети синоптических станций из базы Росгидромета на карте (сильный дождь, ливни, грозы, град).	Сведения об опасных явлениях из надёжных источников (категория качества QC1) и научные исследования (категория качества QC2)
Периоды	2013-2020 (май - сентябрь)	2013-2020 (май - сентябрь)	2013-2020 (май - сентябрь)
Объём	3 963 116 объектов с историей развития (исключены объекты, история наблюдений за которыми пересекалась с пропущенными сроками)	424 412 наблюдений	91 369 наблюдений

# Распознавание ОГК. Результаты валидации

Модель		Обучающая выборка (2013-2019)		Контрольная выборка (2020)	
		POD, %	FAR, %	POD	FAR
Логистическая регрессия	Статическая	95	39	95	28
	Динамическая	95	35	95	23
Градиентный бустинг	Статический	95	34	96	23
	Динамический	95	29	95	18,5

Динамическая = использующая показатели за предыдущие сроки

# Выводы и перспективы

## Выводы

- \* стандартные пороговые методы распознавания ОГК характеризуются высокой долей ложных тревог.
- \* методы машинного обучения позволяют существенно снизить долю ложных тревог.
- \* учёт динамических характеристик объектов ОГК за предыдущие сроки позволяет снизить долю ложных тревог при регулярных, непрерывных наблюдениях.

## Предполагается

- \* расширение перечня используемых характеристик объекта ОГК.
- \* использование методов глубокого обучения (нейронных сетей).

**Спасибо за внимание!**