

РОССИЙСКО-ФИНСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК АЭРОЗОЛЯ И ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ В ПРИЗЕМНОМ СЛОЕ АТМОСФЕРЫ НА НИС «ЛЕДОВАЯ БАЗА «МЫС БАРАНОВА»»

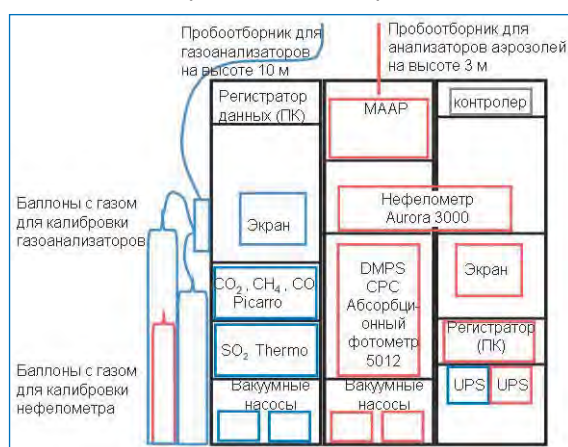
Натурные исследования гидрометеорологических процессов в Арктике имеют большое значение с точки зрения оценки влияния на климат региона изменений концентрации парниковых газов и аэрозолей, обуславливающих возможные положительные или отрицательные обратные связи с другими климатообразующими процессами. Так, потепление Северного Ледовитого океана и прилегающих районов суши может существенно увеличить концентрацию метана и углекислого газа, основных парниковых газов. Одновременно более высокие концентрации углекислого газа в атмосфере наряду с эффектом глобального потепления стимулируют изменения в растительном покрове, роль которых в динамике вечной мерзлоты до настоящего времени изучена недостаточно (Анисимов О.А., Белолуцкая М.А. Моделирование воздействия антропогенного потепления на вечную мерзлоту: учет влияния растительности // Метеорология и гидрология, 2004. № 11. С. 71–82). В то же время увеличение концентрации углекислого газа приводит к росту кислотности морской воды, что обуславливает неблагоприятное воздействие на морскую экосистему (Bopp L., Monfray P., Aumont O., Dufresne J.-L., LeTreut H., Madec G., Terray L., Orr J. Potential impact of climate change on marine export production // Global Biogeochem. Cycles. 2001. Vol. 5. P. 81–100). Аэрозоли антропогенного происхождения, содержащие черный углерод, эффективно поглощающий коротковолновую солнечную радиацию, при выпадении на снежно-ледяной покров

снижают его альбедо, обуславливая интенсификацию его таяния (Stohl A., Klimont Z., Eckhardt S. et al. Black carbon in the Arctic: the underestimated role of gas flaring and residential combustion emissions // Atmos. Chem. Phys. 2013. Vol. 13. P. 8833–8855). При этом для оценки влияния антропогенного аэрозоля на климат и состояние природной среды важно также иметь информацию о характеристиках природных аэрозолей, формирующихся, например, вследствие пожаров и вулканической деятельности.

Основной целью совместных исследований, организованных Финским метеорологическим институтом (ФМИ) и ААНИИ Росгидромета на научно-исследовательском стационаре «Ледовая база «Мыс Баранова»» (о. Большевик,

арх. Северная Земля), является изучение радиационно-активных компонент атмосферы: парниковых газов и аэрозолей. Совместные работы выполняются в рамках научного сотрудничества ФМИ и ААНИИ на основе Соглашения между Росгидрометом и ФМИ по научному и технологическому сотрудничеству в области метеорологии, в частности на основе Протокола Десятой официальной встречи делегаций Финского метеорологического института, Финляндия и Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окру-

жающей среды Министерства окружающей среды и экологии Российской Федерации, состоявшейся в г. Хельсинки 4 марта 2013 года, на которой был рассмотрен вопрос о создании в будущем совместной станции мониторинга Арктики (по образцу Гидрометеорологической observa-



Блок-схема измерительного комплекса, установленного на стационаре.

изучена недостаточно (Анисимов О.А., Белолуцкая М.А. Моделирование воздействия антропогенного потепления на вечную мерзлоту: учет влияния растительности // Метеорология и гидрология, 2004. № 11. С. 71–82). В то же время увеличение концентрации углекислого газа приводит к росту кислотности морской воды, что обуславливает неблагоприятное воздействие на морскую экосистему (Bopp L., Monfray P., Aumont O., Dufresne J.-L., LeTreut H., Madec G., Terray L., Orr J. Potential impact of climate change on marine export production // Global Biogeochem. Cycles. 2001. Vol. 5. P. 81–100). Аэрозоли антропогенного происхождения, содержащие черный углерод, эффективно поглощающий коротковолновую солнечную радиацию, при выпадении на снежно-ледяной покров

Характеристики приборов для измерения концентраций парниковых газов и аэрозолей в приземном слое атмосферы

Измеряемый параметр/датчик	Диапазон и погрешность измерений
Концентрации метана, углекислого газа и водяного пара в атмосфере (модель G2401, Picarro)	Диапазоны и погрешности измерений: метан: 1–3 ± 0,0007 мкмоль/моль; углекислый газ: 300–500 ± 0,05 мкмоль/моль; СО: 0–1 ± 0,03 мкмоль/моль; водяной пар 0–99 ± 0,01 %
Концентрация сернистого газа (Thermo Model 43iTLЕ)	Диапазон измерений 0–2000 мкг/м ³ , чувствительность 0,2 мкг/м ³
Коэффициент рассеяния света аэрозольными частицами на длинах волн 450, 525 и 635 нм (нефелометр AuToGa 3000)	Диапазон измерений: 0–20000 М/м, погрешность измерения < 0,3 М/м
Концентрация крупных аэрозольных частиц по размерам (DMPS)	Диапазон измерений: размер аэрозоля 10 – 900 нм, концентрация аэрозоля 0–100000 частиц/см ³ , погрешность ± 10 %
Концентрация аэрозольных частиц по размерам (CPC 3772) Абсорбционный фотометр 5012 (коэффициент поглощения на длине 630 нм)	Диапазон размеров частиц 2,5–2000 нм, диапазон изменения концентрации частиц 0–300000 /см ³ Чувствительность < 100 нг/м ⁻³

тории Тикси). Реализации совместных натуральных исследований на НИС «Ледовая база «Мыс Баранова»» предшествовал ряд формальных и неформальных встреч ученых ФМИ и ААНИИ, в ходе которых был разработан план проведения исследований. По результатам обсуждений был создан размещаемый в специально сконструированном боксе комплекс измерительной аппаратуры и проведена стажировка молодых сотрудников ААНИИ на базе ФМИ в г. Кумпола.

Совместные экспериментальные исследования были начаты в октябре 2015 года по следующим направлениям: сезонная и межгодовая изменчивость концентрации парниковых газов (метан, углекислый газ, угарный газ и сернистый газ) в приземном слое атмосферы; характеристики поглощения и коэффициенты рассеяния атмосферным аэрозолям, включая сажевый аэрозоль; процессы массо-газо-энергообмена в приземном слое атмосферы. Для получения данных о концентрации парниковых газов использованы высокоточные приборы G2401 (Picarro) — для измерений концентраций метана, углекислого и угарного газов, водяного пара в атмосфере и Thermo Model 43iTLE — для измерения концентрации сернистого газа. Измерения характеристик аэрозолей в приземном слое атмосферы выполняются с помощью нефелеметра Aurora 3000, измерителя размера частиц DMPS, счетчика аэрозольных частиц (для частиц диаметром более 10 нм) Condensation particle counter (CPC) 3772 и абсорбционного фотометра 5012.

В дополнение к стандартным и специальным метеорологическим наблюдениям, выполняемым на НИС «Ледовая база «Мыс Баранова»» с мая 2014 года (Макштас А.П., Соколов В.Т. Научно-исследовательский стационар «Ледовая база «Мыс Баранова»» — летний полевой сезон 2014 г. // Российские полярные исследования. 2014. № 3 (17). С. 10–12), в ноябре 2015 года с использованием аппаратуры ФМИ будет организован дополнительный пункт наблюдений за метеорологическими параметрами приземного слоя атмосферы и деятельного слоя подстилающей поверхности. Указанный пункт будет расположен на возможно максимальном удалении от метеоплощадки стационара, порядка сотен метров. Здесь будут проводиться непрерывные измерения основных метеорологических параметров: направление и скорость ветра, температура и влажность воздуха, атмосферное давление, а также прямые измерения вертикальных потоков явного и скрытого тепла и напряжения трения, которые позволят рассчитать характеристики устойчивости приземного слоя атмосферы и параметр шероховатости подстилающей поверхности. На этом же пункте бу-

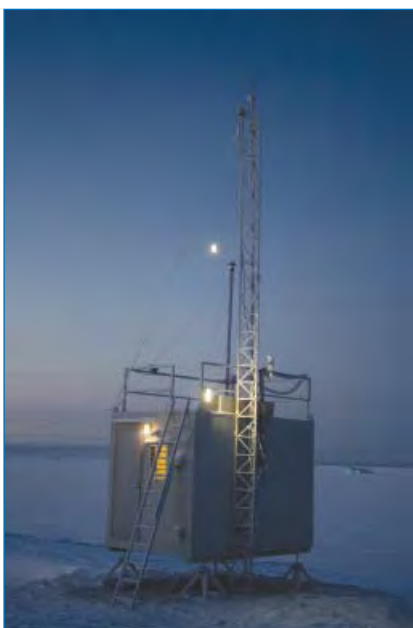


Бокс для размещения приборного комплекса ФМИ, установленный на НИС (общий вид и интерьер).

дуг измеряться потоки коротковолновой и длинноволновой радиации и теплофизические характеристики подстилающей поверхности. Измерения будут проводиться малоинерционным прибором для измерения пульсаций температуры воздуха, скорости и направления ветра METEK USA-1 «Scientific», датчиками давления QML201, температуры и влажности воздуха HMP155, температуры воздуха и почвы IKES PT00, измерителем потока тепла в почве HFP01-05, датчиками для измерений температуры и влажности почвы ThetaProbe type ML3, для измерения входящей и уходящей длинноволновой и коротковолновой радиации CGR4 и CMP11, а также радиационным балансометром NR-LITE2. Полученные в двух точках наблюдений с различными характеристиками подстилающей поверхности данные существенно повысят информативность проводимых наблюдений и будут представлять очевидную ценность для развития методов дистанционного зондирования.

Измерения развернутым на НИС «Ледовая база «Мыс Баранова»» комплексом выполняются автоматически с дискретностью от 10 Гц (METEK USA-1 «Scientific») до 5 минут, однако требуют ежедневного обслуживания, которое в настоящее время осуществляет В.Ю. Кустов (научный сотрудник отдела взаимодействия океана и атмосферы ААНИИ). Объем получаемой информации составляет порядка 20 Мб в сутки. В настоящее время данные накапливаются на стационарных компьютерах. После организации спутникового канала связи планируется их передача в ААНИИ и по сети Интернет в ФМИ в реальном масштабе времени. В будущем предполагается выполнение совместного анализа получаемых данных, размещение их на сайтах ААНИИ и ФМИ, а также подготовка совместных публикаций и докладов, в том числе на заседаниях рабочих групп программы АМАП.

Мачта с датчиками.



В заключение следует отметить, что совместные научные работы, направленные на проведение всестороннего комплексного мониторинга характеристик приземного слоя атмосферы и подстилающей поверхности в одном из наиболее труднодоступных районов северной полярной области, представляют собой пример плодотворного сотрудничества ученых Российской Федерации и Финляндии. Их успешная реализация позволит научному стационару «Ледовая база «Мыс Баранова»» с полным основанием претендовать на участие в деятельности созданной в рамках МПГ Международной сети арктических обсерваторий.

*А.П. Макштас (ААНИИ),
Т. Лаурилла, Э. Асми (ФМИ),
В.Ю. Кустов, В.В. Мовчан (ААНИИ).
Фото Т. Лаурилла и В.Ю. Кустова*