Использование радиосигналов ГЛОНАСС для мониторинга водяного пара в атмосфере

Алдошкина Е.С., Обрезкова И.В., Чукин В.В.

ГОУ ВПО "Российский государственный гидрометеорологический университет"

В настоящее время для дистанционного зондирования водяного пара в атмосфере используются следующие методы радиозондирование атмосферы, лазерное зондирование и микроволновое зондирование. Радиозондирование и лазерное зондирование относятся к активным дистанционным методам. Микроволновое зондирование относится к пассивным методам. Однако эти методы обладают рядом недостатков. Наилучшую точность измерения влажности воздуха обеспечивает использование радиозондирования атмосферы, но данный метод позволяет проводить измерения только два раза в сутки и точность измерений сильно снижается при температуре воздуха ниже 40 ºC. Высокое пространственное разрешение и хорошую точность обеспечивает метод лазерного зондирования атмосферы, однако аппаратура зондирования не получила широкого распространения из-за высокой стоимости. При этом диапазон высот зондирования и точность определения влажности как лазерным, так и микроволновым методами сильно зависят от наличия облаков в атмосфере. Кроме того, микроволновый метод зондирования обладает невысокой точностью.

Таким образом, имеется необходимость создания метода, который давал бы высокую точность измерения влажности воздуха и был доступным, надежным, простым и экономичным в эксплуатации. Таким методом может быть метод дистанционного зондирования водяного пара радиосигналами ГЛОНАСС, который позволяет осуществлять расчет содержания водяного пара в атмосфере по данным наземной регистрации радиосигналов космических аппаратов глобальной навигационной спутниковой системы [1, 2]. Содержание водяного пара определяется на основе измерений задержек радиосигналов в тропосфере, которые появляются в результате уменьшения фазовой скорости радиоволн за счет эффекта поляризации молекул азота, кислорода, углекислого газа, водяного пара. На основе данных измерений задержек радиосигналов в атмосфере решается обратная задача дистанционного зондирования: определяется вертикальный профиль показателя преломления радиоволн с помощью метода статистической регуляризации, а затем восстанавливается профиль влажности воздуха. При восстановлении вертикального профиля показателя преломления радиоволн используется информация о межуровенной корреляции основных метеорологических параметров (температуры, влажности воздуха и атмосферного давления).

Межуровневый коэффициент корреляции показателя преломления радиоволн складывается из произведений квадратов производных по каждому из параметров и корреляционной функции этого метеорологического параметра. Корреляционные функции полей температуры воздуха и атмосферного давления убывают с высотой и испытывают влияние приземных инверсий и облаков нижнего яруса. По мере увеличения расстояния между коррелируемыми уровнями коэффициент корреляции поля водяного пара существенно уменьшается и достигает минимальных положительных значений в верхней тропосфере.

Для улучшения точности восстановления вертикального профиля водяного пара в атмосфере необходимо учитывать наличие приземных инверсий и облаков в различные сезоны года на различных территориях. Проведенные численные эксперименты показали, что наибольшей информативностью обладают значения измерений задержек радиосигналов, полученные при углах места навигационных спутников менее 5 градусов над горизонтом.

Данный метод позволяет получать важную информацию о вертикальном распределении содержания водяного пара в нижних слоях атмосферы. К достоинствам метода относятся его оперативность и "всепогодность", то есть независимость от наличия облаков. Информация, получаемая этим методом, может быть использована в региональных численных моделях прогноза погоды с целью улучшения качества прогноза и его пространственной детализации.

Направлением дальнейших исследований является оценка точности определения вертикального профиля влажности воздуха при различных положениях космических аппаратов глобальной навигационной спутниковой системы над горизонтом, наличии облачности и слоев инверсии температуры в различные сезоны года.

Работа выполнена при поддержке ФЦП «Кадры» ГК № П1549.

Литература

1. Flores A., Ruffini G.., Rius A. 4D tropospheric tomography using GPS slant wet delays // Ann. Geophysicae. – 2000. – Vol.18. – P.223-234.

2. Чукин В.В. Применение сетевых технологий при построении системы дистанционного зондирования атмосферы с помощью глобальной навигационной спутниковой системы // Успехи современного естествознания. – 2008. – №11. – С.58.