

# Применение данных спутника CloudSat для исследования структуры мезомасштабных конвективных систем над югом Западной Сибири



*Картавых М.С.<sup>1</sup>, Пустовалов К.Н.<sup>1,2</sup>, Кошикова Т.С.<sup>2</sup>, Нагорский П.М.<sup>2</sup>, Оглезнева М.В.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Национальный исследовательский Томский государственный университет (634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 36; web: [www.tsu.ru](http://www.tsu.ru))

<sup>2</sup>Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН (634021, Россия, г. Томск, пр. Академический, 10/3; web: [www.imces.ru](http://www.imces.ru))

E-mail: [ms.kartavykh@gmail.com](mailto:ms.kartavykh@gmail.com), [const.pv@yandex.ru](mailto:const.pv@yandex.ru),  
[tkoshikova@gmail.com](mailto:tkoshikova@gmail.com), [oglezneva.m@yandex.ru](mailto:oglezneva.m@yandex.ru), [npm\\_sta@mail.ru](mailto:npm_sta@mail.ru)

# Актуальность и цель исследования

**Актуальность:** Известно, что кучево-дождевые облака становятся причиной многих неблагоприятных и опасных метеорологических явлений: смерч, гроза, шквал, микропорыв, град, ливневый дождь и снег и др.

Наиболее опасными проявлениями кучево-дождевой облачности являются мезомасштабные конвективные системы, которые имеют на порядок большие размеры и время существования. Как следствие, с прохождением МКС часто связан экономический ущерб. В России повышенная повторяемость МКС отмечается на территории юга Западной Сибири, и их исследованию на сегодняшний день уделялось недостаточное внимание. В частности, нет полного понимания внутренней структуры МКС над данной территорией.

**Цель работы:** анализ вертикальной структуры мезомасштабных конвективных систем над югом западной Сибири по данным спутника CloudSat.

## **Материалы:**

1. RGB-изображения спектрорадиометров MODIS и VIIRS, взятые на сайте с сервера EOSDIS Worldview.
2. Продукты второго уровня обработки на основе данных радара CPR (спутник CloudSat) в формате HDF.

# Обработка и анализ данных

Для исследования были отобраны случаи прохождения МКС, совпадающие с пролётами спутника CloudSat, на юге Западной Сибири за период 2009–2019 гг. Всего было рассмотрено 15 таких случаев. Отбор случаев проводился с использованием данных портала EOSDIS Worldview. Для отобранных случаев с сервера CloudSat Data Processing Center были получены данные продуктов второго уровня обработки, получаемые на основе измерений CPR.

Далее с помощью программной среды MATLAB для каждого из продуктов были написаны скрипты для автоматизированного импорта и визуализации данных.

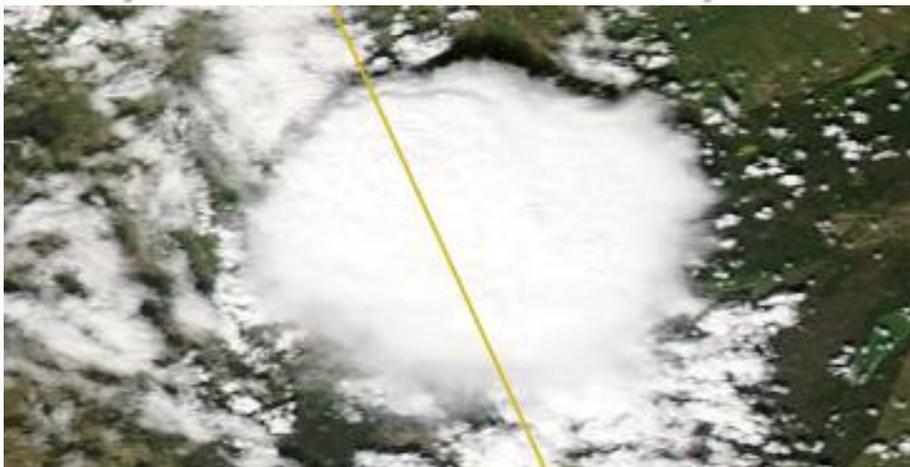
В ходе обработки данных были построены тематические изображения: спутниковые снимки МКС по данным спектрорадиометров MODIS и VIIRS с нанесёнными траекториями пролетов спутника CloudSat, вертикальные профили радиолокационной отражаемости и водности в МКС. Примеры тематических изображений приведены на следующем слайде.

# Данные о прохождении МКС совместно с пролётами спутника CloudSat над югом Западной Сибири

№ случая	Год	Месяц	День	Широта центра МКК	Долгота центра МКК	Время пролета спутника
1	2009	7	13	52,0	86,0	7:21
2	2009	7	16	57,2	75,7	7:54
3	2010	8	13	55,6	78,4	7:44
4	2010	8	25	56,09	71,37	8:09
5	2012	6	11	55,33	72,35	8:10
6	2012	6	13	55,7	74,03	7:58
7	2012	6	17	53,51	82,17	7:33
8	2013	7	20	51,8	80	7:44
9	2013	8	5	51,21	81,48	7:44
10	2013	8	5	52,22	79,64	7:44
11	2014	6	16	50,52	85,55	7:25
12	2018	6	17	56,7	71,7	8:09
13	2018	7	14	51,8	83,3	7:35
14	2019	6	9	55,8	82,9	7:28
15	2019	6	12	55,2	76,6	7:43

# Пример тематических изображений по данным спутника CloudSat

а

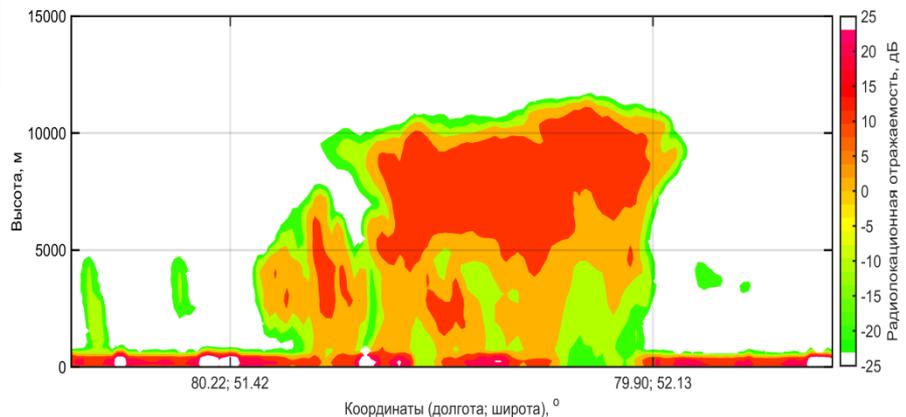


а – RGB-изображение МКС по данным спектро радиометра MODIS и траектория спутника CloudSat

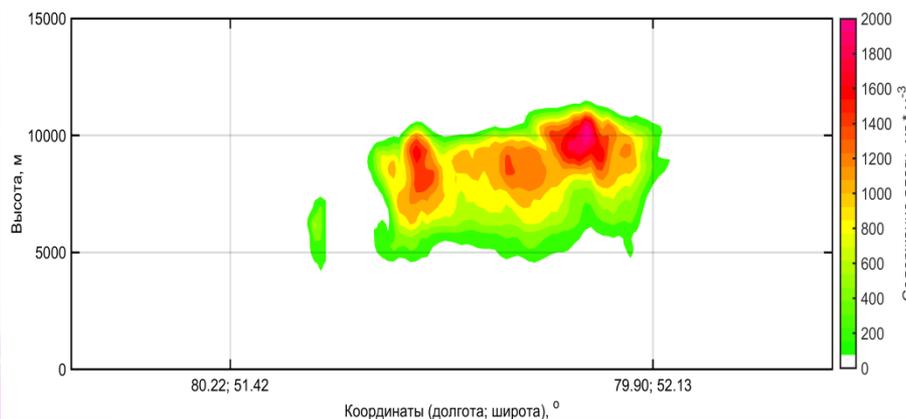
б – профиль радиолокационной отражаемости

в – профиль водности по данным радара CPR (спутник CloudSat) за 20.07.2013 г.

б



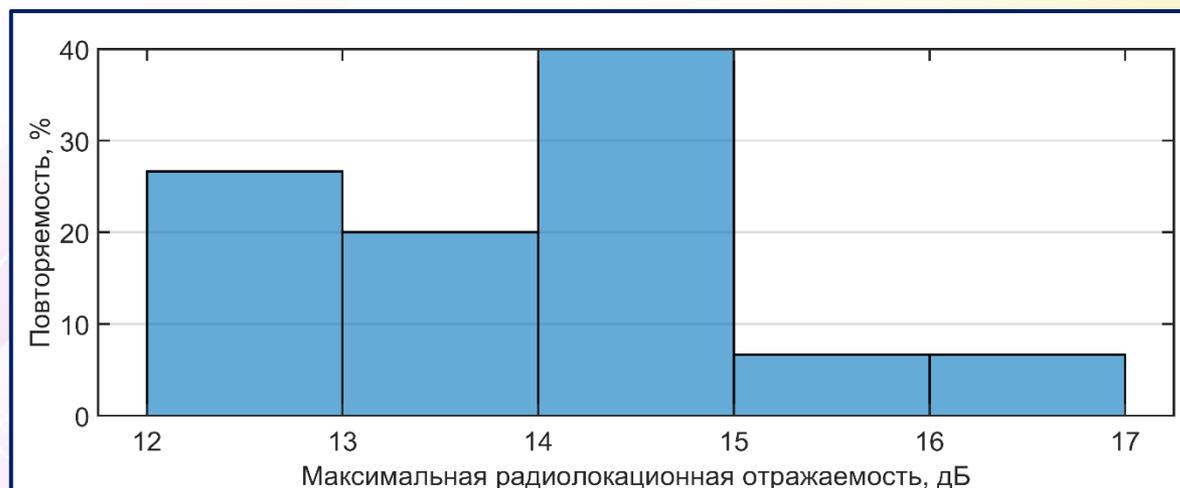
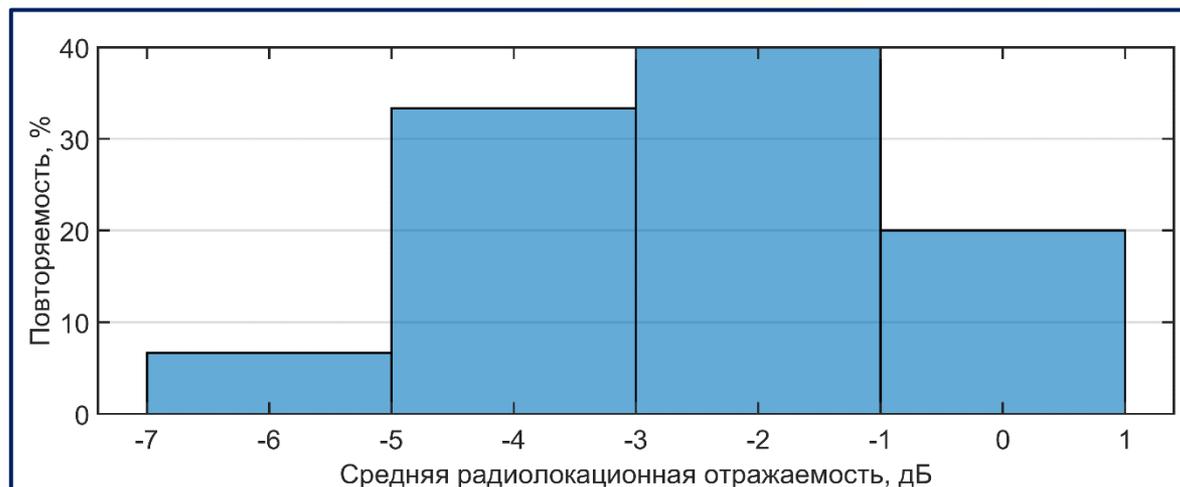
в



На рисунке видно, что в МКС отмечается «слияние» радиоэха от множества входящих в него конвективных (грозовых) ячеек. При этом образуется одно огромное радиоэхо с горизонтальной протяжённостью ~50 км и более. Слияние происходит главным образом в верхней половине МКС, в то время как в нижней половине, наоборот, фиксируются отдельные "отроги" радиоэха, связанные с нисходящими потоками и зонами ливневых осадков из отдельных конвективных (грозовых) ячеек, входящих в состав МКС. Высота верхней границы, радиолокационная отражаемость и водность МКС значительно превосходят аналогичные параметры, характерные для одиночных кучево-дождевых облаков, сопутствующих МКС.

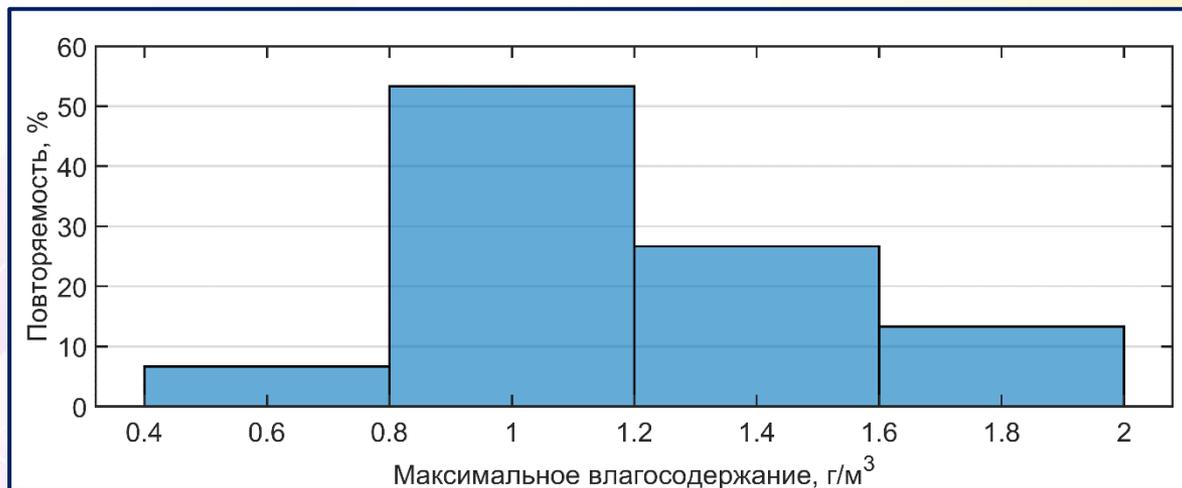
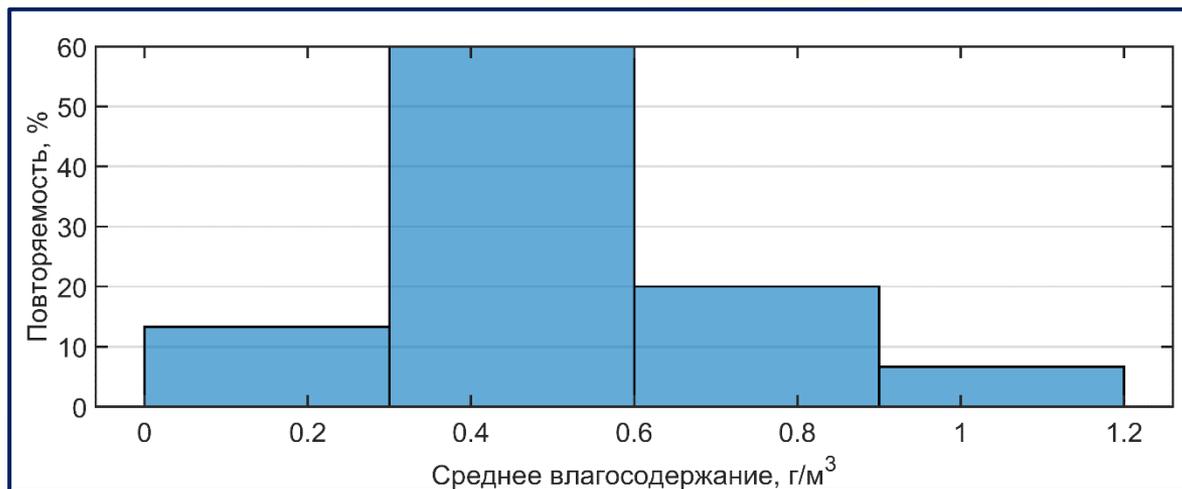
# Статистические характеристики рассмотренных МКК по радиолокационной отражаемости

Радиолокационная отражаемость, дБ										
Среднее	Медиана	СКО	ИКР	Мин	Макс	P5	P25	P50	P75	P95
-2,6	1,9	14,6	22,8	-40,0	22,1	-30,2	-13,2	3,0	9,6	13,9



# Статистические характеристики рассмотренных МКК по влагосодержанию

Влагосодержание, г/м <sup>3</sup>										
Среднее	Медиана	СКО	ИКР	Мин	Макс	P5	P25	P50	P75	P95
0,51	0,45	0,36	0,57	0	3,22	0,03	0,21	0,45	0,78	1,14



## Основные результаты

В результате проделанной работы можно сделать следующие выводы:

- Среднее значение радиолокационной отражаемости ( $Z$ ) в МКС составляет -2,6 дБ. Типичный диапазон изменения  $Z$  (от 25 до 75 процентиля) составляет -13÷10 дБ. Максимальное значение радиолокационной отражаемости составило 22,1 дБ и было зарегистрировано 11 июня 2012 года.
- Среднее значение водности ( $Q$ ) в МКС составляет 0,51 г/м<sup>3</sup>, а типичный диапазон её изменения – 0,2÷0,8 г/м<sup>3</sup>. Максимальное значение влагосодержания также наблюдалось 11 июня 2012 года и составило 3,2 г/м<sup>3</sup>.

## Основные результаты

Как известно, радиолокационная отражаемость в кучево-дождевых облаках, зарегистрированная с помощью наземных радиолокаторов (МРЛ, ДМРЛ), изменяется от 20 до 70 дБ. Полученные значения радиолокационной отражаемости внутри МКС более низкие, как правило, не превышающие 20 дБ. Отмеченное отличие, предположительно, связано с более сильным затуханием радиоизлучения, принимаемого спутниковыми радаром по сравнению с наземными радиолокаторами.

Известно, что водность в конвективных облаках составляет  $10^{-1} \div 10^1$  г/м<sup>3</sup> (зависит от стадии развития и части облака), что, в целом, согласуется с полученными результатами.

Таким образом, впервые для данной территории по данным спутника CloudSat были рассчитаны характеристики мезомасштабных конвективных систем и была рассмотрена их вертикальная структура. Полученные оценки могут быть применены при создании численных моделей конвективной облачности, а также для создания новых методов обнаружения МКС и оценки их характеристик с помощью искусственных спутников земли.

**СПАСИБО ЗА  
ВНИМАНИЕ**