

Рис. 7. Положение аврального овала по модели Ovation Prime PC в 19:30 (а), 20:00 (б) и 20:40 (в) UT 11 мая 2024 года. Цветом обозначен поток энергии частиц

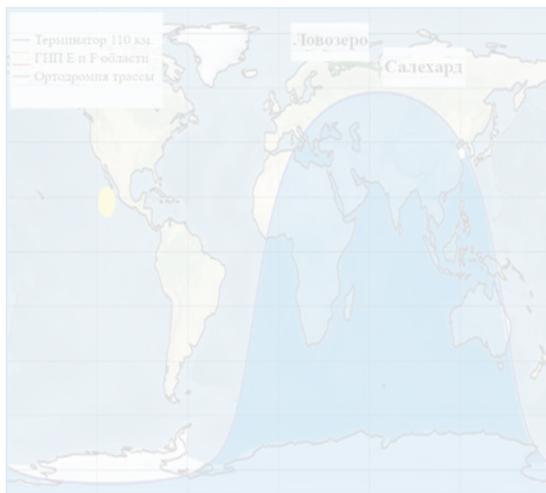


Рис. 8. Положения терминатора на высоте 110 км, главного ионосферного провала и ортодромия трассы наклонного зондирования Ловозеро–Салехард в 19:30 UT 11 мая 2024 года

мационные ресурсы мониторинга и моделирования геофизической обстановки в Арктике. Целью данного продукта является предоставление открытого доступа к результатам мониторинга геофизической обстановки на арктических и антарктических станциях Росгидромета и ФГБУ «АНИИ». Были разработаны серверная структура и пользовательский интерфейс для крупномасштабных ионосферных структур, карт пространственного распределения плазменных частот спорадического Es-слоя, суточных графиков данных вертикального зондирования ионосферы. Открыт доступ к моделям высыпаний частиц Ovation Prime PC и расчета состояния области E авральной ионосферы AIM-E. На сайте представлены страницы с графиками вариаций магнитного поля Земли и поглощения космического шума. Сформирована сводка актуальной геофизической обстановки.

*С.А. Долгачева, Н.А. Степанов,
А.С. Калишин (АНИИ)*

ОТЕЧЕСТВЕННЫЙ МОНИТОРИНГ БАЛАНСА МАССЫ ЛЕДНИКОВ НА АРХИПЕЛАГЕ ШПИЦБЕРГЕН: СВИДЕТЕЛЬСТВА РЕКОРДНОГО ТАЯНИЯ ПОСЛЕДНИХ ДЕСЯТИЛЕТИЙ

Изучение баланса массы оледенения высокоширотных архипелагов — одно из актуальных направлений современной гляциологии. В последние несколько десятилетий вся Арктика, и в особенности евразийская ее часть, теплеет быстрее, чем планета в среднем. Этот эффект называется арктическим усилением и максимально проявляется в баренцевоморском регионе, где тренд роста приземной температуры воздуха до семи раз превышает глобальный. Поэтому ледяной покров Шпицбергена оказывается более всего уязвимым для современных климатических изменений, в связи с чем одним из направлений работ Арктического и антарктического научно-исследовательского института является мониторинг баланса массы ледников, расположенных на архипелаге.

Объектами мониторинга выбраны два ледника — Альдегонда (площадь 5,2 км²) и Западный Грэнфьорд (площадь 15,9 км²), расположенные вблизи поселка Баренцбург (рис. 1). Наблюдения на этих ледниках поддерживаются наличием круглогодично действующего

Российского центра на архипелаге Шпицберген и экспедициями РАЭ-Ш. Каждый год, с июля по сентябрь, на этих ледниках проводятся гляциологические измерения.

Измерения проводятся гляциологическим методом: в поверхность ледника забуриваются абляционные рейки, по которым измеряется толщина стаявшего слоя льда (рис. 2). Поскольку распределение итоговой величины — баланса массы — зависит от высоты над уровнем моря, рейки расположены так, чтобы наилучшим образом покрывать весь высотный диапазон поверхности ледников (в районе Баренцбурга это примерно от 50 до 600 м над уровнем моря). Сезонные измерения завершаются с окончанием балансового года, в середине сентября, когда температура воздуха становится устойчиво отрицательной.

Анализ полученных рядов баланса массы показал, что наблюдаемые в окрестностях Баренцбурга ледники являются репрезентативными для всего архипелага Шпицберген: межгодовые вариации в балансе массы ледников Альдегонда и Западный Грэнфьорд имеют вы-

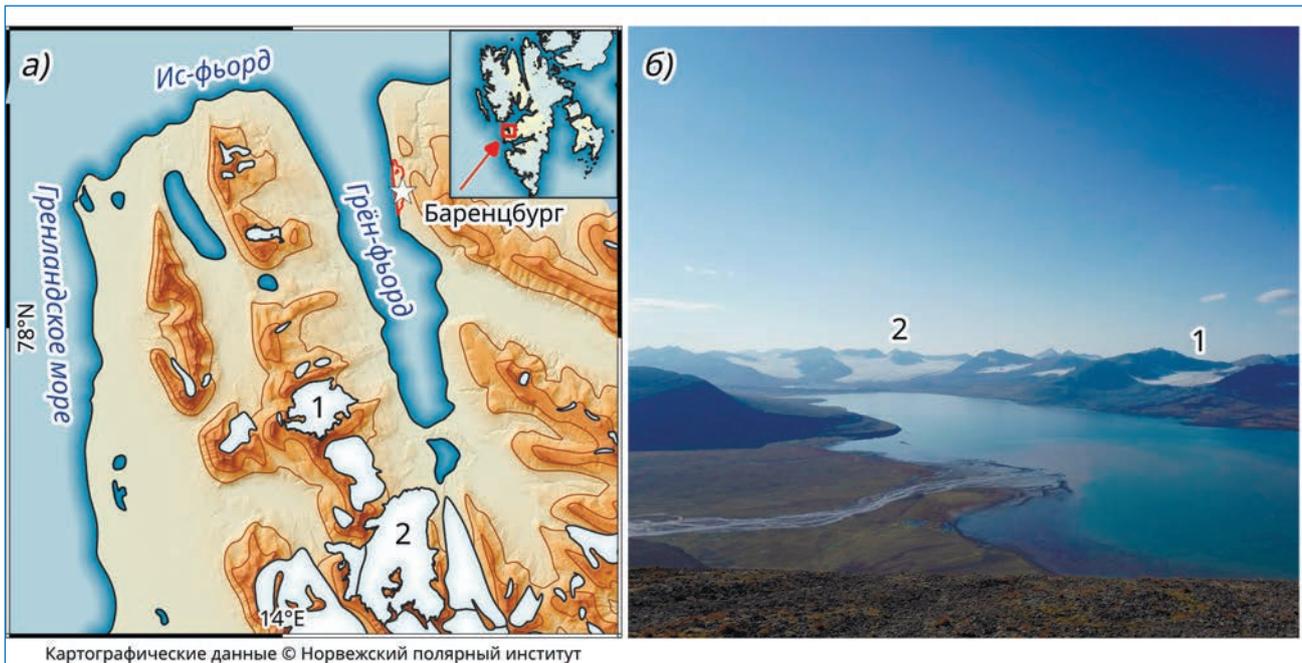


Рис. 1. Ледники района Баренцбурга (а) и вид на них с залива Грөн-фьорд (б).
Цифрами 1 и 2 обозначены ледники Альдегонда и Западный Грөнфьорд соответственно

сокие корреляции с летней температурой воздуха и с количеством твердых осадков на архипелаге, и, кроме того, их динамика хорошо совпадает с изменчивостью баланса массы других ледников в регионе.

Последнее десятилетие стало рекордным по аномалиям приземной температуры воздуха в Арктике. Этот факт хорошо согласуется с нашими масс-балансовыми измерениями и лучше всего отражается на графике с наиболее длинным рядом наблюдений с ледника Альдегонда (рис. 3). Средний за последние пять лет мониторинга (2019–2024) баланс массы оказался беспрецедентно отрицательным: ледник терял 2,00 м водного эквивалента в год, что является рекордным показателем за всю историю наблюдений.



Рис. 2. Процесс установки абляционных реек на леднике Западный Грөнфьорд.
Фото А.В. Терехова

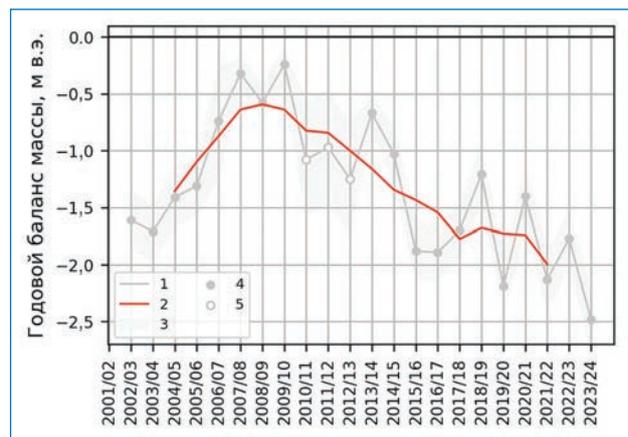


Рис. 3. Результаты мониторинга на леднике Альдегонда (Шпицберген):
1 — годовой баланс массы, 2 — скользящее среднее (пять лет, отнесено к середине интервала), 3 — доверительный интервал, 4 — измеренные значения, 5 — реконструированные значения

Подытоживая основные результаты наших наблюдений, нужно отметить следующее:

- в последнее десятилетие в окрестностях Баренцбурга наблюдается отрицательный тренд в балансе массы ледников, а среднелетняя температура в Арктике рекордно высока;

- баланс массы ледников за последние пять лет стал наиболее отрицательным за всю историю наблюдений;

- доказано, что результаты измерений баланса массы ледников Альдегонда и Западный Грөнфьорд репрезентативны для всего оледенения архипелага¹, поскольку межгодовая изменчивость этого показателя обусловлена региональными климатическими флуктуациями.

¹ Terekhov A., Prokhorova U., Verkulich S., Demidov V., Sidorova O., Anisimov M., Romashova K. Two decades of mass-balance observations on Aldegondabreen, Spitsbergen: interannual variability and sensitivity to climate change // *Annals of Glaciology*. 2023. V. 64(92). P. 225–235.

Отметим, что полученные выводы согласуются с результатами других применяемых нами методов оценки баланса массы ледников: геодезического и геофизического. Можно утверждать, что сокращение арктических ледников, наблюдаемое с начала XXI века, является беспрецедентным.

Отечественный масс-балансовый мониторинг на архипелаге Шпицберген продолжается. Ледники в районе Баренцбурга являются не только объектом регулярных измерений, но и удобным полигоном для проведения методических работ — по измерению микроклиматических характеристик высокоширотных горных территорий, для сезонных экспериментов по оценке компонентов теплового баланса, интеркалибровки различных датчиков, отработки новых методик.

Результаты получены в рамках темы 5.1 Плана НИТР Росгидромета на 2020–2024 годы «Развитие моделей, методов и технологий мониторинга и прогнозирования состояния атмосферы, океана, морского ледяного покрова, ледников и вечной мерзлоты (криосферы), процессов взаимодействия льда с природными объектами и инженерными сооружениями для Арктики и технологий гидрометеорологического обеспечения потребителей».

Авторы выражают свою искреннюю благодарность отделу РАЭ-Ш за предоставленное оборудование, логистическое обеспечение и помощь в проведении сезонных работ на ледниках архипелага Шпицберген.

*А.В. Терехов, В.Э. Демидов, У.В. Прохорова,
С.Р. Веркулич (ААНИИ)*

ОСНОВНЫЕ ИТОГИ 70-Й РОССИЙСКОЙ АНТАРКТИЧЕСКОЙ ЭКСПЕДИЦИИ (2024–2025)

В Антарктиде успешно завершён летний сезон 70-й РАЭ. Участники летнего сезона и полярники 69-й РАЭ вернулись домой.

Приоритетными научными задачами 70-й сезонной РАЭ являлись:

- проведение комплексного мониторинга природной среды Антарктики на пяти российских антарктических станциях Восток, Мирный, Новолазаревская, Прогресс, Беллинсгаузен, а также на полевых базах Оазис Бангера и Русская, в том числе в приземной, свободной и верхней атмосфере, криосфере, биосфере, магнитосфере, ионосфере, озоносфере, гидросфере и литосфере южной полярной области, а также в водах Южного океана;

- гляциологический мониторинг поверхностного баланса массы, температурного режима и изотопного состава снежной толщи в районах станций Восток, Новолазаревская и Беллинсгаузен;

- определение биоразнообразия антарктических экосистем и их современного изменения в условиях меняющегося климата;

- сбор данных о состоянии объектов биосферы в районах экспедиционной активности РАЭ;

- материально-техническое обеспечение функционирования круглогодичных станций;

- завершение этапа ремонтно-восстановительных работ на станции Мирный;

- проведение проектно-изыскательских работ района сезонной базы Русская для возможности подготовки технического задания на проектирование нового зимовочного комплекса для этой в перспективе новой зимовочной станции;

- выполнение комплекса природоохранных мероприятий в районах антарктических станций, баз и в зонах экспедиционной активности РАЭ, сбор и удаление отходов жизнедеятельности.

В выполнении программы сезонных исследований принимали участие представители 32 научно-исследовательских, образовательных, проектных и других организаций, представляющих федеральные органы исполнительной власти РФ: Росгидромет и Роснедра МПР России, Минобрнауки России, УНИО МО России, Минсельхоз России, а также Росреестра, Роскосмоса, РАН и НИЦ «Курчатовский институт».

Численность персонала 70-й РАЭ соответствовала лимитам, определенным для РАЭ Распоряжением Правительства Российской Федерации от 30 июня 2021 года № 1767-р, а именно: 120 человек зимовочного состава и 125 человек сезонного состава без учета численности экипажей морских и воздушных экспедиционных судов, а также прикомандированных к составу экспедиции специалистов.

В транспортных операциях по реализации Программы научных наблюдений и экспедиционных работ 70-й сезонной РАЭ (2024–2025) были задействованы НЭС «Академик Трёшников», НЭС «Академик Федоров» (оба — ФГБУ «ААНИИ» Росгидромета), 3 вертолета типа Ка-32С (АО «Авиалифт Владивосток») и 1 вертолет типа Ка-32С (АО НПК «ПАНХ»), самолеты типа Ил-76ТД-90ВД и Боинг 756 в рамках участия РАЭ в международной авиационной сети «Дромлан», а также самолеты типа ВТ-67 «Turbo Basler» по поддержке контракта АО «Запсибгазпром» с компанией UAL-ALCI (Кейптаун, ЮАР).

Рейс НЭС «Академик Федоров»

НЭС «Академик Федоров» вышло из Санкт-Петербурга в антарктический рейс по программе 70-й РАЭ 2 ноября 2024 года и 24 апреля 2025 года вернулось в порт приписки. Общая продолжительность рейса составила 174 суток.

На момент выхода судна в рейс на его борту находились 50 участников 70-й РАЭ. В морском порту Кейптаун (ЮАР) с 25 по 30 ноября 2024 года на НЭС «Академик Федоров» прибыли 65 человек экспедиционного состава, также на борт судна были приняты заказанные продукты питания.

В ходе реализации Программы научных и экспедиционных исследований и работ 70-й РАЭ НЭС «Академик Федоров» выполнило материально-техническое обеспечение и смену персонала антарктических станций Прогресс, Восток и Мирный, Новолазаревская, в районе сезонной базы Молодежная снабдило базу «Гора Вечерняя» белорусской экспедиции, осуществило обширный комплекс научных работ и исследований по океанографии, морской биологии, микробиологии, гидрографии, регистрации общего содержания озона и малых газовых примесей, морскому льду в морях Рисер-Ларсена, Космонавтов, Дейвиса и Моусона.