

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«ПЕРМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ЦИФРОВАЯ ГЕОГРАФИЯ

Материалы Всероссийской научно-практической конференции
с международным участием

16–18 сентября 2020 г., г. Пермь

Том I

Цифровые и геоинформационные технологии в изучении природных
процессов, экологии, природопользовании и гидрометеорологии



Пермь 2020

И.В. Кузевская¹, В.А. Жукова^{1,2}, Т.С. Кошикова², К.Н. Пустовалов^{1,2}, В.В. Чурсин¹,
ivk@ggf.tsu.ru

¹Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия

²Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, г. Томск, Россия

МЕЗОМАСШТАБНЫЕ КОНВЕКТИВНЫЕ КОМПЛЕКСЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

В работе проведена оценка мезомасштабных конвективных комплексов за теплые периоды 2010-2019 гг. на основе спутниковых данных. Получено, что повторяемость МКК внутримассового происхождения превалирует над фронтальными в годы с выраженными температурными аномалиями. Пространственная оценка их возникновения выявила увеличение вероятности возникновения внутримассовых МКК вблизи густонаселенных районов, где ущерб от опасных конвективных явлений может быть наиболее значителен.

Ключевые слова: Спутниковая информация, внутримассовый процесс.

I.V. Kuzhevskaya¹ V.A. Zhukova^{1,2}, T.S. Koshikova², K.N. Pustovalov^{1,2}, V.V. Chursin¹,
ivk@ggf.tsu.ru

¹National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia

²Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems of the Siberian Branch of the Tomsk Academy of Sciences (IMCES SB RAS)

MESOSCALE CONVECTIVE SYSTEMS OVER WESTERN SIBERIA

Based on satellite remote-sensing data the estimation of mesoscale convective systems (MCSs) formed during warm periods of 2010-2019 has been performed. It was found that the repeatability of intramass origin MCSs prevails over frontal ones in years with conspicuous temperature extremes. A spatial assessment revealed an increase in the probability of intramass MSCs occurrence near densely populated areas, where the hazardous phenomenon lead to considerable economic losses and damage.

Keywords: Satellite remote-sensing data, intramass process.

На территории Западной Сибири на фоне происходящих глобальных климатических изменений отмечается тенденция увеличения ущерба от событий, связанных с конвективными облачными структурами. Сохранение тенденции повторяемости развития мощной мезомасштабной конвекции приведёт к дальнейшему увеличению повторяемости таких опасных метеорологических явлений, как град, интенсивные ливни, шквалы и др. Сильные ливневые дожди вызывают наводнения, размывают дороги, дамбы, в горных районах приводят к возникновению селей. Крупный град наносит ущерб сельскохозяйственным культурам, повреждает автомобили, крыши домов и т.д. Гроза вызывает лесные, торфяные пожары, иногда разряды молний приводят к гибели людей. Шквалы и смерчи приносят значительные, часто катастрофические разрушения.

Необходимость применения данных дистанционного зондирования Земли при организации мониторинга и прогнозирования опасных природных явлений не вызывает сомнений. В последние годы их роль как источника информации об

опасных природных явлениях неуклонно возрастает. Повышается оперативность доступа к данным, увеличивается число действующих на орбите спутниковых систем, их пространственное и временное разрешение.

Мезомасштабная облачность, имея небольшую продолжительность жизни, является трудно прогнозируемым объектом. Обнаруживается такая облачность обычно только с помощью радиолокационных наблюдений или данных метеорологических спутников Земли.

Для прогноза мезомасштабных конвективных комплексов (МКК) чаще всего используется два подхода: 1) расчёт физико-статистических параметров (индексов) неустойчивости по выходным данным глобальных прогностических моделей; 2) прямое моделирование атмосферной конвекции мезомасштабными моделями с высоким пространственным разрешением. При этом наибольшую сложность представляет прогнозирование места и времени возникновения МКК и зон опасных явлений [1].

Поскольку МКК образуется в результате перегрева отдельных масс воздуха при неустойчивой стратификации атмосферы в её нижних слоях, то над сушей наиболее благоприятные условия для его возникновения создаются в теплую половину года в областях пониженного давления атмосферы. Скорость восходящих потоков, вертикальная мощность и водность образующегося мезомасштабного конвективного комплекса зависят от степени неустойчивости атмосферы, а реализацию таких опасных явлений погоды, как, например, шквал, можно рассматривать как результат перехода энергии неустойчивости воздушной массы в кинетическую энергию. На этом основаны практически все существующие в настоящее время методы прогноза опасных явлений погоды, обусловленные конвекцией [2]. По результатам авторов [4] на территории юга Западной Сибири образуется 44 % всех мезовихрей и МКК на исследуемой территории, и более чем в 60 % случаев формирование сильных осадков, достигших критериев ОЯ, наблюдается на мезомасштабных процессах. Территория Западной Сибири не предрасположена к образованию таких конвективных комплексов, но при этом частота появления МКК в последние годы увеличивается, изучение МКК и его прогноз являются актуальными.

Область исследования условно располагается между 50 и 60°с.ш. и 70 и 90°в.д., в которую входят 6 территориально-административных единиц, расположенных на юге Западной Сибири: Томская, Омская, Новосибирская и Кемеровская области,

Республика Алтай и Алтайский край.

В качестве объекта исследования рассматриваются мезомасштабные конвективные комплексы (МКК). МКК в классификации Мэддокса Р.А., изложенной в Технической записке ВМО № 124, выделяется как отдельная составляющая и определяется как комплекс кучево-дождевых облаков, инфракрасные изображения которых имеют: площадь непрерывного облачного покрова с температурой верхней границы ниже -32°C составляет не менее 105 км^2 ; площадь внутреннего района с температурой верхней границы ниже -52°C не менее $5 \times 10^4 \text{ км}^2$; в период максимального развития отношение малой оси облачной системы к большой не менее 7/10.

За МКК в работе принимался массив кучево-дождевой облачности диаметром 50 км и более, исходя из того, что территория исследования не предрасположена к образованию МКК, и даже такой небольшой по размерам облачный массив способен генерировать опасные явления (гроза, град, сильные и продолжительные ливни). Активная часть жизненного цикла МКК в среднем составляет около 16 ч, однако его влияние на условия погоды могут сохраняться до 36 ч.

В работе мезомасштабные комплексы дешифрируются как на фронтальных (206 случаев), так и во внутримассовых процессах (269 случаев). На рис. 1 представлены примеры образования МКК в составе фронта и на одиночных облачных образованиях.

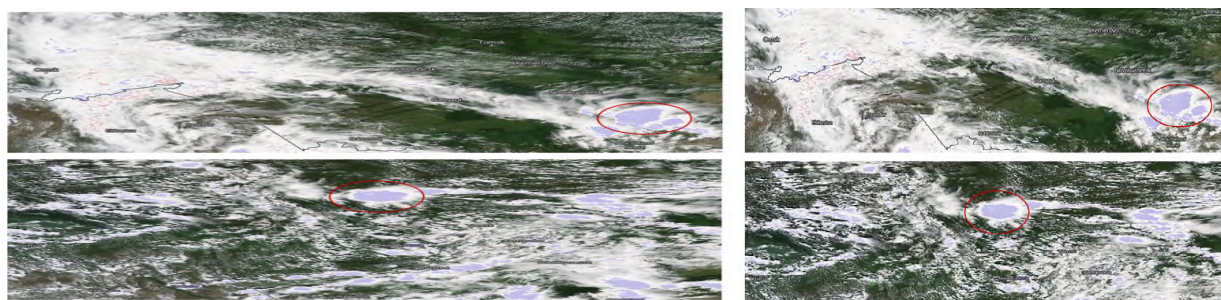


Рис. 1. Формирование МКК с маской оптической плотности: справа – в составе фронта (24 июля 2017 г.), слева – одиночные образования (19 июля 2017 г.)

Для оценки повторяемости параметров МКК на юге Западной Сибири за теплый период (апрель-сентябрь) 2010-2019 гг. использовались метод визуального дешифрирования облачности и данные радиометра MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer). Спектрорадиометр MODIS является одним из ключевых

приборов на спутниках «Terra» и «Aqua». Спектрорадиометр MODIS имеет 36 каналов и позволяет производить регулярную съемку территории с пространственным разрешением от 250 до 1000 м [4].

На рис. 2 приведен временной ход числа случаев образования МКК на территории Западной Сибири с разделением образо-

вания их в составе фронтальной системы или внутримассовых. Ранее было получено [3], что фронтальные МКК образуются чаще на фронтах окклюзии. Число случаев с одиночными МКК превалирует над случаями фронтальных МКК в пяти из 10 лет. Особо выделяется их преимущество с 2016 по 2018 гг., нужно отметить, что в эти годы отмечалось наибольшее число положительных температурных аномалий на территории исследования.

Для внутригодового распределения повторяемости МКК не выявляется различий между внутримассовыми или фронтальными процессами и максимум приходится на июль. Не выявляется различий и в горизонтальных размерах, соотношение осей МКК 65×85 км. Случаи с размерами МКК, превышающими горизонтальные размеры оси за 100 км не превышают 15 % от общего числа МКК.

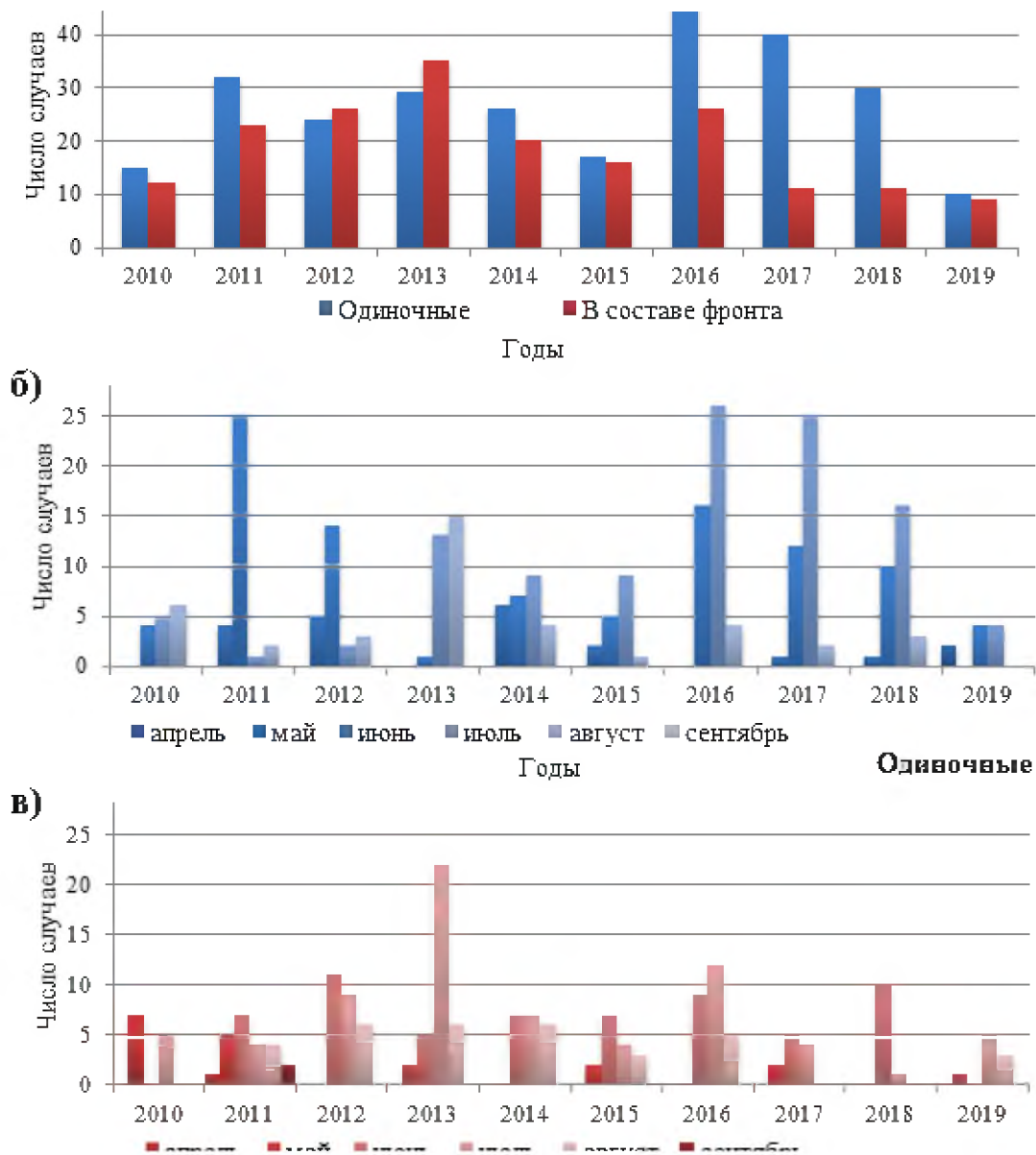


Рис. 2. Временной ход повторяемости МКК (а) за период с 2010 по 2019 гг.; одиночных МКК (б); МКК в составе фронта (в).

Пространственное распределение относительной повторяемости МКК, с разделением на синоптический режим образования, представлено на рис. 3. Относительная повторяемость определялась

из соотношения числа случаев с МКК, имеющих координаты внутри квадрата сетки размером $2 \times 2^\circ$, к числу одиночных или фронтальных МКК отдельно.

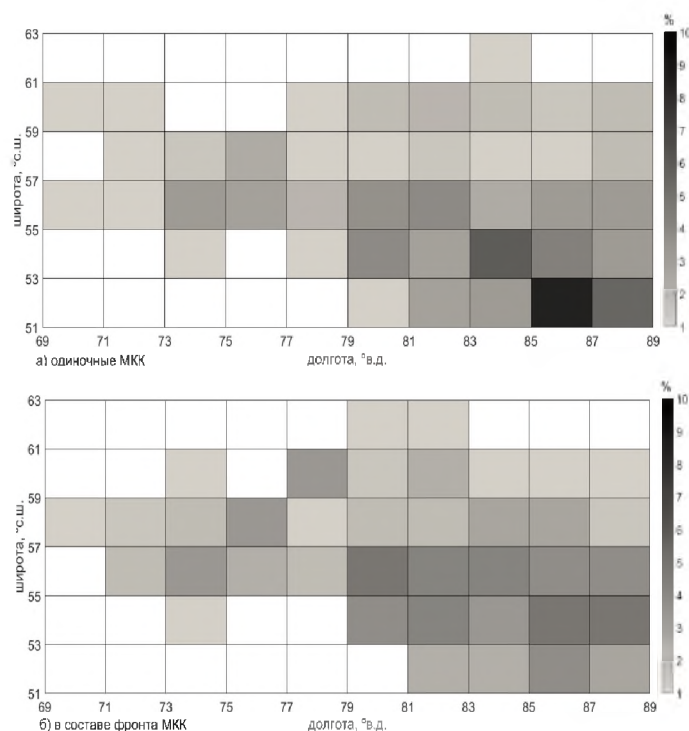


Рис. 3. Пространственное распределение относительной повторяемости одиночных МКК (а) и МКК в составе фронта (б).

Наибольшая концентрация повторяемости одиночных МКК отмечается в районе 85-87°в.д. и 51-53°с.ш. и ближайших координат. Территория относится к юго-восточной части Западной Сибири, районы крупных городов Новосибирск и Барнаул. Распределение географической повторяемости МКК, возникших в составе фронтальных систем, носит более рав-

номерный характер, относительно чаще фиксируясь в районе 83-87°в.д. и 57-59°с.ш. – Кетско-Тымская равнина.

Таким образом, вероятность возникновения опасных конвективных явлений вблизи густонаселенных районов и возможного ущерба больше, в случае слабопрогнозируемого внутримассового МКК.

Библиографический список

1. Быков А. В., Шихов А. Н. Прогноз мезомасштабных конвективных систем с применением глобальных и мезомасштабных гидродинамических моделей // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса, 2018. Т. 15. № 2. С. 213-224.
2. Горбатенко В.П., Константинова Д.А., Золотухина О.И., Тунаев Е.Л. Термодинамические условия формирования мезомасштабной конвекции в атмосфере Западной Сибири // Известия ВУЗов. Физика, 2011. Т. 54, № 11/3. С. 148-155.
3. Жукова В.А., Кошикова Т.С., Кужевская И.В. Оценка параметров мезомасштабных конвективных комплексов на основе спутниковых и аэрологических данных (Западная Сибирь) // Геосферные исследования, 2019. № 2. С. 86-97.
4. Кужевская И.В., Пустовалов К.Н., Шарпова А.А. Характеристики конвективных кластеров, восстановленные по данным инструментов зондирования ATOVS // Фундаментальная и прикладная климатология. М.: Изд-во ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН», 2018. Т.2. С. 23.
5. Успенский А.Б., Кухарский А.В., Успенский С.А. Валидация результатов спутникового мониторинга температуры поверхности суши // Метеорология и гидрология, 2015. № 2. С. 81-85.