

## ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕОРАДАРНОГО ПРОФИЛИРОВАНИЯ С ЦЕЛЬЮ ВЫБОРА МЕСТА ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ПОСАДОЧНОЙ ПЛОЩАДКИ ДЛЯ САМОЛЕТОВ НА ЛЫЖНОМ ШАССИ НА СТАНЦИИ МИРНЫЙ (ВОСТОЧНАЯ АНТАРКТИДА)

Скорость течения прибрежной присклоновой части ледникового покрова Антарктиды достаточно высока и составляет сотни метров в год и более. Это приводит к образованию многочисленных трещин, ширина которых может превышать десятки метров при глубине более сотни метров. Самая известная из них, Гранд Касмс (Grand Chasms), пересекавшая шельфовый ледник Фильхнера-Ронне, имела наибольшую ширину около 19 км! Впоследствии, в октябре 1985 года, ее развитие привело к отколу от ледника громадного айсберга, расколовшегося на три части размерами около 90×95 км. В районе первой отечественной станции Мирный, отпраздновавшей в этом году свое шестидесятилетие, также имеется большое количество трещин. Они представляют большую опасность для людей и транспортной техники. Их своевременное выявление и локализация является одной из основных задач Российской антарктической экспедиции (РАЭ) в плане обеспечения безопасности жизнедеятельности антарктических станций, полевых баз и транспортных операций. В свете расширения научных и логистических работ, планируемых во исполнение Стратегии развития деятельности Российской Федерации в Антарктике на период до 2020 года и на более отдаленную перспективу, перед РАЭ встала задача строительства посадочной площадки для самолетов на станции Мирный, которая на настоящий момент является единственной отечественной зимовочной станцией, не связанной с внешним миром авиационным сообщением.

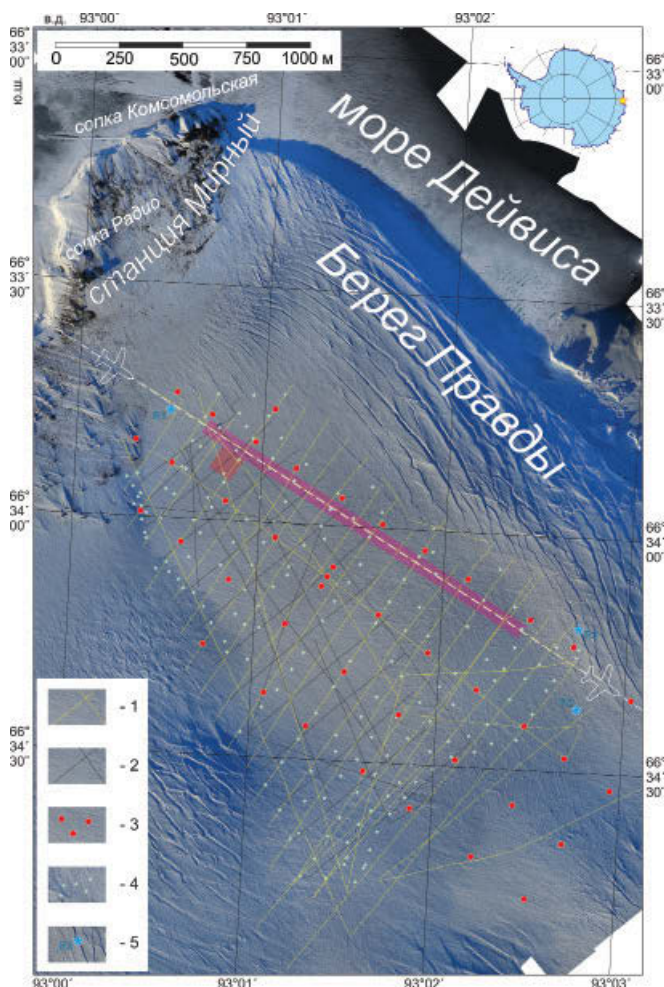
Для решения поставленной задачи в сезон 59-й РАЭ (2013/14 год) были выполнены первые рекогносцировочные работы для выяснения принципиальной возможности строительства на станции Мирный посадочной площадки и возобновления, таким образом, прерванного два десятилетия назад авиационного сообщения. Эти исследования, помимо визуальной оценки, включали в себя георадарное профилирование по отдельным маршрутам и установку вех для последующего измерения скорости течения ледника. По результатам этих первых работ был намечен участок ледника под летное поле посадочной площадки.

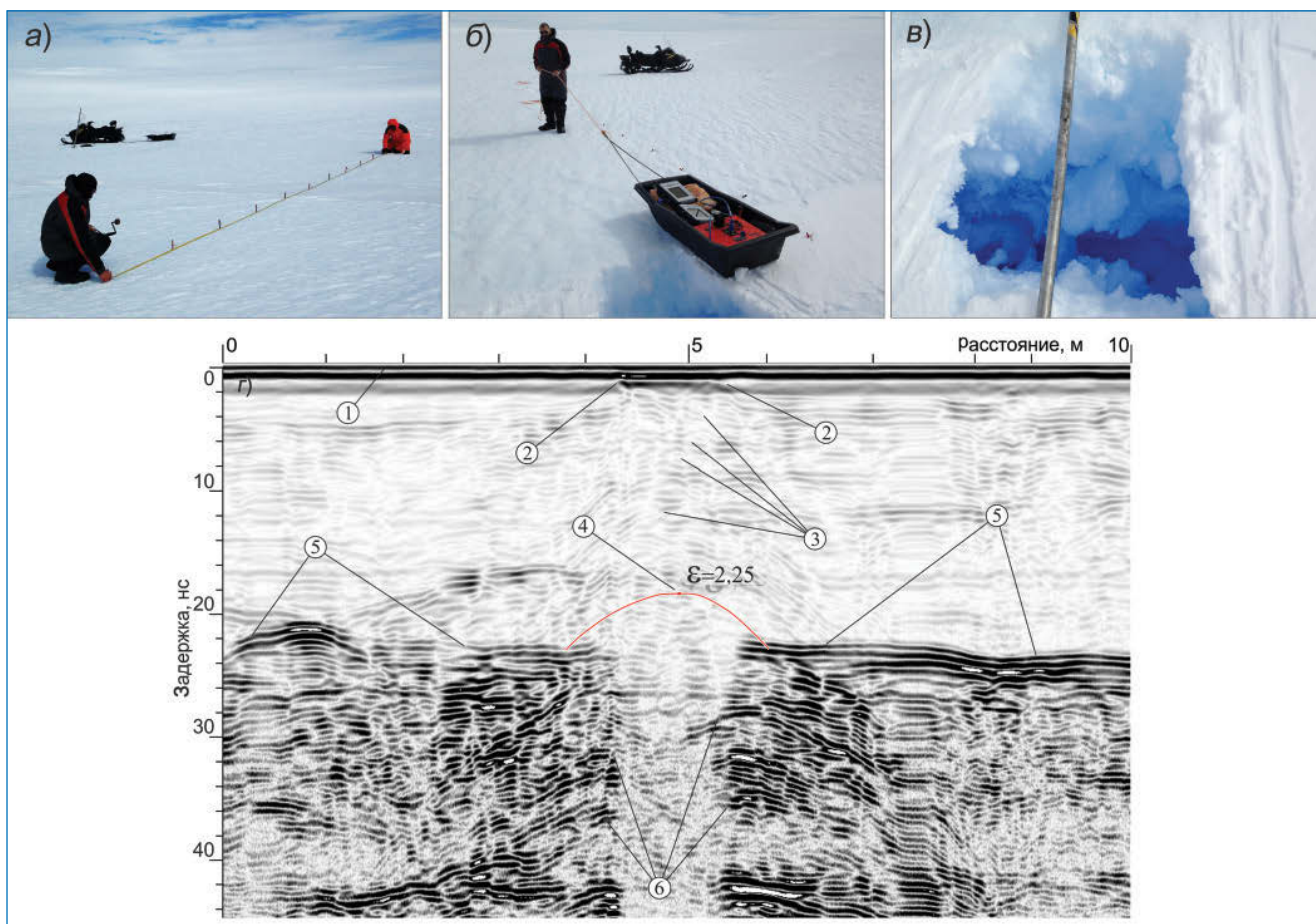
В сезон 60-й РАЭ (2014/15 год) были выполнены масштабные инженерные изыскания с целью дальнейшего, более углубленного изучения данного района. Они включали в себя площадную георадарную съемку масштаба 1: 15 000, керновое бурение, установку дополнительных вех и аэрофотосъемку. Первый метод, по общему признанию, является наиболее эффективным и точным при изучении строения ледника и выявлении в нем любых неоднородностей дистанционным способом. Его главное преимущество заключается в мобильности. Керновое бурение позволяет получить наиболее достоверные и полные данные о леднике. Однако в этом случае измерения носят локальный характер. Эти два метода дополняют друг друга, а их совместное использование позволяет наиболее точно описать изучаемый гляциологический объект. В то же время аэрофотосъемка, выполненная при низком положении солнца над горизонтом, позволяет с большой точностью выявить протяженные линейные объекты, каковыми являются трещины. Помимо этого, качественный фотоплан (главный результат аэрофотосъемки) имеет прикладное значение как для решения повседневных задач жизнедеятельности антарктических станций, так и для реализации стратегических планов РАЭ. По результатам работ был найден участок, пригодный для строительства посадочной площадки.

В ходе текущего полевого сезона 61-й РАЭ (2015/16 год) был проведен завершающий этап исследований. Он включал в себя повторную площадную георадарную съемку масштаба 1: 10 000 на территории примерно 2 × 1,3 км одновременно на двух частотах: 270 МГц и 900 МГц. Общий объем выполненных работ составил 40,2 пог. км для каждого георадара. Помимо этого были выставлены дополнительные вехи (41 в общей сложности) для изучения динамики ледника, а также проведены пенетрометрические измерения твердости снега в 174 пунктах.

Важной частью проведенных исследований и инженерных изысканий стали опытно-методические работы (ОМР), выполненные на трещинах, сформированных в ледниковом покрове различного типа. Это, в свою очередь, позволило прояснить ряд важных вопросов формирования отраженных электромагнитных импульсов от трещин различной морфологии, что в конечном счете позволило на качественно более высоком уровне выполнить интерпретацию временных георадарных данных.

Схема расположения работ в районе станции Мирный: 1 – маршруты георадарной съемки 61-й РАЭ; 2 – маршруты георадарной съемки 60-й РАЭ; 3 – положение вех; 4 – пункты пенетрометрии; 5 – пункты выполнения ОМР. Малиновым цветом показана ВПП. Красным цветом помечен перрон. Белой пунктирной линией отмечена ось ВПП. Фотоплан актуален на 11 января 2015 года.





Выполнение ОМР на полигоне R2 (а, б, в) и временной георадарный разрез, полученный на частоте 900 МГц (г):

1 – нулевая отметка; 2 – отражение, соответствующее положению трещины; 3 – мозаичный характер отражений внутри трещины; 4 – отражение, сформированное от куска плотного снега, или фирна; 5 – предположительная граница между снежно-фирновой толщей и ледниковым льдом; 6 – дифрагированные волны, сформированные предположительно от участков стенок трещины, расположенной в ледниковом льду. Теоретический годограф дифрагированной волны показан красным цветом.

Положение полигона показано на предыдущем рисунке. Фото С.В. Кашина.

В частности, ОМР были проведены в пункте R2 на трещине шириной около 1,5 м, сформированной в снежно-фирновой толще. Их цель состояла в выяснении характера отражений от этих объектов. Для этого через трещину был размечен маршрут протяженностью 10 м с интервалом 1 м (на рисунке — фрагмент а). Его центр (пикет 5 м) совпал с центром видимой части трещины. Вдоль маршрута выполнялось лоцирование одновременно на частотах 270 МГц и 900 МГц (фрагмент б). Затем трещина была вскрыта. Согласно визуальным наблюдениям, ее приповерхностная часть была почти полностью забита снегом (фрагмент в).

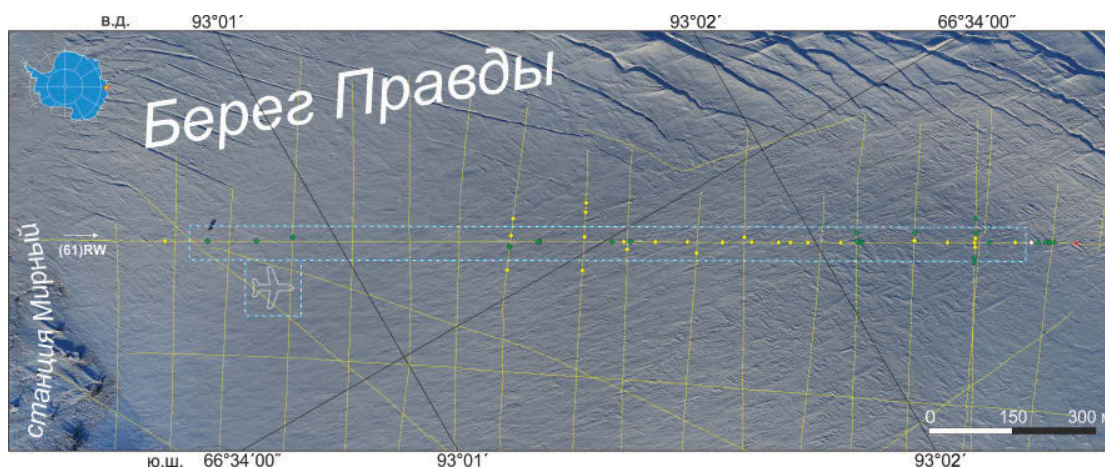
На временном георадарном разрезе (фрагмент г) отчетливо наблюдается отражение 1, сформированное зондирующим импульсом и маркирующее начало регистрации данных. Границы трещины маркируются нарушениями слоистости снежно-фирновой толщи 2. Дифрагированные волны от ее стенок также практически не зарегистрированы. Это связано с тем, что диэлектрические проницаемости снега, фирна и воздуха близки по своим значениям. Это приводит к тому, что коэффициенты отражения Френеля также незначительны. Следствием этого является видимое отсутствие контрастных отражений и дифрагированных волн. Мозаичность волнового поля внутри трещины 3 указывает на то, что она, вероятнее всего, частично забита снегом и кусками слезавшегося фирна. От одного из них зарегистрирована дифрагированная волна 4, по которой могут быть произведены расчеты кинематических характеристик среды. Теоретический годограф лучше всего совпадает с зарегистрированным при диэлектрической про-

ницаемости, равной 2,25, что соответствует скорости распространения электромагнитных волн 20,0 см/нс.

Интенсивное отражение 5 предположительно маркирует границу между снежно-фирновой толщей и ледниковым льдом. На это указывает относительно высокая контрастность отражений. Временной разрез показывает, что трещина простирается вглубь, за границу записи. Отражения становятся более контрастными, при этом формируются многочисленные дифрагированные волны 6.

Основная задача полевых работ сезона 61-й РАЭ состояла в выборе места под летное поле для последующего строительства посадочной площадки для приема самолета. Поэтому наибольший интерес представляет именно тот участок ледника, где оно расположено. В его пределах выполнено в общей сложности 19 маршрутов. Учитывая относительно небольшие размеры элементов летного поля (ВПП: 1500 × 60 м и перрон: 100 × 100 м), полученных данных вполне достаточно, чтобы охарактеризовать строение приповерхностной части этой территории в интересующем прикладном аспекте, т.е. выявить, локализовать и охарактеризовать внутрiledниковые трещины. Они показаны на рисунке. Исходя из опыта работы и применительно к тем типам самолетов, для приема которых предполагалось использовать данную посадочную площадку, потенциально опасными трещинами являются те, ширина которых располагается в интервале от 30 см до 150 см, при толщине снежного моста менее 1 м, или те, ширина которых более 150 см, а толщина снежного моста менее ширины.

Полученные объективные данные свидетельствуют о том, что среди многообразия трещин, выявленных в данном рай-



Положение трещин, граничащих с летным полем посадочной площадки станции Мирный. Георадарные маршруты показаны желтыми линиями; сине-белым пунктиром показаны границы летного поля; точками показаны фрагменты трещин, классифицированные по типам: шириной до 30 см (зеленого цвета); шириной от 30 см до 150 см, перекрытые снежным мостом менее 1 м (красного цвета) и более 1 м (желтого цвета); шириной более 150 см (белого цвета). Фотоплан актуален на 11 января 2015 года.

оне, на участке местности, выбранном под летное поле, потенциально опасные объекты отсутствуют. Соответственно, в конце полевого сезона была построена посадочная площадка под самолеты на лыжном шасси и 10 февраля 2016 года на нее был принят среднемагистральный самолет DC-3T(BT-67)

«Турбобаслер» Компании «ALCI» (г. Кейптаун, ЮАР), пилотируемый канадским экипажем Авиакомпании «Kenn Borek Air Ltd».

*С.В. Попов, С.П. Поляков, С.В. Межонов,  
В.Л. Мартянов, В.В. Лукин (ПМГРЭ, ААНИИ)*

## НОВОСТИ КОРОТКОЙ СТРОКОЙ \*

**29 марта 2016 г. ИА «Арктика-Инфо».** На полуострове Аляска один из наиболее активных вулканов – вулкан Павлова – выбросил столб пепла на высоту более шести километров, а сильный ветер распространил его на 650 км в глубь полуострова. Геологическая служба США объявила наивысший, красный уровень угрозы для авиации. Последнее мощное извержение вулкана Павлова произошло в 2013 году: облака пепла достигали высоты 10,5 км. <http://www.arctic-info.ru/news/29-03-2016/na-alaske-prosnylsa-vulkan-pavlova>

**30 марта 2016 г. Росгидромет.** В ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН» начат выпуск экспериментального бюллетеня мониторинга глобального климата по разделу «Приземная температура». Содержание бюллетеня составляют глобальные данные о наблюдаемых особенностях температурного режима у земной поверхности (аномалии и экстремумы) и о современных тенденциях их изменений. Бюллетень доступен на сайте ИГКЭ в разделе «Изменение климата России». <http://www.meteorf.ru/press/news/11393/>

**31 марта 2016 года. ТАСС.** Российские ученые обнаружили резкое снижение концентрации озона над Научно-исследовательским стационаром «Ледовая база "Мыс Баранова"». Об этом сообщил начальник Высокоширотной арктической экспедиции ААНИИ Владимир Соколов. «Резкое уменьшение концентрации озона, которое условно называют озоновой дырой, выявлено нашими учеными впервые с 2011 года. Минимальное содержание озона было зафиксировано 27 февраля – 2,989 г/м<sup>2</sup>, или 140 единиц Добсона», – сказал он, уточнив, что в норме содержание озона в атмосфере составляет 350–380 единиц Добсона, а когда оно падает ниже порогового значения в 220 единиц Добсона, принято говорить об озоновой дыре. <http://special.tass.ru/nauka/3166971>

**1 апреля 2016 г. ИА «Арктика-Инфо».** Опытное конструкторское бюро машиностроения имени И.И. Африкантова продлит срок работы реакторной установки атомного ледокола «Вайгач» до ввода в эксплуатацию атомоходов нового поколения. Продление срока эксплуатации реактора обеспечит работу судна до 2023 года. Все работы по реакторной установке должны быть завершены к середине апреля 2017 года. <http://www.arctic-info.ru/news/01-04-2016/vvelicen--pensionnii-voznrast--ledokola--vaigac>

**8 апреля 2016 г. ИА «Арктика-Инфо».** Президент Российской Федерации Владимир Путин назначил нового главнокомандующего Военно-морским флотом (ВМФ). Главнокомандующим Военно-морским флотом России стал командующий Северным флотом адмирал Владимир Королев. <http://www.arctic-info.ru/news/08-04-2016/v-vmf-naznacili-novogo-glavnokomandyusego>

**12 апреля 2016 г. ИА «Арктика-Инфо».** С 2000 года географический Северный полюс Земли начал двигаться на восток. Об этом говорится в новом исследовании NASA. Ученые отмечают, что за 115 лет наблюдений за климатом Северный полюс максимально отклонился на 12 м. До 2000 года он двигался в сторону Канады, однако сейчас ось вращения Земли сделала резкий поворот к востоку и теперь дрейфует почти в два раза быстрее. Со скоростью 17 см в год она смещается в сторону Британских островов. По мнению ученых, такое движение связано с таянием ледников в Гренландии и на западе Антарктиды. При этом главной причиной резкой смены курса и ускорения дрейфа стала деятельность человека – потеря воды, засухи в районе Каспийского моря и полуострова Индостан, вызванные техногенным факторами. [http://www.arctic-info.ru/news/12-04-2016/nasa--severnii-polus-nacal-smesat\\_sa-na-vostok](http://www.arctic-info.ru/news/12-04-2016/nasa--severnii-polus-nacal-smesat_sa-na-vostok)