

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И ОСОБЕННОСТИ ГЕНЕЗИСА МЕЗОМАСШТАБНЫХ КОНВЕКТИВНЫХ КОМПЛЕКСОВ НАД ЮГО-ВОСТОКОМ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

SPATIAL DISTRIBUTION AND FEATURES OF GENESIS OF MESOSCALE CONVECTIVE COMPLEXES OVER THE SOUTH-EAST OF WESTERN SIBERIA.

Т.С. Кошикова, В.А. Жукова, К.Н. Пустовалов, И.В. Кужевская, П.М. Нагорский
tkoshikova@gmail.com

Abstract

The spatial distribution of the MCC and the heterogeneity of their characteristics are estimated using data from artificial Earth satellites. As a result of the analysis, two foci with the highest repeatability of MCC were identified. The first repeatability maximum is observed over the northwestern slopes of the Altai Mountains, the Salair Range and the Baraba Lowland, and the second is observed over the south of the Omsk Region. It was found that the hearth of repeatability of the MCC over the north-west of the Altai Mountains is represented by intra-mass cases, and the hearth above the Salair ridge and the Baraba lowland are frontal. The characteristics of the MCC were calculated and clustered. As a result of clustering over the south of Western Siberia, 4 classes of MCC were distinguished.

Введение

Во второй половине XX – начале XXI вв. в регионах Северной Евразии, отмечалось увеличение доли конвективных облаков. Сохранение данной тенденции приведёт к дальнейшему увеличению повторяемости таких опасных явлений, как град, интенсивные ливни, шквалы и др. Наиболее опасными проявлениями конвективной облачности являются мезомасштабные конвективные системы, в частности мезомасштабные конвективные комплексы (МКК). Обнаруживаются МКК с помощью радиолокационных наблюдений и изображений, получаемых с искусственных спутников земли (ИСЗ). На территории юга Западной Сибири практически отсутствует радиолокационная сеть (МРЛ, ДМРЛ), что не позволяет использовать их в данном исследовании.

Целью данной работы является оценка пространственного распределения МКК и неоднородности их характеристик с помощью данных ИСЗ.

Использованные данные

- RGB изображения облачности со спутников Aqua, Terra, Suomi NPP;
- Облачный продукт второго уровня обработки MODATML2 (MYDATML2) (с разрешением 5x5 км), полученные по данным спектрорадиометра MODIS.
- Исследование проводилось для территории юго-востока Западной Сибири (Омская, Томская, Новосибирская и Кемеровская области, Алтайский край, республика Алтай);
- Период исследования апрель-сентябрь 2010–2019 гг.

Оценка морфологических и микрофизических характеристик МКК

Сравнение характеристик МКК фронтального и внутримассового происхождения показывает, что внутримассовые МКК по площади значительно меньше фронтальных, однако их высота верхней границы и размеры облачных частиц, в целом, больше чем у фронтальных.

	Площадь, ×10 ³ км ²	Высота верхней границы, км	Интегральное влагосодержание, кг/м ²	Эффективный радиус облачных частиц, мкм
Все случаи МКК	5,2/8,3/17,1	9,2/10,6/12,1	1,0/1,3/1,5	23/26/29
Фронтальные МКК	5,3/9,2/18,4	9,3/10,6/12,0	1,0/1,3/1,5	22/26/29
Внутримассовые МКК	5,2/7,9/15,9	9,0/10,7/12,1	1,0/1,3/1,5	23/27/29

Таблица 1. Значения, соответствующие 5-, 50- и 95-перцентильям, некоторых параметров МКК различного генезиса.

Далее рассчитанные значения параметров МКК (L_{lon} , L_{lat} , S, CTH и CWP, CER) были определены как признаковое пространство для кластеризации по методике итерационных алгоритмов k-mean. В результате кластеризации были выделены 4 класса МКК над югом Западной Сибири.

Для первого и четвёртого классов соотношение МКК различного генезиса сопоставимое. Второй класс представлен преимущественно фронтальными МКК, а третий класс – внутримассовыми.

Распределение повторяемости МКК по территории исследования

Наибольшая повторяемость МКК наблюдается на юго-востоке Западной Сибири, в частности, над северо-западными склонами Алтайских гор, Салаирским кряжем и Барабинской низменностью. Второй более слабый максимум отмечается над югом Омской области. Кроме того, можно отметить, что над поймой р. Обь и Обским водохранилищем отмечается некоторое снижение повторяемости МКК, а над юго-западом Томской области (восточной частью Васюганского болота) – увеличение.

Очаг повторяемости МКК над северо-западом Алтайских гор представлен, главным образом, внутримассовыми случаями, а очаги над Салаирским кряжем и Барабинской низменностью – фронтальными.

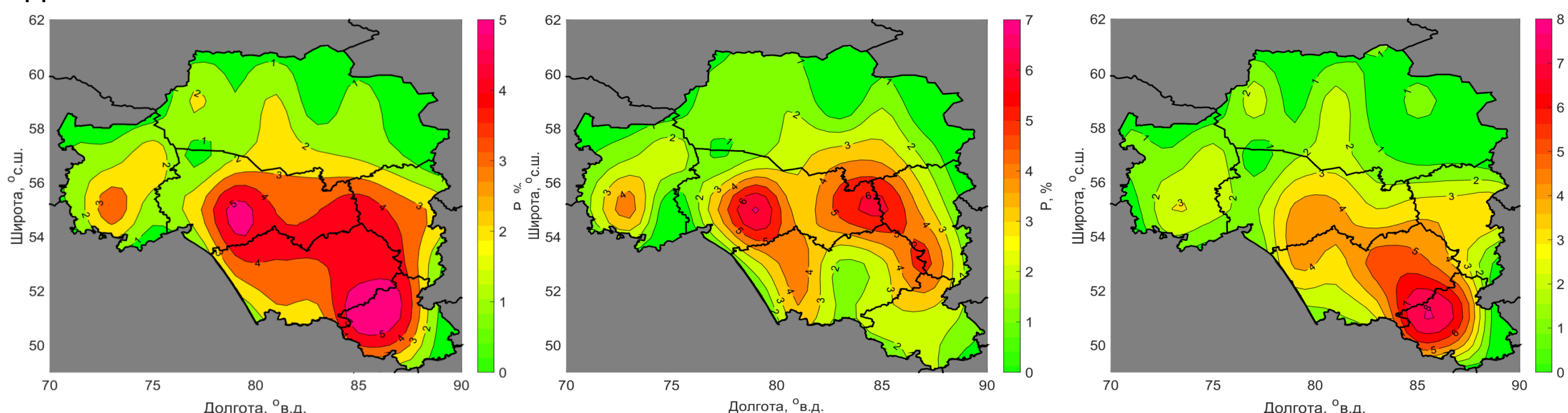


Рис. 2. Сглаженное распределение повторяемости всех отобранных случаев МКК (а), МКК фронтального (а) и внутримассового (б) происхождения на юго-востоке Западной Сибири.

МКК – это комплекс кучево-дождевых облаков, объединённых общей наковальной квазиовальной формы. МКК можно встретить в разных географических регионах, в том числе и в Западной Сибири. В умеренных широтах размеры МКК уступают сформированным МКК в тропических регионах.

Дешифрирование МКК и их формализация

На первом этапе на основе спутниковых изображений осуществлялось визуальное дешифрирование конвективных комплексов (в том числе МКК), поперечное сечение которых превышает 50 км. Всего за период 2010–2019 гг. было дешифрировано более 460 таких случаев.

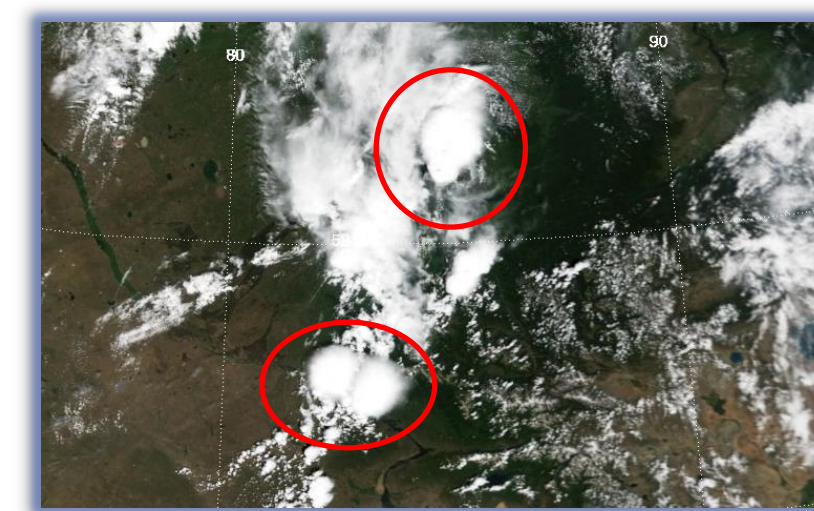


Рис. 1. Изображение в видимой части спектра MODIS KA Terra за 22 июня 2017 года, время пролёта 05:45 UTC.

На втором этапе исследования осуществлялась автоматизированная формализация дешифрированных случаев конвективных комплексов по следующей разработанной авторами методике. На основе данных облачных продуктов MODIS строилась маска, состоящая из пикселей 5x5 км, для каждого из которых выполнялись условия: $STT \leq 200$ K (-32 °C), $COT \leq 30$.

Далее в работе проводилась дополнительная фильтрация случаев, исключались конвективные комплексы, площадь маски которых меньше пороговой площади (S_n). Применялись два варианта S_n :

- 1) 5000 км² (1/20 от пороговой площади определённой для тропических регионов);
- 2) 10000 км² (1/10 от пороговой площади определённой для тропических регионов).

На основе данной методики за период исследования отобрано 279 случаев при $S_n = 5000$ км² и 91 случай при $S_n = 10000$ км². Каждая из категорий отобранных случаев МКК подразделялась на фронтальные и внутримассовые. Далее в работе рассматриваются только случаи МКК, отобранные при $S_n = 5000$ км².

Заключение

В ходе исследования выявлено:

- Максимум повторяемости МКК отмечается над северо-западными склонами Алтайских гор, Салаирским кряжем и Барабинской низменностью.
 - Очаг повторяемости МКК над северо-западом Алтайских гор представлен, внутримассовыми случаями, а очаги над Салаирским кряжем и Барабинской низменностью – фронтальными.
 - Увеличение повторяемости МКК отмечается над восточной частью Васюганского болота.;
- В результате кластеризации выделено 4 класса МКК над югом Западной Сибири:
- Класс 1: небольшие невысокие маловодные (фронтальных/внутримассовых: 27/30 %);
 - Класс 2: крупные невысокие маловодные (фронтальных/внутримассовых: 23/11 %);
 - Класс 3: небольшие высокие водные (фронтальных/внутримассовых: 36/49 %);
 - Класс 4: крупные высокие водные (фронтальных/внутримассовых: 13/10 %).