

в верхнем 100-метровом слое и исследовать видовой состав фито- и зоопланктонных сообществ в поверхностных водах.

Натурные данные были получены в рамках программы океанографических исследований Южного океана по Проекту 5.2 «Комплексные океанологические, климатические, гляциологические и геофизические исследования Антарктики и Южного океана» плана НИТР/ОПР Росгидромета (2020–2024 годы). Комплекс научно-исследовательских работ проводился в рамках 69-й сезонной РАЭ на борту НЭС «Академик Трёшников» при технической поддержке судовых специалистов.

Выражаем благодарность экипажу НЭС «Академик Трёшников» во главе с капитаном судна А.Г. Евгеновым,

заместителю начальника сезонной экспедиции А.Н. Николаеву и помощнику начальника сезонной экспедиции А.А. Платонову, содействовавшим выполнению работ по научным программам; научно-технической службе судна во главе с Г.А. Константиновым и полярникам, принимавшим участие в работах по научным программам в рамках 69-й РАЭ. Также авторы выражают благодарность С.В. Кашину и Д.И. Фрею за экспертную помощь в сборе натуральных данных в рамках 69-й РАЭ и ценные комментарии к статье.

А.А. Федотова (ИО РАН), Я.В. Швед (АНИИ),
Д.А. Смирнова (ИО РАН), А.А. Петрова (АНИИ),
А.В. Весман (АНИИ)

СОВРЕМЕННЫЙ РОСТ СНЕГОНАКОПЛЕНИЯ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ АНТАРКТИДЕ ЯВЛЯЕТСЯ БЕСПРЕЦЕДЕНТНЫМ ЗА ПОСЛЕДНИЕ 2000 ЛЕТ

В 2023 году закончились работы по гранту Российского научного фонда «Климатическая изменчивость на Восточно-Антарктическом плато за последние 2000 лет» (проект № 21-17-00246), выполнявшиеся в АНИИ под руководством ведущего научного сотрудника отдела географии полярных стран А.А. Екайкина. Одним из основных результатов этого проекта стала реконструкция скорости снегонакопления в районе станции Восток за последние 2200 лет.

Баланс массы Антарктиды — одна из наиболее актуальных научных проблем современной гляциологии и климатологии в свете продолжающегося повышения глобальной температуры. Влияние потепления на баланс массы Антарктического ледяного щита довольно противоречиво: с одной стороны, оно сопровождается расширением зоны таяния на краю ледника, деградацией ледяных шельфов, ускорением динамики льда и, как следствие, ускорением абляции. С другой стороны, как климатические модели, так и экспериментальные данные говорят о том, что с ростом температуры должно расти количество осадков в зоне аккумуляции Антарктиды. Инструментальные данные о скорости снегонакопления доступны всего лишь в двух пунктах Центральной Антарктиды — в районе станций Восток и Амундсен-Скотт, и в обоих этих районах действительно наблюдается рост этого параметра на протяжении двух последних десятилетий. В настоящее время первый фактор (рост абляции) перевешивает, и Антарктида активно теряет массу, давая заметный вклад в повышение уровня моря.



Рис. 1. Фирновый керн, извлеченный из скважины VK23, январь 2019 года.
Фото А.Н. Верес

Целью нашего проекта было изучение климата в районе станции Восток на протяжении двух последних тысячелетий по данным исследования неглубоких (до 70 м) фирновых кернов (рис. 1). Измерение электропроводности и концентрации сульфатов в кернах позволило определить слои, в которых содержатся продукты известных вулканических извержений, и, таким образом, надежно датировать снежно-фирновую толщу. Тщательное измерение плотности фирна дало возможность рассчитать среднюю скорость снегонакопления между двумя соседними «вулканическими» слоями. Наконец, измерение изотопного состава фирна (рис. 2) (концентрации дейтерия и кислорода 18) позволило установить изменение температуры воздуха в прошлом. Результаты этих исследований показаны на рис. 3.

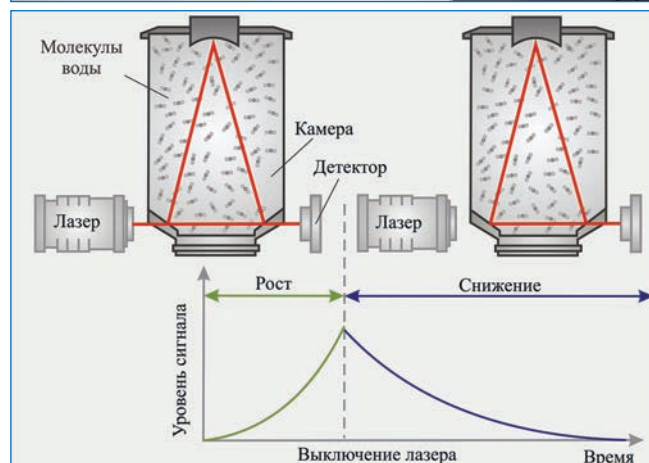
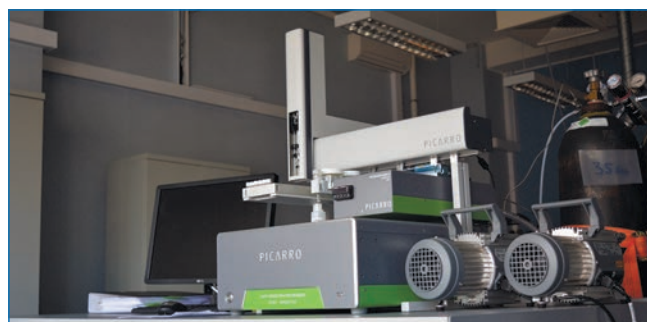


Рис. 2. Лазерный анализатор Picarro L2140-i (а) и принцип его действия (б)

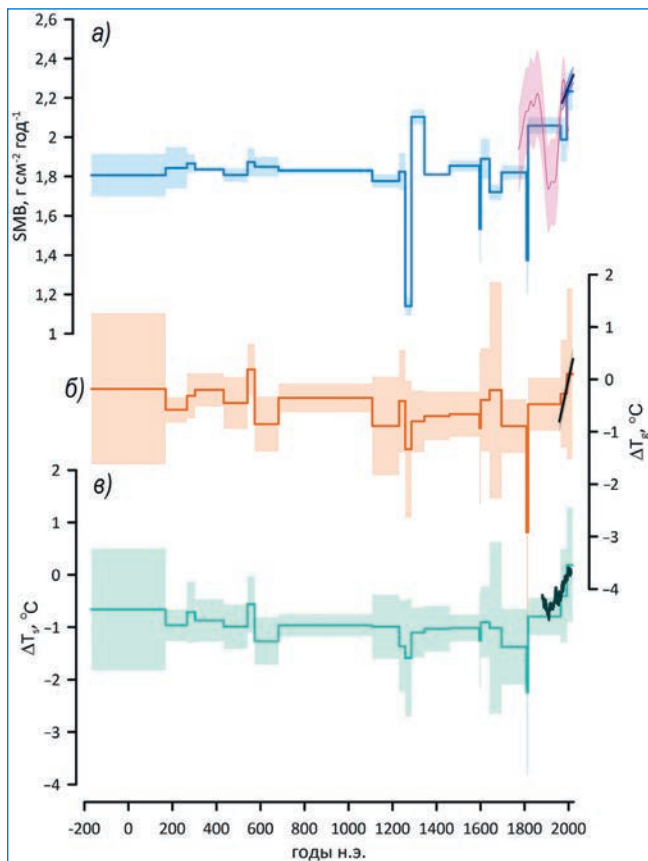


Рис. 3. Результаты палеоклиматических реконструкций по данным фирновых кернов в районе станции Восток (Ekaykin A.A., Veres A.N., Wang Y. Recent increase in the surface mass balance in central East Antarctica is unprecedented for the last 2000 years // Nat. Communications Earth & Environment. 2024. Vol. 5. № 200. P. 1–8): а — реконструкция скорости снегонакопления (SMB) (синяя линия), сиреневой линией показан ход SMB по данным снежных шурфов, а темно-синей линией — линейный тренд SMB по данным снегомерного полигона ст. Восток; б — приземная температура воздуха на станции Восток по результатам реконструкции (оранжевая линия) и по метеорологическим данным станции Восток (черная линия); в — температура в источнике влаги по данным реконструкции (зеленая линия) и температура поверхности океана в Южном полушарии по данным NOAA

Оказалось, что до 1800 года средняя скорость снегонакопления составляла около 18 мм водного эквивалента (в. э.) в год, что на четверть ниже современных (1970–2021) значения, равного 22,5 мм в. э. Выполненные нами статистические расчеты показали, что с вероятностью 94,3 % современная скорость снегонакопления является беспрецедентной за последние 2000 лет. Рост скорости накопления снега связан с ростом температуры: до 1800 года средняя годовая приземная температура воздуха в районе станции Восток была примерно на 0,5–1,0 °C ниже современной. Полученные данные позволили рассчитать такой важный параметр, как чувствительность скорости снегонакопления к температуре, которая составила $11 \pm 2 \text{ \%}/^\circ\text{C}$ (т. е. при повышении температуры на 1 °C скорость снегонакопления увеличивается на 11 %). Эта величина находится на верхнем пределе разброса значений чувствительности, которые можно найти в литературных источниках (от 2 до 10 %/°C).

Таким образом, полученные нами исследования позволили сделать несколько важных выводов:

- впервые было подтверждено значимое влияние современного потепления на баланс массы снежной поверхности в Центральной Антарктиде;
- впервые было показано, что современные изменения гляцио-климатических параметров в Центральной Антарктиде вышли за рамки естественной изменчивости, характерной для доиндустриального периода;
- наконец, была надежно определена чувствительность скорости снегонакопления в Центральной Антарктиде к изменению температуры воздуха, которая оказалась выше предыдущих оценок.

Полученные результаты могут быть использованы для уточнения прогноза будущего вклада Антарктиды в изменение уровня моря. В частности, относительно высокая чувствительность баланса массы снежной поверхности к температуре означает менее интенсивную потерю массы Антарктическим ледниковым щитом в ходе будущего потепления. Впрочем, сценарий, при котором прирост массы в центре материка превысит расход массы на его краях, следует считать маловероятным.

А.А. Екайкин, А.Н. Верес (ААНИИ)

ОЦЕНКИ МЕЖГОДОВОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ КОНЦЕНТРАЦИЙ КЛИМАТИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ГАЗОВ И ПОТОКОВ ЭНЕРГИИ НА СТАЦИОНАРАХ ААНИИ, БИОГЕОХИМИЧЕСКИХ ЦИКЛОВ В МОРЯХ КАРСКОМ И ЛАПТЕВЫХ

Арктический и антарктический научно-исследовательский институт (ААНИИ) в рамках важнейшего инновационного проекта государственного значения (ВИП ГЗ), направленного на создание Единой национальной системы мониторинга климатически активных веществ, и Федеральной научно-технической программы в области экологического развития Российской Федерации и климатических изменений на 2021–2030 годы (ФНТП) принимает участие в работе консорциума № 2 «Климатический и экологический мониторинг ключевых районов Мирового океана и морей России». Основной целью работы консорциума является создание системы мониторинга Северной Атлантики и морей России для оценки их роли в формировании климатических и экосистемных изменений Мирового океана, а также влияния долгопе-

риодных изменений морской среды на глобальный баланс парниковых газов.

Головной организацией консорциума выступает Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, а ААНИИ, наряду с еще пятью ведущими морскими научно-исследовательскими учреждениями России, выступает как соисполнитель работ в части российских арктических морей.

Основная задача ААНИИ на трехлетний период реализации проекта с 2022 по 2024 год — оценка межгодовой изменчивости концентраций климатически активных газов и потоков энергии на стационарах ААНИИ, а также биогеохимических циклов в морях Карском и Лаптевых.

В ходе выполнения проекта в 2023 году была подготовлена компоновка системы мониторинга параметров