

## НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТ СЕЗОННОГО МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО ОТРЯДА ЭКСПЕДИЦИИ «СЕВЕР-2022» НА НИС «ЛЕДОВАЯ БАЗА МЫС БАРАНОВА»

На время проведения экспедиции «Север-2022» метеорологическим отрядом были запланированы работы по изучению карбонового цикла в Арктике, включающие наблюдения за потоком углекислого газа, начатые в 2018 году, а также восстановлению измерений концентраций метана и углекислого газа, прерванных в июле 2021 года. Также предполагались работы по изучению спектрального состава солнечной радиации при разных типах облачности, спектрального и интегрального альбедо на разных типах подстилающей поверхности, установка датчиков потоков тепла в почве. Ниже изложены предварительные результаты

метеорологическим институтом. Вышеперечисленные газы являются парниковыми, и наблюдения за ними в арктических широтах позволяют выявить их фоновые значения вследствие удаленности от промышленных районов. Ранее проводимые на НИС измерения показывали схожесть с результатами наблюдений на других полярных станциях (Барроу, Алерт и Паллас), а также демонстрировали несколько завышенный среднегодовой прирост обоих газов по сравнению со среднеглобальными значениями, заявленными в Бюллетенях ВМО.

На рис. 1 в качестве примера приведены результаты измерений углекислого газа.

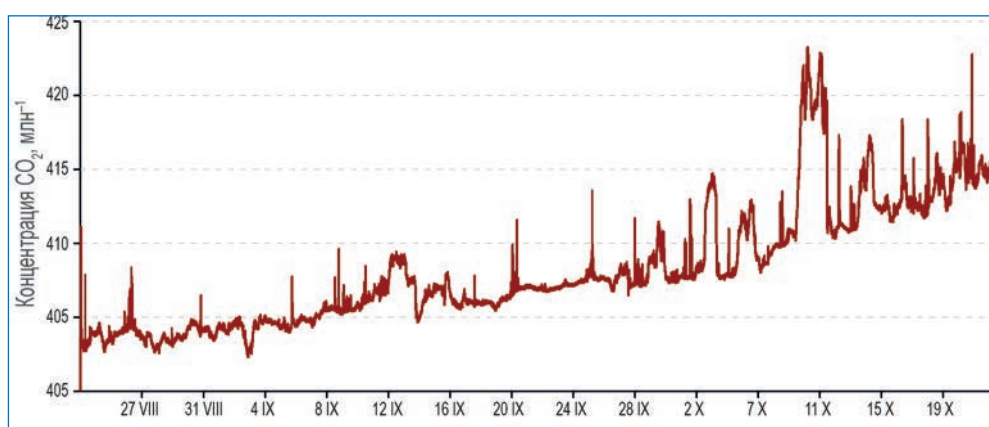


Рис. 1. Непрерывные измерения концентрации углекислого газа

некоторых измерений, полученных метеорологическим отрядом летом 2022 года.

С 23 августа 2022 года на НИС были продолжены измерения концентраций метана и углекислого газа лазерным газоанализатором Picarro G2401, в основе работы которого лежит метод внутривибрационной лазерной спектроскопии. Калибровка прибора производится поверочными газовыми смесями. До июля 2021 года подобные измерения проводились совместно с Финским

Полученные измерения показывают характерный в осенне-зимнее время года ход с монотонным повышением концентраций. Обращают на себя внимание синхронные периоды повышения концентраций продолжительностью 1–3 суток, например, 3 октября, 10–12 октября и 13–15 октября. Максимальное значение концентрации углекислого газа было зафиксировано 10 октября в 06:30 ВСУ и составило 423,25 млн<sup>-1</sup>. Максимальное значение концентрации метана было зафиксировано

Рис. 2. Датчики на территории метеоплощадки НИС: а) крепление на штанге датчиков приходящей и отраженной солнечной радиации; б) общий вид стойки и подстилающая поверхность под датчиками после снеготаяния



в эту же дату и составило  $2,12 \text{ млн}^{-1}$ . Наиболее вероятно, что в это время происходил перенос воздушных масс с континентальных промышленных районов. Для точного ответа на этот вопрос в дальнейшем необходимо привлечение траекторного анализа.

Наблюдения за спектральным составом солнечной проходящей и отраженной радиации проводились с помощью гиперспектрального радиометра "RAMSES" производства компании TriOS (Германия). Принимающий излучение датчик представляет собой миниатюрный спектрометр, который позволяет получать значения интенсивности излучения по ряду длин волн с разрешением 3 нм. Для проведения измерений использовано 3 датчика, которые были установлены на территории метеоплощадки НИС. Рис. 2а иллюстрирует размещение датчиков проходящей (направлен вверх) и отраженной (направлен вниз) солнечной радиации, на рис. 2б представлена типичная для территории станции подстилающая поверхность после тая-

на длинах волн 320–950 нм с временным разрешением 15 минут. Также во время основных метеорологических сроков фиксировалось состояние диска солнца совместно с количеством и формой облачности для дальнейшей интерпретации данных. Первичная обработка данных включает себя устранение помех, связанных с затенением датчиков, а также отбраковку измерений, полученных при высоте солнца менее 5 градусов (со второй половины сентября 2022 года). Дальнейшая обработка требует также отбраковки данных при выпадении осадков.

Рис. 3 иллюстрирует спектральный состав проходящей (а), отраженной солнечной (б) радиации и альbedo (в). Рассмотрены даты 21 июня и 23 июня 2022 года в срок 06:00 ВCB (что соответствует местному времени 14:00 часов), когда послеполуночная высота солнца близка к максимальной (приблизительно 33 градуса). В первом случае облачность отсутствовала (0/0), состояние диска солнца — в квадрате, во втором случае

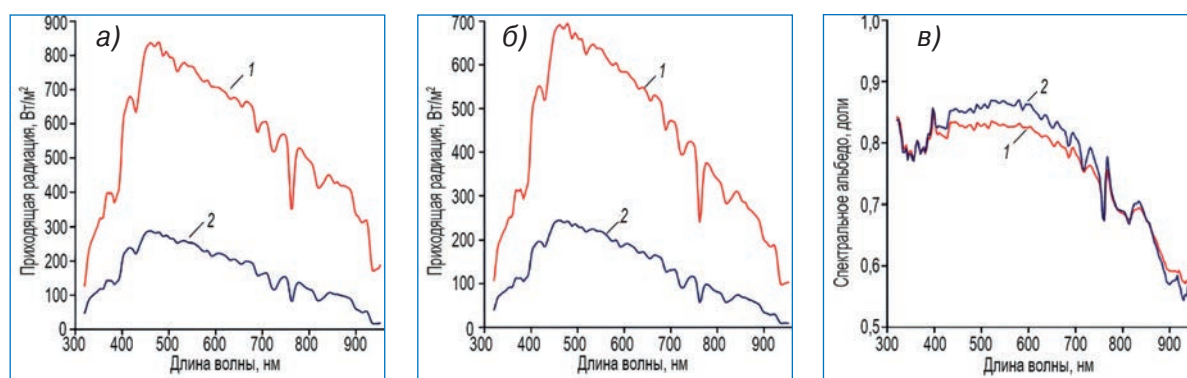


Рис. 3. Спектральный состав радиации и альbedo при разных типах облачности и состояниях диска солнца: а) проходящей солнечной радиации; б) отраженной солнечной радиации; в) альbedo подстилающей поверхности, где 1 – ясно, облачность 0/0, 2 – пасмурно, облачность 10/10, Sc op.

ния снежного покрова — глинисто-каменистый грунт с вкраплениями мха.

По итогам наблюдений был получен ряд измерений спектрального состава проходящей и отраженной солнечной радиации, проникающей в снежную толщу радиации, а также спектрального и интегрального альbedo

было пасмурно, наблюдалась плотная облачность нижнего яруса (10/10, Sc op.).

Как следует из рис. 3а, б, спектральный состав не меняется при наличии облачности, однако интенсивность проходящей радиации при плотной сплошной облачности снизилась почти в 3 раза. Максимум

Рис. 4. Предварительный расчет спектрального альbedo подстилающей поверхности

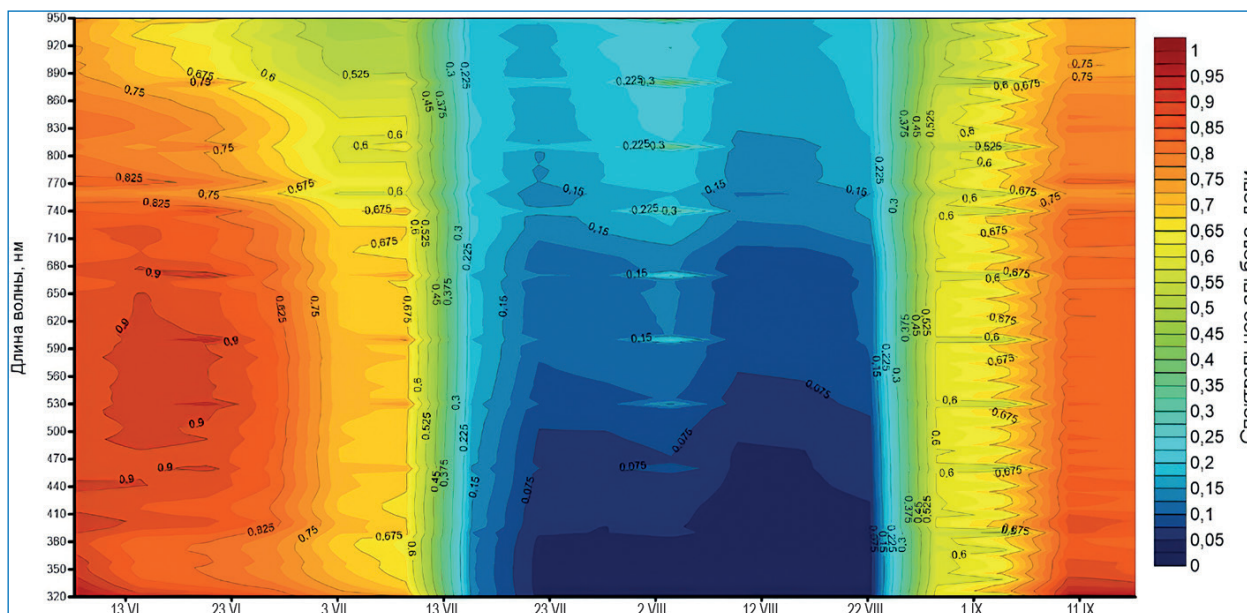




Рис. 5. Локации измерений потока углекислого газа: а) общий вид камеры Li-Cor 8100-104 во время измерений; б) на увлажненном участке, покрытом растительностью; в) на глинисто-каменистой поверхности

интенсивности приходящей и отраженной радиации приходится на длины волн 450–500 нм. Спектральное альbedo в обоих случаях почти одинаковое, различия наблюдаются на промежутке 450–750 нм, когда в случае сплошной облачности альbedo оказывается немного большим по величине. На рис. 4 представлены предварительные расчеты спектрального альbedo за весь период наблюдений.

Расчет интегрального альbedo подстилающей поверхности показал, что в летний период оно находится в диапазоне 0,1–0,15 долей, а спектральное альbedo — в диапазоне 0,05–0,3 нм. При наличии снежного покрова максимумы альbedo приходятся на коротковолновый интервал, 470–620 нм весной и 320–350 нм осенью.

В рамках изучения углеродного цикла в Арктическом регионе с 31 июля по 11 сентября на НИС проводились наблюдения за потоками диоксида углерода на границе «деятельный слой — приземный слой атмосферы». Система наблюдений включает в себя блок ИК-газоанализатора Li-8100A и автоматическую прозрачную камеру долгосрочного наблюдения Li-8100-104. Измерения потока  $\text{CO}_2$  проводились на участках с различными типами поверхности: на увлажненном участке, покрытом растительностью общей высотой 3–7 см, на каменистом ландшафте без растительности и на травянистом участке со снежным покровом с момента его установления 4 сентября (рис. 5).

Принцип измерения потока газа основан на скорости изменения его концентрации за заданный промежуток времени в закрытой камере. Особенностью проведения измерений потока углекислого газа в этом году является использование прозрачной по

отношению к солнечной радиации камере, что делает эксперимент максимально приближенным к натурным условиям. Использование такой камеры позволило получить новые данные о суточном ходе потока углекислого газа и взаимосвязи с ним жизнедеятельности растительности на измеряемом участке. Рис. 6 иллюстрирует результаты наблюдений, полученные на участке с растительностью.

Красной линией на графике обозначена линия, когда поток углекислого газа равен 0 мкмоль/м<sup>2</sup>·с. При измерениях на глинисто-каменистом участке без растительности график практически не пересекает эту линию, то есть поток практически всегда направлен из почвы в атмосферу. Среднее значение потока на этом участке составило 0,04 мкмоль/м<sup>2</sup>·с. Вероятно, что на данном участке поток формируется исключительно за счет жизнедеятельности почвенных микроорганизмов и бактерий и по сравнению с другими участками величина этого потока невелика. На участке с растительностью значительную роль играет поглощение углекислого газа растительностью. Среднее значение составило –0,28 мкмоль/м<sup>2</sup>·с, то есть на этом участке поглощение преобладает над выделением углекислого газа. При установлении снежного покрова процесс поглощения начинает идти на спад и в течение нескольких дней полностью прекращается. Для дальнейшей интерпретации наблюдений будут привлечены данные по потокам тепла, температуре и влажности почвы.

*М.А. Лоскутова, В.Т. Соколов,  
А.П. Макштас, О.Р. Сидорова (АНИИ).  
Фото авторов*

Рис. 6. Результаты измерений потока  $\text{CO}_2$  на увлажненном участке с растительностью

