

## Наблюдения интегрального влагосодержания на ГМО Тикси

Д. В. Дроздов, Ю. В. Рыбаков

*Федеральное государственное бюджетное учреждение «Главная геофизическая обсерватория им. А. И. Воейкова», 194021 Санкт-Петербург ул. Карбышева д. 7, drozdov@solarixx.com*

*Наблюдения интегрального влагосодержания (интегрального содержания водяного пара в атмосфере и жидкокапельной влаги в облаках) на ГМО Тикси производятся с 2013 года. Для наблюдения интегрального влагосодержания (влажностных характеристик атмосферы) на ГМО Тикси используется серийный СВЧ радиометрический комплекс влажностного зондирования атмосферы (РК ВЗА). Полученные с помощью РК ВЗА в 2016 г. результаты наблюдения интегрального влагосодержания (влажностных характеристик атмосферы) рассматриваются в сравнении с рассчитанными по данным аэрологического зондирования величинами. Приводится график влагосодержания совместно с рассчитанными по данным аэрологического зондирования величинами влагозапаса. Были получены непрерывные ряды наблюдений, что позволяет начать переход к отслеживанию ситуативных изменений, связанных с прохождением атмосферных фронтов и полей осадков. Наблюдается хорошая корреляция с другим косвенным методом определения влагозапаса атмосферы – по данным аэрологического зондирования.*

*Total water contents observations (integrated atmospheric water vapour and integrated cloud liquid) at Tiksi HMO are set as from 2013. Factory produced atmospheric humidity sounding radiometric complexes (AHS RCs) are used to collect integrated water contents (atmospheric humidity characteristics). Results of AHS RC AHS observations for 2016 are presented in comparison with calculated from upper-air soundings parameters. A combined graph of calculated by upper-air soundings values of humidity characteristics and those produced by remote sounding is presented. Continuous series of measurements that were achieved ensure following transition to atmospheric fronts circulations and precipitation fields situative movement analysis. An adequate correlation against other indirect method (upper-air sounding) of total water contents calculation occurs.*

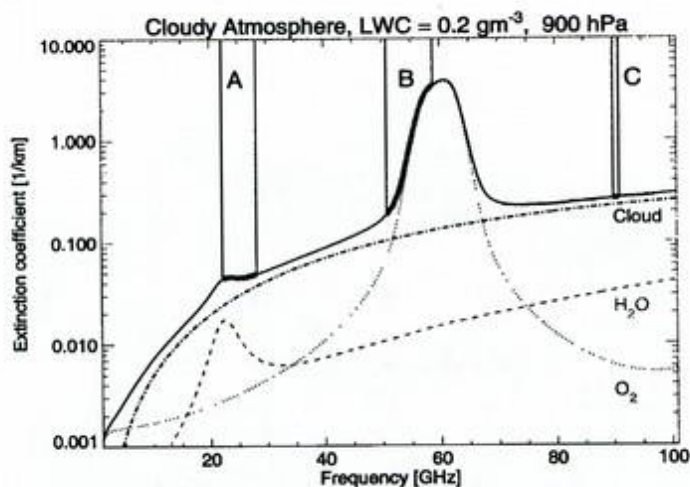
Наблюдения интегрального влагосодержания (интегрального содержания водяного пара в атмосфере и жидкокапельной влаги в облаках) на ГМО Тикси производятся с 2013 года. Наблюдения производятся в непрерывном режиме круглосуточно, так же непрерывно производится передача данных на тематический сервер ГГО в п. Воейково.

Для наблюдения интегрального влагосодержания (влажностных характеристик атмосферы) на ГМО Тикси используется СВЧ радиометрический комплекс влажностного зондирования атмосферы (РК ВЗА).

Принцип наблюдения основан на приёме собственного радиотеплового излучения атмосферы на трёх частотах [1,2]: 37 ГГц – окно прозрачности атмосферы, используется для измерения интегрального водозапаса облаков, 22,2 ГГц – линия поглощения водяного пара, 19,5 ГГц – вспомогательный канал для уточнения информации о влагозапасе атмосферы.

Оптическая толщина и радиояркая температура собственного нисходящего излучения атмосферы находятся в зависимости от метеопараметров атмосферы (водяной пар, кислород, капельные облака, рис. 1 [3]). По изменению характеристик радиотеплового излучения атмосферы определяют зависимость оптической толщины от профилей основных метеопараметров атмосферы. В свою очередь, оптическая толщина атмосферы связана с влагозапасом атмосферы и водозапасом облаков линейным соотношением. Таким образом, задача определения интегрального влагосодержания сводится к решению линейной системы уравнений относительно искомых параметров

влажностного запаса атмосферы и водозапаса облаков по результатам измерений радиояркостной температуры излучения атмосферы на трёх частотных каналах.



**Рис. 1. Частотная зависимость коэффициента поглощения радиотеплового излучения атмосферы для основных метеопараметров**

Серийные средства для измерения радиояркостной температуры разрабатывались и выпускались в ЭПМГГО [4]. В состав комплекса входит СВЧ радиометр, который осуществляет приём собственного излучения атмосферы и компьютер сбора данных и управления, который осуществляет первичную обработку получаемой информации, архивацию ее на жестком диске, а также формирование пакетов данных для передачи на сервер сети наблюдений ВХА. В общем случае, радиометр устанавливается внутри лабораторного помещения или метеозащитного укрытия перед радиопрозрачным окном с малыми потерями материала.

На рис. 2 показана установка РК ВЗА в помещении метеостанции перед радиопрозрачным окном на ГМО Тикси. Наблюдения производятся на настольном угле 40° к горизонту. Материал радиопрозрачного окна – фторопласт Ф4.

Основные технические характеристики радиометрического комплекса:

- пирамидальный трёхчастотный гофрированный рупор с линзой из фторопласта;
- диаграмма направленности не более 9 градусов по главному лепестку;
- центральные частоты каналов 37 ГГц 22,2 ГГц 19 ГГц;
- рабочая полоса 1000 МГц для 1-го канала, 500 МГц для других;
- неравномерность усиления в полосе пропускания не более 1 дБ;
- прямые потери в полосе 2 ГГц, не более 1 дБ;
- коэффициент шума входных усилителей не более 3 дБ.

Оцифровка выходных сигналов радиометров производится многоканальным промышленным АЦП с достаточно высоким быстродействием, обеспечивающим ежесекундные измерения. Для сбора данных и управления прибором используются портативный компьютер.

Сбор первичных результатов измерений осуществляется на компьютере радиометрического комплекса. Программное обеспечение комплекса обеспечивает первичную обработку измерений яркостной температуры, вывод графика временного хода текущих данных, управление встроенной в прибор системой контроля. Информация передаётся на сервер сети, где укладывается в базу данных, в которой производится последующая обработка.

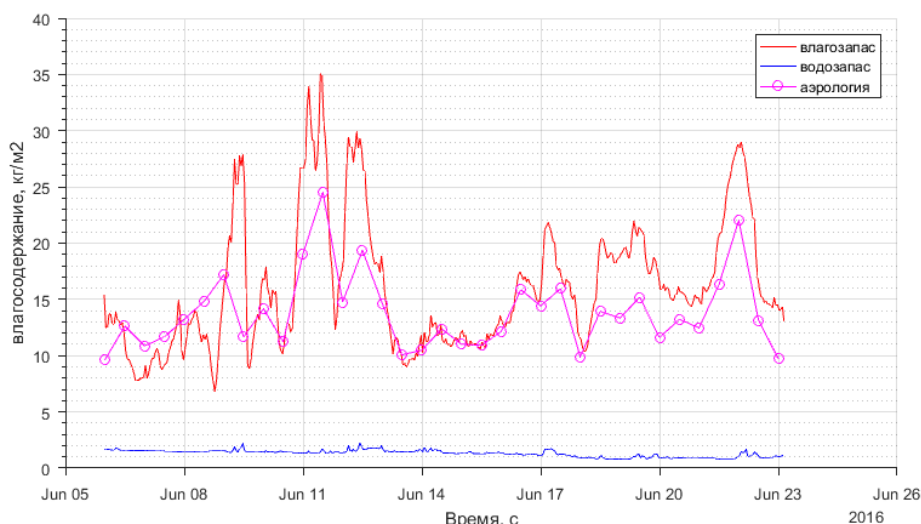


**Рис. 2. Установка ПК ВЗА перед радиопрозрачным окном на ГМО Тикси**

Полученные с помощью ПК ВЗА результаты наблюдения интегрального влагосодержания (влажностных характеристик атмосферы) рассматриваются в сравнении с рассчитанными по данным аэрологического зондирования величинами. На рис. 3 приводится график влагосодержания совместно с рассчитанными до данным аэрологического зондирования величинами влагозапаса.

Значения влагосодержания (кг/м<sup>2</sup>) по данным ПК ВЗА приводятся на графике с часовым усреднением (исходные данные – ежесекундные). Для аэрологических данных доступны единичные значения два раза в сутки.

Данные наблюдений ПК ВЗА во второй половине месяца хорошо коррелируют с данными аэрологии. Однако, отмечается незначительное расхождение в конце, что может быть связано с неточностью относительной калибровки. Значительное расхождение данных для начала месяца может быть связано с помехами при измерении. При детальном рассмотрении исходной записи прибора (здесь не приводится) наблюдается искусственный характер помех. В дальнейшем такого уже не наблюдается, характеристика становится заметно более «гладкой».



**Рис. 3. Данные РК ВЗА за июль 2016 года**

Данные за конец лета и начало осени для рассмотрения более сложные. Усиливается расхождение, требуется вводить дополнительные поправки. В целом, результаты наблюдений удовлетворительные.

Собранные за годы эксплуатации РК ВЗА результаты наблюдения интегрального влагосодержания (влажностных характеристик атмосферы) на ГМО Тикси в виде непрерывных рядов наблюдений позволяют начать переход к отслеживанию ситуативных изменений, связанных с прохождением атмосферных фронтов и полей осадков.

Наблюдается хорошая корреляция с другим косвенным методом определения влагозапаса атмосферы – по данным аэрологического зондирования. Прибор работает на станции с осени 2013 года без повторной калибровки. Возможно, наблюдаемые в связи с этим расхождения при сравнении результатов, получится устранить, если произвести калибровку комплекса по эталону с жидким азотом.

### Литература

1. Рабинович Ю. И., Шукин Г. Г. (1968). Определение содержания водяного пара в атмосфере по измерению микроволнового излучения. Труды ГГО. Выпуск 222.
2. Домбковская Е.П., Рабинович Ю.И. (1975). Анализ результатов измерений радиоизлучения атмосферы в эксперименте «Беринг» (вариант А). В сборнике «Советско-Американский эксперимент «Беринг», Гидрометеиздат.
3. Crewell S. and others (2001). Microwave Radiometer for Cloud Cartography. Radio Science, v.36, N 4.
4. Дроздов Д. В., Рыбаков Ю. В., Герасимов О. А. (2016) СВЧ радиометрический комплекс дистанционного зондирования интегральных характеристик влагозапаса атмосферы и водозапаса облаков. Труды ГГО. Выпуск 682.