

# ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ОБЛАЧНОСТИ И ЕЁ РАДИАЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ПО ДАННЫМ МЕЗОМАСШТАБНОЙ МОДЕЛИ COSMO И ИЗМЕРЕНИЯМ

Хлестова Ю.О.<sup>1,2</sup>, Чубарова Н.Е.<sup>1</sup>, Шатунова М.В.<sup>2</sup>, Платонов В.С.<sup>1</sup>, Ривин Г.С.<sup>2</sup>

1 – Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова

Воробьевы горы, 1, 119991, г.Москва, Россия

2 –ФГБУ «Гидрометцентр России»

Б. Предтеченский пер., 11-13, 123242, г.Москва, Россия

e-mail: meteojulia@gmail.com, natalia.chubarova@gmail.com, gbert@yandex.ru,

vplatonov86@gmail.com, gdaly.rivin@mail.ru

Ключевые слова: облачность, солнечная радиация, моделирование.

В докладе представлены результаты исследования воспроизведения мезомасштабной моделью COSMO облачных и радиационных характеристик атмосферы в сравнении с данными измерений за 2014 и 2016 гг. в Линденберге, Германия. Приведены сопоставления модельных и измеренных характеристик профилей и интегрального содержания влаги в атмосфере и анализ влияния облачности на прогноз суммарной коротковолновой радиации в новой и действующей облачно-радиационных схемах.

В настоящее время прогноз погоды базируется на результатах численного моделирования состояния атмосферы. Одной из важных задач, стоящих сегодня перед исследователями и разработчиками, является оценка качества воспроизведения параметров атмосферы. Мировая тенденция повышения пространственного разрешения моделей вывела на первый план необходимость совершенствования подходов к описанию облачно-радиационного взаимодействия. Сложность в оценке как существующих, так и развивавшихся методов расчета радиационных характеристик в облачной атмосфере заключается в нехватке данных наблюдений за микро- и макрофизическими параметрами облачности и потоками излучения. В рамках таких крупных международных проектов как Cloudnet [2], BALTEX [1] уже проводились исследования, направленные на изучение облачно-радиационного взаимодействия в моделях атмосферы.

В настоящей работе был выполнен анализ качества воспроизведения некоторых характеристик в облачной атмосфере, а также микрофизических параметров облачности и радиационных характеристик, рассчитанных по мезомасштабной модели COSMO. Расчеты выполнялись с помощью версии COSMO с шагом сетки 2,2 км, реализованной для части восточной Германии. Оценки характеристик влаго- и водосодержания выполнены для периода март-октябрь 2016 года. Для отдельных дней 2014 года, для которых имелись соответствующие данные, были выполнены оценки микрофизических

параметров облаков (эффективного радиуса частиц) и водосодержания. В работе были использованы данные метеорологической обсерватории имени Ричарда Ассмана в Линденберге, Германия – как данные измерений, так и восстановления микрофизических характеристик облачности, полученные по разработанным методикам на основании целого комплекса наблюдений (табл.1).

Таблица 1. Используемые в работе для проведения сравнений инструментальные и восстановленные данные

I. Инструменты	Параметры
Микроволновый радиометр TP-WVP 3000 [5] 58 уровней, от 0 до 10 км	Интегральное водосодержание Профиль и интегральное влажносодержание
Kipp&Zonen CM21	Прямая и рассеянная коротковолновая радиация
II. Методики	Параметры
Восстановление ледосодержания[4] 496 уровней, от 300 до 22000 м	Профиль ледосодержания
ИРТ (Integrated Profiling Technique) 495 уровней, от 300 до 14500 м	Профиль эффективного радиуса частиц
Восстановление количества облаков[3] 90 уровней, от 60 до 73000 м	Профиль количества облаков

Рассмотрим некоторые из полученных результатов. На рисунке 1 представлены среднемесячные профили влажносодержания (QV) в марте 2016 года по данным модели и измерений. Можно отметить, что в нижнем слое модель занижает содержание водяного пара, в то время как в средней и верхней тропосфере наблюдается завышение, которое усиливается с ростом высоты. Подобная картина наблюдается на всем интервале сравнений.

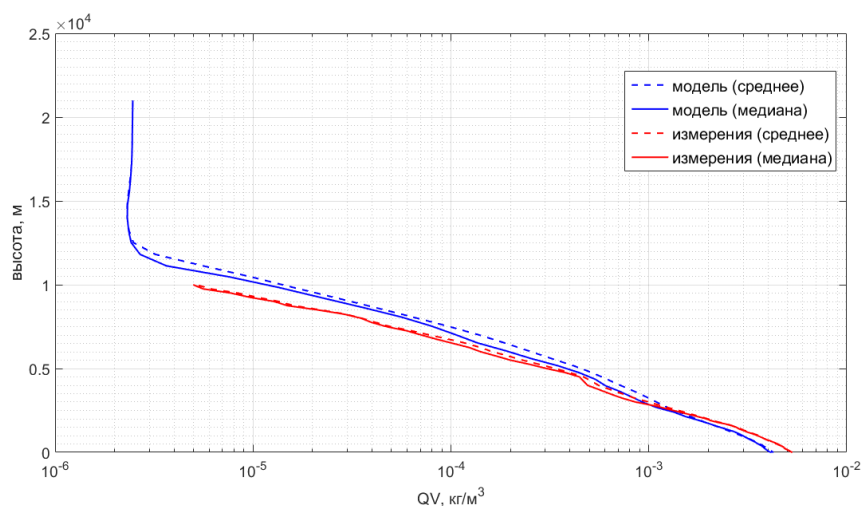


Рисунок 1 – Среднемесячные профили влагосодержания (QV) для марта 2016 года по данным модели COSMO и измерений

На рисунке 2 представлена корреляция среднечасовых данных измеренного и полученного с помощью модели COSMO общего водосодержания (TQC) в период март – октябрь 2016 года. Общее водосодержание плохо воспроизводится в модели. В целом, TQC по расчетам завышено относительно измерений, коэффициент корреляции составляет 0,269.

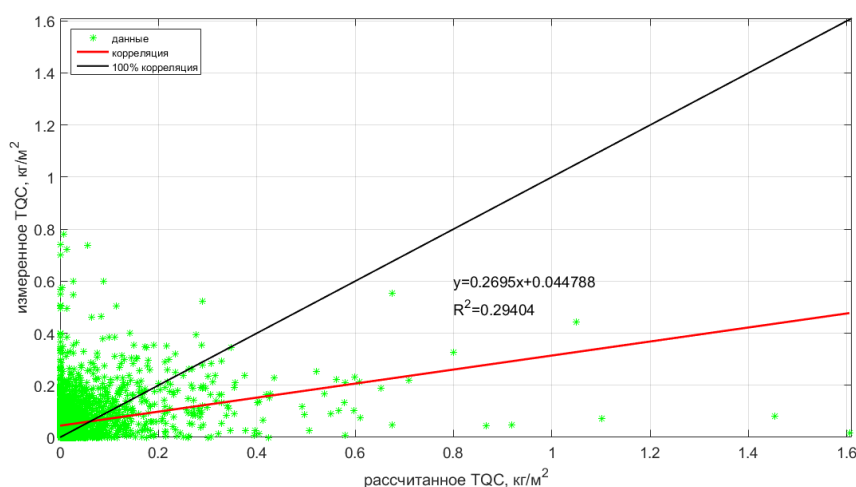


Рисунок 2 – Корреляция измеренного и рассчитанного по модели общего водосодержания (TQC) за период март-октябрь 2016 года

Корреляции 15-минутных данных измерений и расчетов потока рассеянной радиации на подстилающей поверхности при высоте Солнца больше  $15^\circ$  для упомянутого периода составляют 0,588 при коэффициенте детерминации  $R^2=0,497$ . При сравнения величин потока, для случаев, когда рассчитанные и измеренные величины общего водосодержания различаются менее чем на 15%, как видно из рисунка 3, корреляция значительно растет.

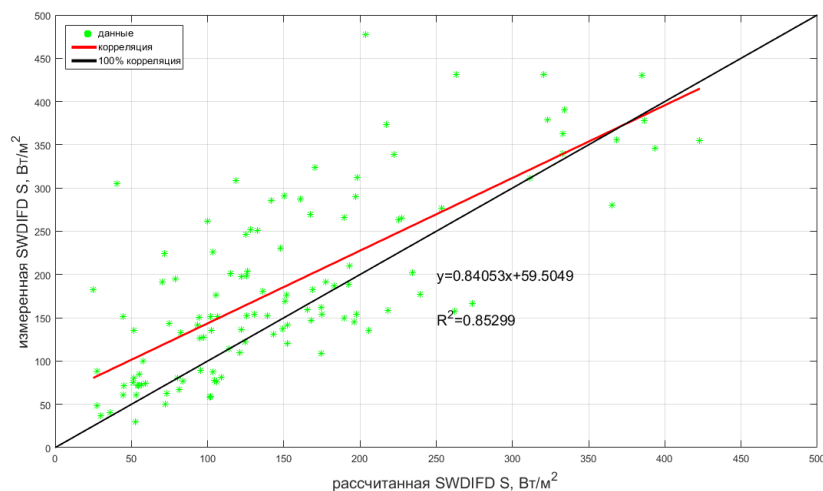


Рисунок 3 – Корреляция измеренной и рассчитанной рассеянной радиации (SWDIFD\_S) для выборки данных с разностями общего водосодержания не более 15%

Рассмотрены особенности восстановления микрофизических характеристик облаков и их влияние на солнечную радиацию по данным новой и стандартной параметризаций облачно-радиационного взаимодействия.

Авторы выражают благодарность сотрудникам обсерватории Линденберга за предоставленные данные. Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 18-17-00149 и в рамках приоритетного проекта консорциума COSMO « $T^2(RC)^2$  – Testing and Tuning of Revised Cloud Radiation Coupling».

## Литература

1. *Crewell S. and Coauthors* The BALTEX Bridge Campaign: An integrated approach for a better understanding of clouds // *Bull. Amer. Met. Soc.* 2004. N 85. P.1565-1584
2. *Illingworth A.J., Hogan R.J., O'Connor E.J., Bouniol D., Brooks M.E., Delanoe J., Donovan D.P., Eastment J.D., Gaussiat N., Goddard J.W.F., Haefliger M., Klein Baltink H., Krasnov O.A., Pelon J., Piriou J.M., Protat A., Russchenberg H.W.J., Seifert A., Tompkins A.M., van Zadelhoff G.-J., Vinit F., Willen U., Wilson D.R., Wrench C., L.* Cloudnet -Continuous Evaluation of Cloud Profiles in Seven Operational Models Using Ground-Based Observations // *Bull. Amer. Met. Soc.* 2007. N 88. P.883-898
3. *Hogan R.J., Jacob C., Illingworth A.J.* Comparison of ECMWF Winter-Season Cloud Fraction with Radar-Derived Values // *J. Appl. Meteor.* 2001. N 40. P.513-525
4. *Hogan R.J., Mittermaier M.P., Illingworth A.J.* The retrieval of Ice Water Content from Radar Reflectivity Factor and Temperature and Its Use in Evaluating A Mesoscale Model // *J. Appl. Meteor. Climatol.* 2006. N 45. P.301-317
5. *Ware R., Carpenter R., Guldner J., Liljegren J., Nehrkor T., Solheim F., Vandenberghe F.* A multichannel radiometric profiler of temperature, humidity and cloud liquid // *Radio Sci.* 2003. V.38, N 4, 8079, doi:10.1029/2002RS002856