

A Comparison of Two Methods of Cloud Parameters Determination Based on MSU-MR MSU-MR (METEOR-M №2) and AVHRR (NOAA-18, 19, METOP-B) Data

Elena V. Volkova⁽¹⁾, *Angelika A. Kostornaya*⁽²⁾, *Vladimir V. Golomolzin*⁽²⁾,
Sergey A. Kuzminykh⁽²⁾, *Ruslana A. Amikishiyeva*⁽²⁾

¹State Research Center «Planeta», Moscow, Russia

²Siberian State Research Center «Planeta», Novosibirsk, Russia

Abstract. The paper presents the results of the comparison of cloud parameters retrieved by two different methods: the multispectral threshold technique (MTT) created at the State Research Center «Planeta» and the system of cloud detection (SCD) developed at Siberian State Research Center «Planeta». For the territory of Western Siberia and for the warm season (April-August) of 2019 was conducted the comparison of cloud parameters (cloud types, cloud top height, cloud top temperature, cloud water phase, cloud optical depth and effective radius of cloud particles) produced by MTT and SCD using MSU-MR (METEOR-M №2) and AVHRR (NOAA-18, 19, METOP-B) data.

Keywords: cloud classification, AVHRR/NOAA, MSU-MR/Meteor-M №2, Western Siberia.

СОПОСТАВЛЕНИЕ ДВУХ МЕТОДИК ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ОБЛАЧНОГО ПОКРОВА ПО ДАННЫМ СКАНЕРА МСУ-МР (КА МЕТЕОР-М №2) И AVHRR (КА NOAA-18, 19, МЕТОР-В)

Волкова Е.В.⁽¹⁾, Косторная А.А.⁽²⁾, Голомолзин В.В.⁽²⁾, Кузьминых С.А.⁽²⁾, Амикишиева Р.А.⁽²⁾

⁽¹⁾ ФГБУ «НИЦ «Планета», г. Москва

⁽²⁾ СЦ ФГБУ «НИЦ «Планета», г. Новосибирск

Обсуждаются результаты сравнения расчетов двух методик дешифрирования облачности и определения ее параметров – комплексной пороговой методики (КПМ), разработанной в ФГБУ «НИЦ «Планета», и методики дешифрирования облачного покрова, разработанной в СЦ ФГБУ «НИЦ «Планета». Для территории Западной Сибири для теплого периода (апрель-август) 2019 г. определена точность восстановления по данным радиометров МСУ-МР и AVHRR следующих параметров облачности: тип облачности, высота и температура верхней границы облачности, оптическая плотность облачного слоя, фазовое состояние и эффективный радиус облачных частиц.

Ключевые слова: параметры облачного покрова, МСУ-МР, Метеор-М №2, Западная Сибирь, AVHRR.

Введение. Использование специализированной спутниковой информации об облачности в оперативно-прогностической работе метеослужб дает возможность более точного анализа синоптической ситуации. Облачный покров – самый наглядный индикатор погодообразующих процессов. На сегодняшний день существует множество методик автоматического дешифрирования облачности и определения ее параметров, основанных на разных подходах. В работе проводится сравнение полученной информационной продукции по двум методикам дешифрирования облачности и определения ее параметров: комплексной пороговой методики (КПМ) для обработки данных МСУ-МР, созданной в ФГБУ «НИЦ «Планета», и методики дешифрирования облачного покрова, разработанной в СЦ ФГБУ «НИЦ «Планета» для данных AVHRR.

Комплексная пороговая методика. Созданный в ФГБУ «НИЦ «Планета», Специализированный Программный Комплекс (СПК) «Западная Сибирь» позволяет автоматически в круглосуточном режиме определять параметры облачного покрова, осадков, опасных явлений погоды (ОЯП), подстилающей поверхности и приземного слоя воздуха для территории Западной Сибири (49-66° с.ш. и 60-95° в.д.) по данным сканера МСУ-МР, расположенного на полярно-орбитальном метеоспутнике «Метеор-М» №2. Кроме того, СПК проводит сравнение результатов расчетов с наземными метеонаблюдениями, климатическими оценками, аналогичными расчетами по данным других спутниковых приборов и выдает автоматическую оценку качества классификации. В основе СПК лежат Комплексная пороговая методика (КПМ) автоматической классификации спутниковых данных с целью определения параметров облачного покрова, осадков и ОЯП [1, 2] и методика расчёта параметров подстилающей поверхности и приземного слоя воздуха [3].

В качестве предикторов КПМ использует измерения МСУ-МР в каналах 1-6 ($\lambda=0,6, 0,85, 1,7, 3,8, 11$ и 12 мкм), а также их разности. Дополнительно используются прогностические поля о вертикальном распределении температуры воздуха на стандартных

барических уровнях атмосферы и у поверхности земли и атмосферном давлении на уровне моря, а также цифровая модель рельефа и параметры облачности и осадков, полученные на начальных этапах классификации. Пороговые значения предикторов рассчитываются для каждого пиксела спутникового изображения как функции высоты места над уровнем моря, высоты солнца, номера календарного дня, приземной температуры воздуха и др.

Информационными продуктами, полученными в СПК (с разрешением 1' по широте и 1,5' по долготе), являются оценки параметров облачного покрова (облачная маска, типы облачности, максимальная и суммарная водность облачного слоя, температура и высота верхней границы облачности (ВГО), высота нижней границы облачности, фазовое состояние воды в облачных частицах в слое вблизи ВГО, оптические плотность и толщина облачного слоя, эффективный радиус облачных частиц), осадков (зоны осадков разной интенсивности, тип осадков у поверхности земли, суточные, месячные и годовые суммы осадков) и ОЯП (зоны гроз, града и обледенения разной интенсивности, высота верхней и нижней границ каждого слоя обледенения), а также параметров подстилающей поверхности (температура почвы, эффективная температура подстилающей поверхности, излучательная способность поверхности почвы, вегетационный индекс, листовой индекс и проективное покрытие растительностью) и приземного воздуха (температура воздуха у поверхности растительного покрова).

Проведена первичная валидация информационных продуктов СПК с данными наземных наблюдений на метеостанциях, климатическими оценками и аналогичными оценками по данным AVHRR с КА NOAA [4] на примере архива синхронных спутниковых и наземных наблюдений за 2015-2018 гг. Результаты валидации показывают хорошее качество получаемых спутниковых оценок для территории Западной Сибири, сопоставимое с аналогичными оценками для ЕТР по данным МСУ-МР [5] и AVHRR и зарубежными аналогами (например, полученных в центрах EUMETSAT SAF CM (<http://www.cmsaf.eu>)). Восстановленные в СПК «Западная Сибирь» характеристики облачности, в основном, удовлетворяют предъявляемым к ним пользователями требованиям и могут быть рекомендованы к использованию в качестве дополнения и равноценной замены наземным метеонаблюдениям для мезомасштабного мониторинга облачного покрова и подстилающей поверхности в оперативном режиме и для климатических исследований.

Методика дешифрирования облачности. Разработанная в СЦ ФГБУ «НИЦ «Планета» методика автоматического дешифрирования облачного покрова и расчета его характеристик в качестве исходных данных использует данные радиометра AVHRR (Level-1b) космических аппаратов серии NOAA и MetOp-B. Итоговыми информационными продуктами являются карты классификации облачности по типам, высоте и температуре ВГО. В основе методики лежат расчеты алгоритмов AWG, после выполнения которых производятся поэтапные оценки количественных характеристик облачности. На заключительном этапе производится подробная морфологическая классификация облачности с помощью порогового метода [6]. Для определения степени достоверности расчетов методики были проведены оценки качества полученных информационных продуктов по данным наземной наблюдательной сети, данным доплеровского метеолокатора и продуктам КА CALIPSO [7]. Получены следующие средние значения достоверности восстановленных параметров: для типов облачности ~97 %, для высоты ВГО – 80 %; вероятность случаев

ложного детектирования облачности – 1,6 % . Обнаружены месяцы (апрель-сентябрь) с наивысшим качеством восстановления параметров облачности. Выявлены синоптические ситуации, при которых отмечается рост случаев ложного детектирования облачности [8].

Условия сравнения. Сопоставление двух методик проводилось для территории ограниченной 49-66° с.ш. и 60-95° в.д (рисунок 1) с учетом временного и пространственного совмещения. Для сопоставления выбирались пиксели на классифицированных изображениях МСУ-МР и AVHRR, для которых рассчитанное в заданном окне значение корреляции больше порогового. С учетом времени развития облачности в летний период разница во времени съемок задавалась не более 10 минут. Сравнение проводилось для весеннего и летнего периода года (апрель – август 2019 г.) по шести видам продуктов: тип облачности, фазовое состояние и эффективный радиус облачных частиц, оптическая плотность облачного слоя, температура и высота ВГО. Минимальное покрытие рассматриваемой территории расчетными данными составляло не менее 30%.

Результаты. При проведении сравнения двух методик рассчитывались: вероятность совпадения оценок параметров облачности обеими методиками относительно КПМ и относительно методики дешифрирования облачности, а также среднее отклонение, среднее абсолютное отклонение, среднее квадратичное отклонение и стандартное отклонение, рассчитанные как по каждому классу облачности, так и суммарно по всей облачности.

Заключение. Проводимое сопоставление направлено на повышение достоверности восстановления характеристик облачности в Сибири. В дальнейшем, исследование будет проведено для осеннего и зимнего периодов года.

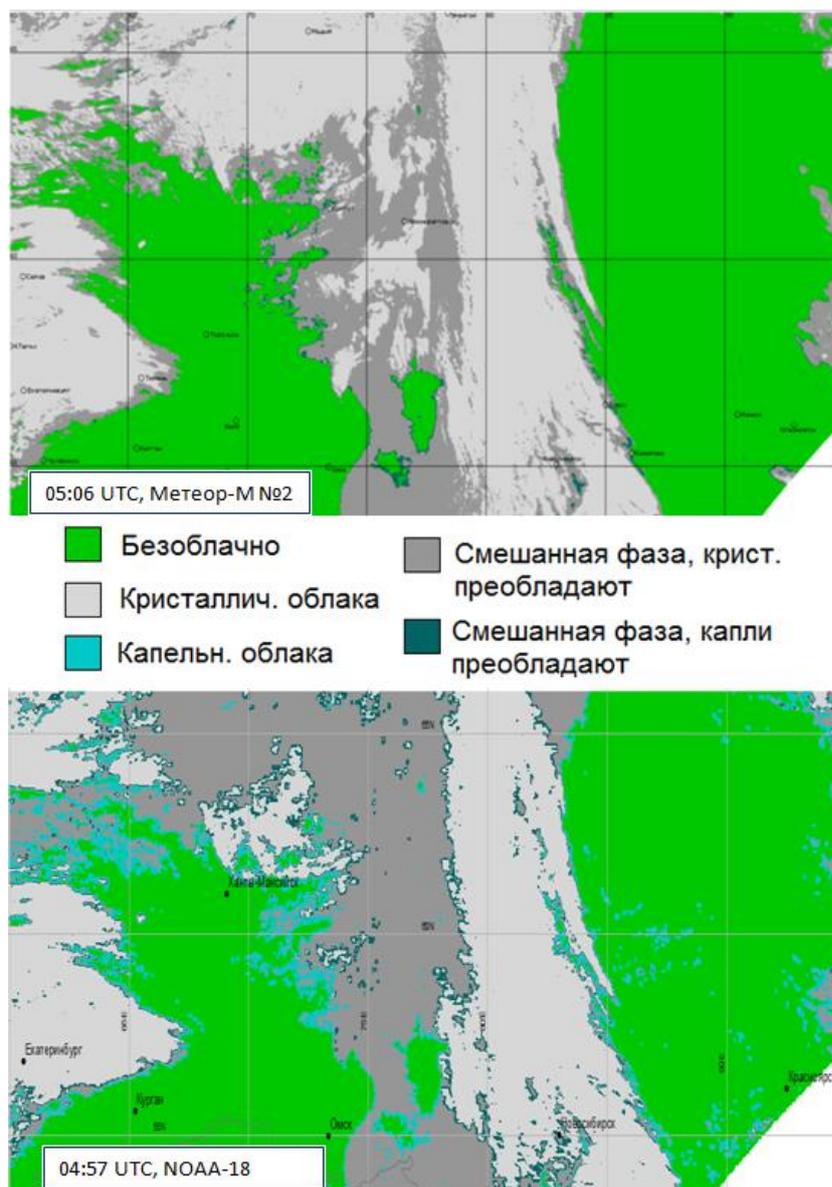


Рис. 1 Фазовое состояние облачности, рассчитанное КПМ (сверху) и методикой дешифрирования облачности (снизу), 27.03.2019 г.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Волкова Е.В. Определение параметров облачного покрова и осадков по данным МСУ-МР с полярно-орбитального метеоспутника «Метеор-М» №2 для Европейской территории России // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2017. Т. 14. № . С. 300-320.
- [2] Волкова Е.В., Гиричев Д.Б. Определение параметров облачного покрова и осадков по данным МСУ-МР с полярно-орбитального метеоспутника «Метеор-М» №2 для территории Западной Сибири // Сборник тезисов Шестнадцатой Всероссийской открытой конференции "Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса". Москва, ИКИ РАН, 12-16 ноября 2018 г. С. 166. ISBN 978-5-00015-018-4. doi:10.21046/2070-16DZZconf-2018a.
- [3] Волкова Е.В., Музылев Е.Л., Старцева З.П. Определение температуры подстилающей поверхности по данным МСУ-МР/Метеор-М№2 на примере Центрально-Черноземного региона

- ЕТР // Сборник тезисов Международного Симпозиума “Атмосферная радиация и динамика” (МСАРД–2017), 27–30 июня 2017 г. Санкт-Петербург. С.47-49.
- [4] Волкова Е.В. Сравнение двух методик определения параметров облачного покрова и осадков по данным наблюдений с полярно-орбитальных метеоспутников для Европейской территории России // Сборник тезисов Шестнадцатой Всероссийской открытой конференции "Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса". Москва, ИКИ РАН, 12-16 ноября 2018 г. С. 165. ISBN 978-5-00015-018-4. doi:10.21046/2070-16DZZconf-2018a.
- [5] Волкова Е.В. Оценки суточных сумм осадков по данным МСУ-МР с полярно-орбитального КА Метеор-М №2 для Центрально-Черноземного региона Европейской территории России» // Сборник тезисов Международного Симпозиума “Атмосферная радиация и динамика” (МСАРД–2017), 27–30 июня 2017 г. Санкт-Петербург. С.43-45.
- [6] Косторная А.А., Захватов М.Г., Токарева Ю.В. Результаты испытания методики дешифрирования облачного покрова по спутниковым данным // Информационный сборник № 44. Результаты испытания новых и усовершенствованных технологий, моделей и методов гидрометеорологических прогнозов / под ред. канд. геогр. наук А.А. Алексеевой. – М.; Обнинск: ИГ-СОЦИН. – 2017. – с. 158-170.
- [7] Косторная А.А., Рублев И.В., Беляев Д.Ю., Соловьева И.А. Методика попиксельной автоматической классификации облачного покрова и восстановления его количественных характеристик по данным измерений радиометра AVHRR // Сборник докладов Всероссийской молодежной научно-практической конференции «Орбита молодежи» и перспективы развития Российской космонавтики». – 2017. – ISBN 978-5-4387-0776-9. – с. 27-28.
- [8] Косторная А. А., Сапрыкин Е. И., Захватов М. Г., Токарева Ю. В. Метод дешифрирования облачного покрова по спутниковым данным // Метеорология и гидрология, 2017, № 12, с. 16-24.