

МОНИТОРИНГ СОДЕРЖАНИЯ ВОДЯНОГО ПАРА В АТМОСФЕРЕ

Крюковских Е.П., Бобровский А.П., Дьяченко Н.В., Хлябич П.П.¹

¹ – *Российский государственный гидрометеорологический университет, Санкт-Петербург, Россия, kriukovskikh1967@mail.ru*

Аннотация. В настоящей работе проведен сравнительный анализ результатов определения общего содержания водяного пара солнечным фотометром CIMEL и микроволновым радиометром RPG–НАТPRO.

Ключевые слова: общее содержание водяного пара, наземные измерения, радиометр, фотометр.

Водяной пар является важнейшим атмосферным газом, создающим парниковый эффект и определяющим климат на Земле. Основная масса водяного пара сосредоточена в приземном слое воздуха мощностью до 6–7 км. Его концентрация быстро убывает с высотой. Среднее содержание водяного пара в вертикальном столбе атмосферы в умеренных широтах – около 1,6 – 1,7 см «слоя осажденной воды» (такую толщину будет иметь слой сконденсированного водяного пара). Мониторинг общего содержания водяного пара (ОСВП) проводится различными методами, как спутниковыми, так и наземными. Проверка точности спутниковых измерений постоянно осуществляется при сравнении с результатами наземных измерений, поэтому совершенствование методик наземных измерений является важной задачей. В настоящей работе проведен сравнительный анализ результатов определения ОСВП солнечным фотометром CIMEL и микроволновым радиометром RPG–НАТPRO. Данные по влагосодержанию атмосферы получают с помощью анализа измерений прямого солнечного излучения в полосе поглощения водяного пара 940 нм.

Солнечный фотометр состоит из сенсорной головки, электронного блока с микропроцессором и модулем памяти, а также робота. Сенсорная головка этого инструмента имеет полное поле зрения 1.2°, два коллиматора длиной 33 см для уменьшения уровня паразитной засветки и два кремниевых детектора для измерения прямого солнечного излучения и яркости неба. Микроволновой радиометр RPG–НАТPRO имеет 7 каналов в области линии поглощения водяного пара 1,35 см. Прибор предназначен для определения профилей температуры и влажности в атмосфере, а также водозапаса облаков.

Контроль достоверности аналитических измерений

На рис. 1 приведен пример сопоставлений измерений ОСВП с помощью фотометра CIMEL и МКВ радиометра. Из рисунка видно, что фотометр дает систематически более низкие значения ОСВП по сравнению с измерениями МКВ радиометра. На этом же рисунке приведены рассогласования (в процентах, приведенные к МКВ измерениям) между двумя ансамблями. Отметим, что 38% процентов всех разностей меньше 10%, а 93% всех разностей меньше 20%.

Каждому значению CIMEL сопоставлялось МКВ значение ОСВП, осредненное за 1 минуту, т.е. два типа измерений были максимально согласованы по времени, при этом сами приборы находились на расстоянии ~3 м друг от друга. Однако следует учесть, что МКВ радиометр измеряет ОСВП в вертикальном направлении, а прибор CIMEL направлен на диск Солнца. Таким образом, при идеальном временном соответствии два сопоставляемых измерения имеют пространственные отличия, особенно значительные при низком Солнце.

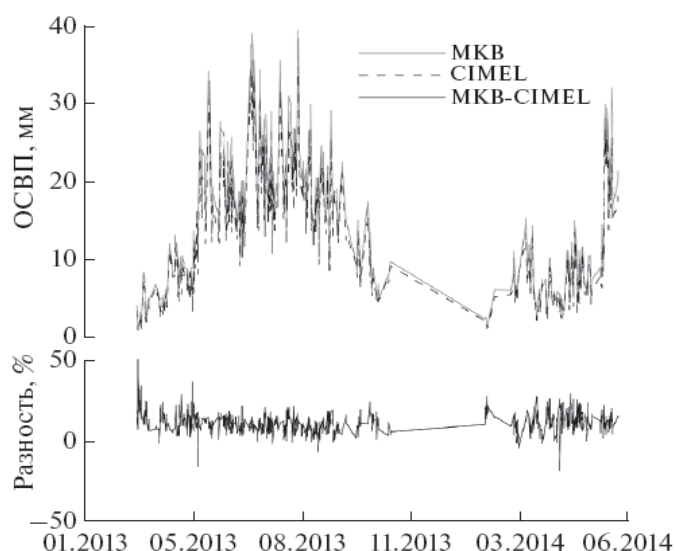


Рис. 1. Временной ход величин ОСВП, измеренных МКВ радиометром RPG-HATPRO и фотометром CIMEL, а также их относительная разность.

Прибор CIMEL занижает ОСВП по сравнению с МКВ измерениями. Это занижение особенно значительно при малых величинах ОСВП (менее 4 мм) и достигает ~18%. С ростом ОСВП относительные рассогласования, как правило, уменьшаются. Минимальное среднее рассогласование составляет ~10% для поддиапазона величин ОСВП 10–20 мм. Абсолютные значения рассогласований находятся в диапазоне от 0.51 мм до 2.72 мм и растут с ростом значений ОСВП. Для всего ансамбля сопоставлений средние рассогласования составляют ~10.9% и 1.56 мм.

Литература

1. Тимофеев Ю.М., Васильев А.В. Теоретические основы атмосферной оптики. – СПб.: Наука, 2003
2. Тимофеев Ю.М. Глобальная система мониторинга параметров атмосферы и поверхности. – СПб., 2009.
3. Тимофеев Ю.М. Исследования атмосферы Земли методом прозрачности. – СПб.: Наука, 2016.

MONITORING OF WATER VAPOUR IN THE ATMOSPHERE

Kriukovskikh E.P., Bobrovsky A.P., Dyachenko N.V., Khlyabich P.P.¹

¹ – Russian State Hydrometeorological University, St. Petersburg, Russia, kriukovskikh1967@mail.ru

Abstract This paper presents a comparative analysis of the results of determining the total water vapor content of the solar photometer CIMEL and microwave radiometer RPG-HATPRO.

Keywords: total water vapor content, ground measurements, radiometer, photometer