

МЕТЕОАКТИНОМЕТРИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ГРАДИЕНТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ НА ДРЕЙФУЮЩЕМ ЛЬДУ

Одним из главных инструментов исследования причин и прогноза будущих изменений окружающей среды в арктическом регионе является численное моделирование сезонной и межгодовой изменчивости морского ледяного покрова под воздействием заданного атмосферного форсинга. В свою очередь успех моделирования зависит от описания процессов взаимодействия в системе «атмосфера – морской лед – верхний слой океана», определяющих формирование и таяние морского льда, с одной стороны, а с другой стороны, улучшение и валидация моделей в современных реалиях невозможно без использования качественных экспериментальных данных, которые необходимы в качестве начальных и граничных условий для диагностических и прогнозных расчетов.

В рамках Международного полярного года Россия организовала выполнение градиентных измерений ветрового поля и температуры воздуха в приповерхностном слое атмосферы на дрейфующем льду в рамках программы научных исследований, проводимых сначала на станции «Северный полюс-35» (СП-35), а затем и «Северный полюс-36» (СП-36). С этой целью усилиями российских специалистов на базе оборудования MAWS 110 финской компании «VAISALA» был создан специализированный метеоактинометрический комплекс, предназначенный для проведения указанных измерений, а также специальных актинометрических и стандартных метеорологических наблюдений за атмосферным давлением, температурой и относительной влажностью воздуха, метеорологической дальностью видимости и в снежном покрове на трех горизонтах.

Общий вид конструкции данного комплекса, размещенного на дрейфующем льду, показан на рисунке. Все его основные узлы и блоки совместно с метеорологическими датчиками располагаются на метеорологической мачте, изготовленной на базе M82-M, высотой 10 м, а комбинированный градиентный актинометрический датчик CNR-1 – в непосредственной близости от мачты на специализированной треноге. На мачте в от-

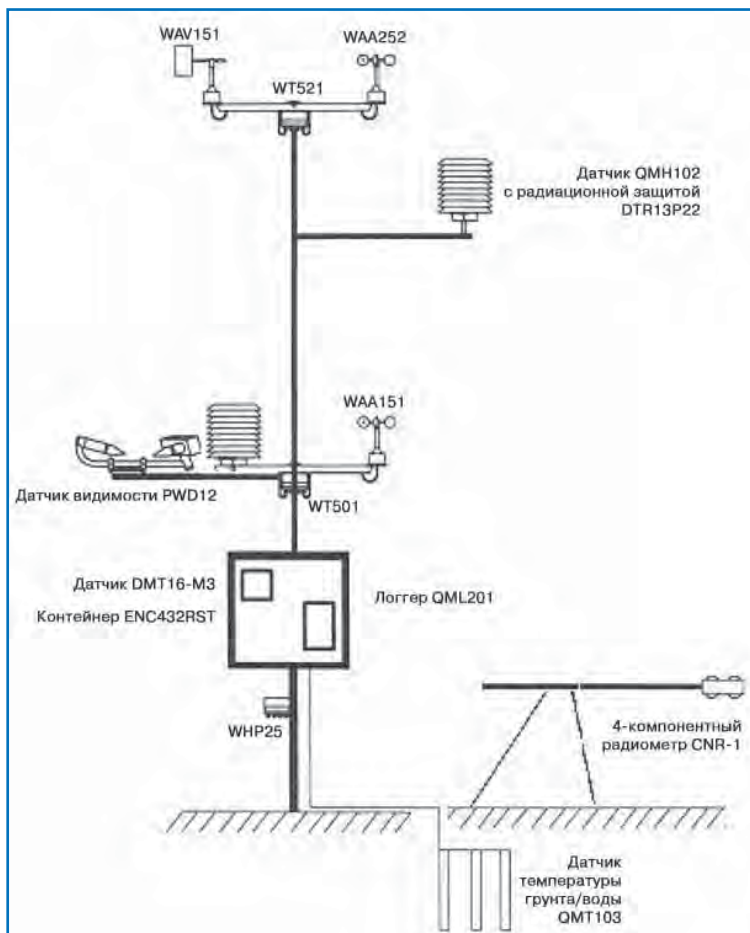


Схема метеоактинометрического комплекса

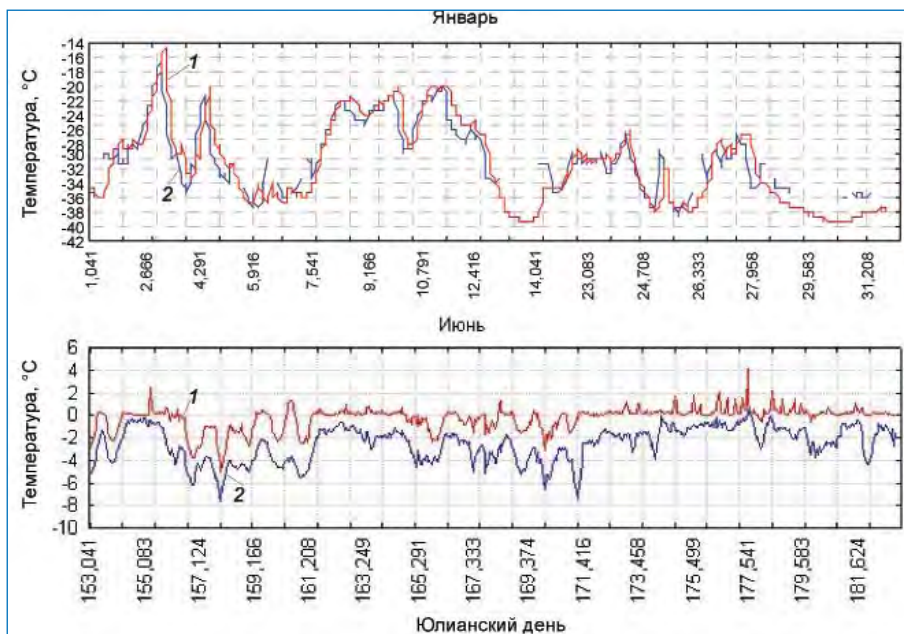
дельном защитном контейнере ENC432RST располагаются процессор-логгер QML201 вместе со встроенным датчиком атмосферного давления PMT16A-M3 и сетевым блоком питания QBR101B с элементами защиты. Процессор-логгер QML201 осуществляет сбор информации со всех датчиков, запись их во внутреннюю память и формирование сообщения для передачи полученных данных в интерфейсе RS-485

Характеристики метеоактинометрического комплекса

Наименование измеряемого параметра	Диапазон измерений	Погрешность
Скорость ветра, м/с	0÷75	±(0,5+0,05V)
Направление ветра, град.	0÷360	±5
Атмосферное давление, гПа	3÷1100	±0,5
Температура воздуха, °С	-50÷60	±0,2
Относительная влажность воздуха, %	0÷100	±3
Температура подстилающей поверхности, °С	-50÷60	±0,2
Приходящая суммарная солнечная радиация, Вт/м ²	0÷4000	±10
Отраженная солнечная радиация, Вт/м ²	0÷4000	±10
Нисходящая длинноволновая радиация, Вт/м ²	0÷4000	±10
Восходящая длинноволновая радиация, Вт/м ²	0÷4000	±10
Метеорологическая видимость, м	0÷2000	10 %

по кабельной линии длиной 300 м на компьютер, расположенный в лабораторном помещении. Компьютер осуществляет представление полученной информации на собственном дисплее с одновременной архивацией данных.

Основные метеорологические характеристики описываемого комплекса приведены в таблице.



Временной ход температуры поверхности по данным QMT 103 (1) и CNR-1 (2).

В состав комплекса входят метеорологические датчики компании «VAISALA», а именно: датчик скорости ветра WAA252 с подогревом чашечек, размещенный на высоте 10 м; датчик направления ветра WAV151 с подогревом флюгера, размещенный на высоте 10 м; датчик скорости ветра WAA151, размещенный на высоте 2 м; датчики температуры и влажности воздуха QMH102, размещенные в радиационной защите один на высоте 2 м, а другой – 8 м; датчик метеорологической дальности видимости и осадков PWD12; три датчика температуры поверхности QMT103, располагаемых в снежном покрове (на границе снег–лед, 10 см ото льда и на верхней границе снежного покрова) и 4-компонентный радиометр CNR-1 (Kipp&Zonen, Нидерланды).

Комбинированный актинометрический датчик CNR-1 дает информацию о приходящей и отраженной солнечной радиации, а также о приходящей и

уходящей длинноволновой радиации.

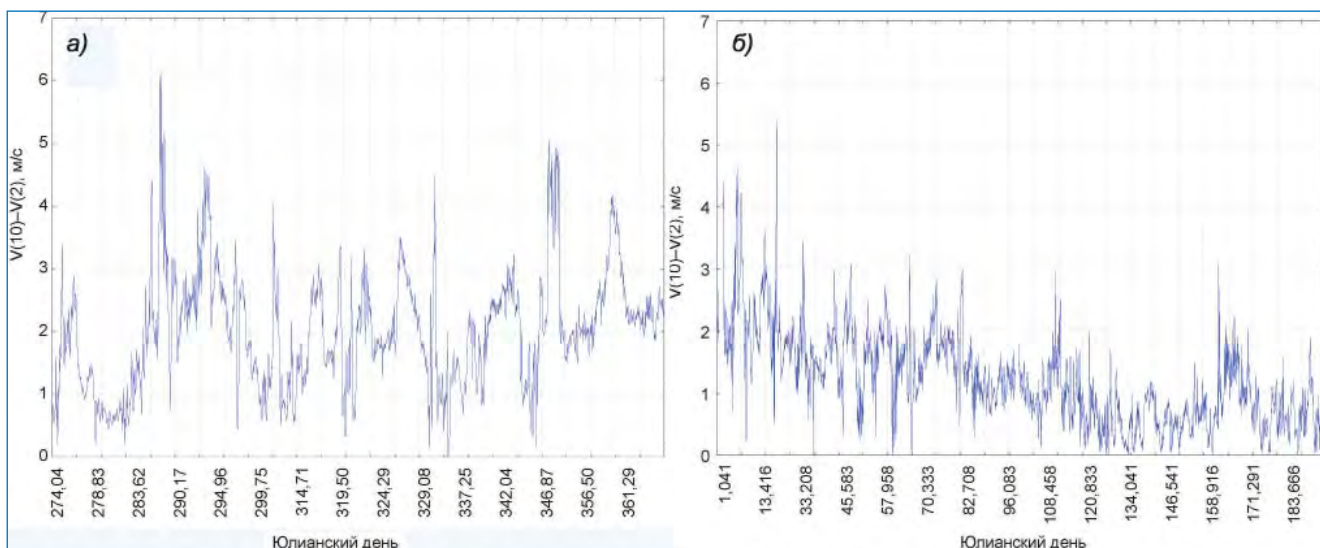
Комплекс питается от электрической сети переменного тока 220 В 50 Гц, общим потреблением не более 250 Вт. В случае нарушения сетевого электроснабжения предусмотрена его работа от бесперебойных источников питания продолжительностью до 6 часов в полном объеме и до 36 часов без подогрева датчиков.

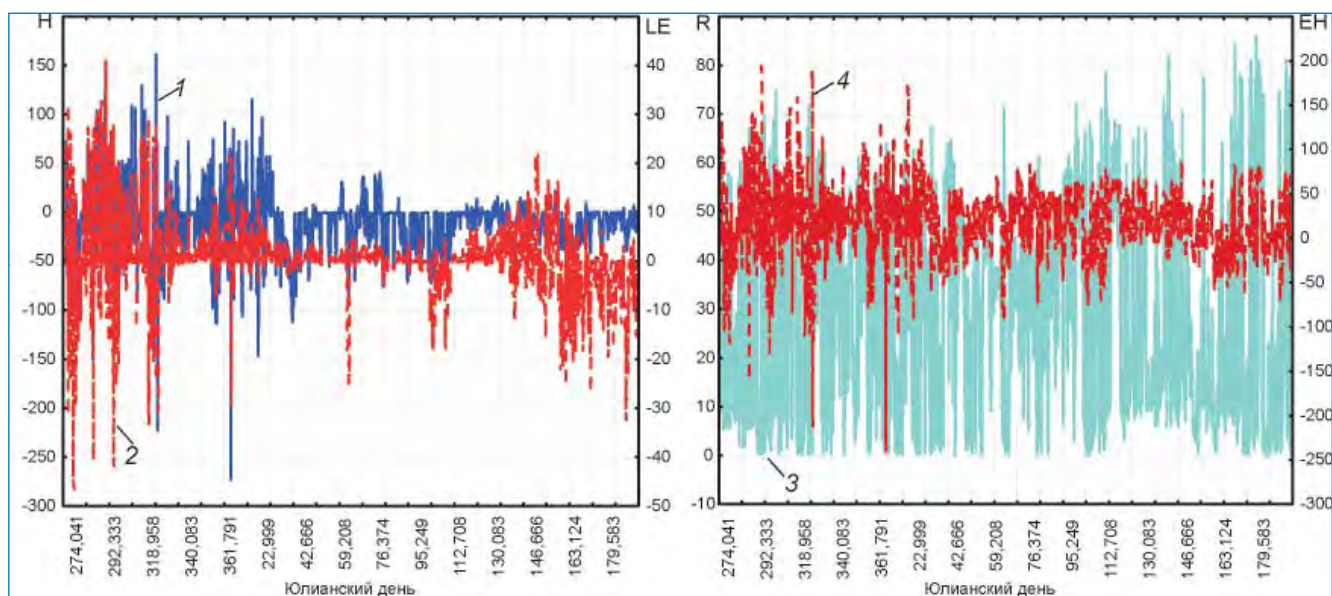
Для получения информации об истинном направлении ветра при измерениях на подвижной дрейфующей льдине использовалась компьютерная программа, пересчитывающая направление ветра, измеренное датчиком комплекса относительно произвольно выбранного направления, в истинное – относительно географического севера.

Для решения этой задачи на льдине устанавливаются два приемника спутниковой системы навигации Global Positioning System (GPS) на расстоянии не менее 50 метров друг от друга. Датчик направления ветра ориентируется параллельно линии, на которой расположены GPS-приемники. По координатам с приемников рассчитывают угол между нулем датчика направления ветра и истинным направлением на север. Так как льдина постоянно дрейфует, измерение и съем данных позиционирования синхронизированы. В качестве GPS-приемников применяются навигаторы типа Garmin 3 Plus и Garmin 76s, имеющие выход для выдачи данных на компьютер в формате NMEA 0183 по интерфейсу RS-232.

Данные от станции передаются на компьютер по интерфейсу RS-485 на расстояние до 1,2 км.

Временной ход вертикального градиента скорости ветра в слое 2–10 м. $V(10)$ – скорость ветра на высоте 10 м, $V(2)$ – скорость ветра на высоте 2 м. а – Юлианский день – 00 ч UTC 1 января 2007 г.; б – 00 ч UTC 1 января 2008 г.





Временной ход значений турбулентных потоков, где 1 – H (Вт/м²), 2 – LE (Вт/м²), 3 – R (Вт/м²), 4 – EH (Вт/м²).

Такой комплекс был развернут на дрейфующем льду на СП-35 21 сентября 2007 г., и тогда же началась передача оперативной информации в основные синоптические сроки. Впоследствии в 2010 г. для использования на СП-38 и последующих станциях-метеоактинометрический комплекс был модернизирован с помощью установки процессора MAWS420. В результате в состав комплекса вошел GPS-компас, а обработка данных для расчета истинных характеристик ветра с учетом перемещения льдины выполнялась уже процессором по данным навигационных измерений, поступающим с этого компаса.

К настоящему времени с использованием вышеописанного комплекса получен значительный объем метеорологических и актинометрических данных о приповерхностном слое атмосферы, позволивший более детально исследовать природу происходящих в Арктике геофизических процессов.

Так во время работ на дрейфующей станции СП-35 с сентября 2007 г. по июль 2008 г. при помощи комплекса AMC MAWS 110 были получены непрерывные ряды ежeminутных данных о температуре снежно-ледяного покрова на трех горизонтах (поверхность снега, на глубине 8 см в толще снежного покрова и на границе лед–снег), относительной влажности и температуре воздуха на высоте 2 и 8 м, скорости ветра на высотах 2 и 10 м и направления ветра на высоте 10 м, приходящей и отраженной солнечной и длинноволновой радиаций, дальности видимости и атмосферного давления. В дальнейшем на основе полученных данных был создан электронный архив среднечасовых значений метеорологических характеристик приледного слоя атмосферы.

В результате статистического анализа вертикальных градиентов температуры воздуха было выявлено, что в большинстве случаев в изучаемом слое атмосферы наблюдалась стратификация, близкая к нейтральной или устойчивая, что говорит о достаточно мощных инверсионных процессах в приледном слое атмосферы, особенно в зимний период.

На температуру подстилающей поверхности влияет довольно много факторов, в том числе и радиационный нагрев контактного датчика. В связи с этим температуру поверхности, измеренную датчиком QMT103, необходимо сравнивать с расчетной температурой при использовании данных инфракрасного радиометра CNR-1. Как видно из рисунков, температура, измеренная QMT103, показывает завышенные значения особенно в летний период, поэтому для увеличения точности расчетов тепловых потоков было принято решение использовать температуру подстилающей поверхности по данным CNR-1.

Предварительный анализ скорости ветра на двух уровнях показал, что максимальные скорости ветра наблюдались в осенне-зимний период с постепенным уменьшением их в весенне-летний период. Это свидетельствует о более мощных турбулентных и инверсионных потоках в период осень–зима, нежели весна–лето.

Расчет турбулентных потоков явного (H) и скрытого тепла (LE), длинноволнового баланса снежно-ледяной поверхности (R), потоков тепла через лед (EH) является важной составляющей в математических моделях нарастания и таяния морского льда. Предварительный анализ полученных данных показал, что максимальные потоки явного тепла наблюдаются в осенне-зимний период, когда градиенты температуры воздуха и скорости ветра в изучаемом слое атмосферы являются максимальными. Величины LE наоборот увеличиваются в периоды, когда происходят процессы перехода образования или разрушения снежно-ледяного покрова. Увеличение значения LE весной и уменьшение его к зиме связано с процессами испарения, которые вносят значительный вклад в энергообмен системы морской лед – атмосфера. Максимальный поток тепла через снежно-ледяной покров наблюдался в зимний период, когда разница между температурой океана и приледного слоя атмосферы достигала максимальных значений.

И.С.Ковчин (СПБ ФИО РАН), В.Т.Соколов, А.П.Макштас, Н.С.Зиновьев (ААНИИ)