

## Инженерные изыскания, направленные на организацию всесезонной трассы в районе российской станции Прогресс, Восточная Антарктида, в сезон 63-й РАЭ (2017/18 г.)

**Суханова А.А.<sup>1</sup>, Попов С.В.<sup>2</sup>, Григорьева С.Д.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург

<sup>2</sup>АО «Полярная морская геологоразведочная экспедиция», Санкт-Петербург  
[nastyaa2162162@gmail.com](mailto:nastyaa2162162@gmail.com)

**Аннотация:** В настоящей работе представлены результаты инженерных изысканий, выполненных в ходе летнего полевого сезона 63-й Российской антарктической экспедиции на участке между полевыми базами Прогресс-1 и Прогресс-3 (холмы Ларсеманн (Larsemann Hills), Восточная Антарктида) в период с 4 по 24 января 2018 года. Исследования были направлены на поиск места для организации новой всесезонной трассы между российской станцией Прогресс и пунктом формирования санно-гусеничных походов во внутренние районы Антарктиды. Необходимость инженерных изысканий обусловлена прорывом подледникового озера, расположенного в западной части ледника Долк (Dålk Glacier), которое произошло 30 января 2017 года. Образовавшийся на его месте провал размером 183×220 м разрушил участок старой трассы. В ходе полевого сезона выполнено георадиолокационное профилирование на частотах 150 МГц и 900 МГц с целью выявления особенностей строения ледника, в частности трещин и внутрiledниковых водных масс. Согласно полученным данным, исследованный участок в целом безопасен для организации транспортного сообщения. Новая дорога была одобрена руководством станции Прогресс 19 января 2018 года, а уже 24 января, после обвеховки и укатки пути в обход провала, трасса была принята к эксплуатации.

**Ключевые слова:** Восточная Антарктида, станция Прогресс, георадиолокационное профилирование, логистическое обеспечение, транспортные операции, прорывные паводки, ледниковые трещины

### Введение

В течение всего времени существования сначала Советской, а затем и Российской антарктической экспедиции (РАЭ), функционирование станций, полевых баз и лагерей во многом зависело от организации транспортных операций и логистического обеспечения. Все отечественные станции, за исключением действующей внутриконтинентальной станции Восток, расположены в прибрежной части материка на свободных от льда территориях. Однако в непосредственной близости от них имеются обширные ледники, для которых характерны высокие скорости течения. Это приводит к образованию трещин, достигающих порой нескольких десятков метров в ширину. (Пряхин и др., 2015; Попов и Поляков, 2016). В частности, они имеются в районе станции Прогресс и пересекают трассу следования санно-гусеничных походов на станцию Восток. Их своевременное выявление, а также выяснение особенностей динамики ледника для прогнозирования возможного образования трещин является важным аспектом деятельности РАЭ для обеспечения безопасности транспортных операций.

Не менее важным является изучение и мониторинг водоёмов, расположенных вблизи инфраструктуры РАЭ в непосредственной близости от снежников и ледников. Прикладной интерес к этому обусловлен потенциальной возможностью их переполнения талой водой и катастрофическими прорывами, которые могут приводить к разрушениям строений и коммуникаций, а, подчас, и к человеческим жертвам. Примером является прорыв подледникового озера, расположенного в краевой части ледника Долк с последующим образованием огромного провала размером 183×220 м (Popov et al., 2017).

Возникновение провала в леднике Долк 30 января 2017 года стало причиной разрушения участка дороги, соединяющей станции Прогресс (Россия) и Зонгшан (Китай) с аэродромом и пунктом формирования российских и китайских санно-гусеничных походов во внутренние районы

Антарктиды. К счастью, это катастрофическое событие обошлось без человеческих жертв, однако нарушение транспортного сообщения побудило руководство станции к поиску новых вариантов трассы. В зимний период была организована новая времененная дорога вдоль северо-западного берега озера Прогресс, а в тёплый летний период передвижение гусеничной техники первое время осуществлялось с западной стороны провала через каменистые склоны скал. Оба варианта имеют значительные недостатки. Трасса вдоль берега озера пересекает узкую, но довольно глубокую его часть. Во время зимнего периода этот путь является безопасным ввиду наличия мощного ледового покрова на поверхности озера, но в летнее время из-за интенсивного приповерхностного таяния толщина льда уменьшается до предельных значений, недопустимых для проезда транспортной техники. Неудобство пути с западной стороны провала обусловлено тем, что он проходит через каменистые склоны, характеризующиеся значительными уклонами, достигающими  $35^\circ$  (рис. 1а). Поэтому он является труднопроходимым для гусеничной техники, в частности Kässbohrer Pisten Bully Polar, широко используемой для транспортных операций. Кроме того, их передвижение по каменистым склонам приводит к преждевременному износу ходовой части, которая предназначена для использования на снежниках и ледниках. Вследствие этого руководством РАЭ была поставлена задача поиска новой безопасной трассы. В силу характера рельефа местности, единственным оптимальным вариантом для неё стал участок ледника Долк в обход образовавшегося провала.

### **Методика выполнения работ**

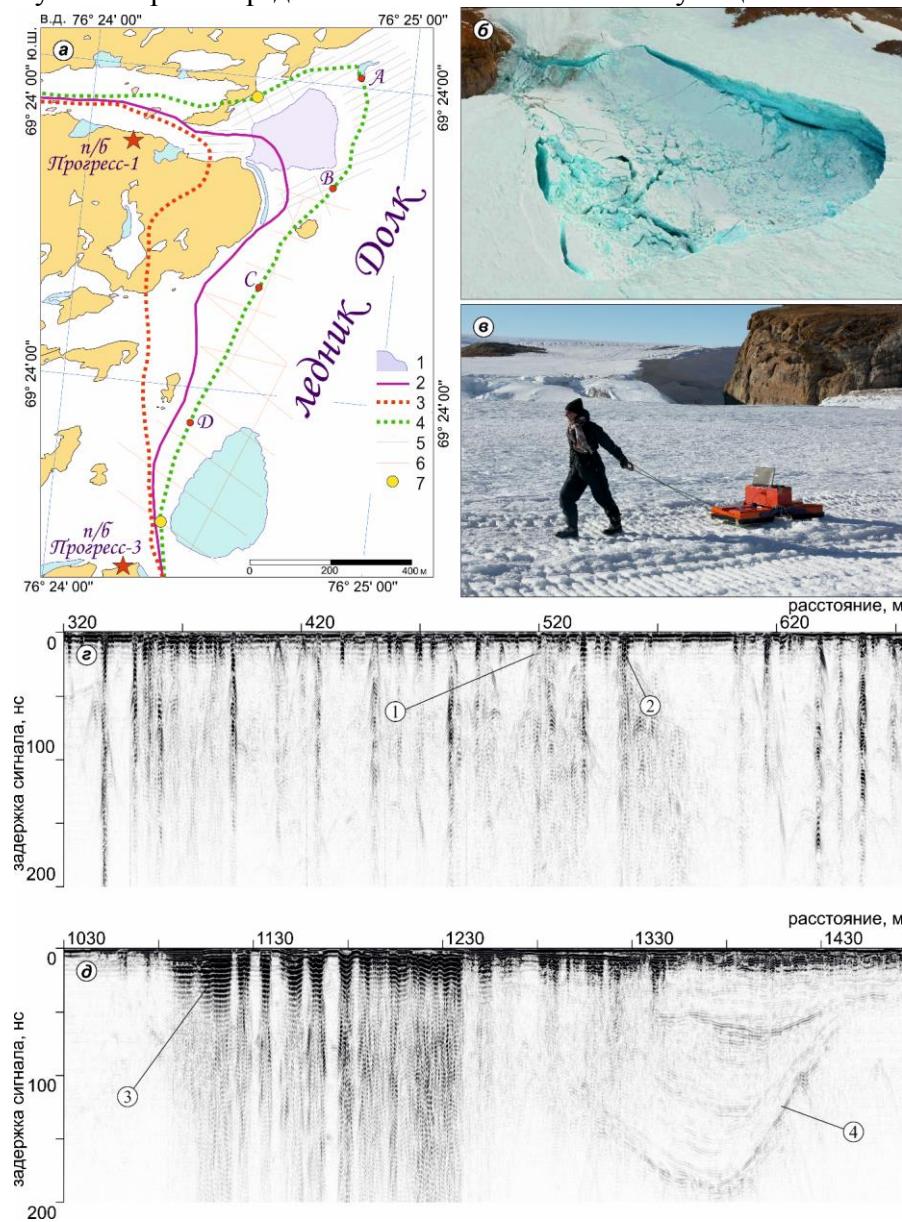
Для решения поставленной задачи, в районе провала были проведены рекогносцировочные работы для оценки текущего состояния ледника. Визуальная оценка показала, что с момента возникновения провала вокруг него образовалась обширная система трещин, простирающихся субпараллельно его восточному борту и в большинстве своём заполненных водой либо льдом. Кроме того, в этом районе наблюдались обводнённые участки, свидетельствующие о возможном наличии полостей в теле ледника, которые могут представлять опасность для движения техники. Также на участке планируемой дороги между полевыми базами Прогресс-1 и Прогресс-3 в летние периоды ввиду интенсивного таяния образовывались скопления талой воды под снежным покровом, порой достигающие размеров  $200 \times 300$  м. Для обоснованного выбора наиболее безопасного пути в обход провала требовалось проведение инженерных изысканий как на участке вокруг провала, так и на территории между полевыми базами.

В период с 4 по 24 января 2018 года на участке в обход провала на леднике Долк были проведены обширные комплексные геодезические, гляциологические, гидрологические и геофизические работы. Последние включали в себя георадиолокационное профилирование, которое осуществлялось с использованием георадаров ОКО-2 (ООО «Логические системы», Россия) на частоте 150 МГц и GSSI (Geophysical Survey Systems Inc., USA) с системным блоком SIR3000 на частоте 900 МГц. Использование локирования на этих частотах позволило детально изучить приповерхностную часть ледника, сохранив при этом достаточную глубинность измерений. Движение по маршрутам осуществлялось пешим порядком (рис. 1в). Плановая привязка пунктов зондирований выполнялась при помощи приемоиндикатора Garmin GPSmap 64st. Общий объём георадарной съёмки составил около 10 пог. км. Схема расположения маршрутов представлена на рис. 1а.

### **Результаты работ**

Несмотря на то, что район работ визуально воспринимается непроходимым ввиду наличия обширной системы трещин, дистанционные исследования доказали её безопасность. На рис. 1г представлен фрагмент временного георадарного разреза АВ, полученного по одному из наиболее ответственных участков трассы. В его правой части имеются многочисленные дифрагированные волны I, сформированные вертикальными стенками трещин. Следует отметить, что классификация трещин по степени опасности для транспортной техники и людей на настоящий момент находится на стадии разработки. Однако согласно многолетнему опыту нарушения целостности в теле ледника шириной до полуметра, при соблюдении мер техники безопасности, не представляют значительной угрозы. Визуальная оценка и результаты георадарных исследований показали, что трещины значимого размера на трассе отсутствуют и в большинстве своем заполнены талой водой

либо льдом 2. Кроме того, согласно полученным данным (рис. 1г), в теле ледника не выявлены какие-либо пустоты, способные стать причиной возникновения провалов, подобных образовавшемуся в конце января 2017 года. Таким образом, на основании полученных данных, исследованный участок трассы представляется безопасным в эксплуатации.



**Рис. 1 Инженерные изыскания в западной части ледника Долк. а - схема района работ: 1 - провал, 2 - старая трасса, 3 - трасса через каменистые склоны, 4 - новая трасса, 5 - схема профилей на участке вокруг провала, 6 - схема профилей на участке между п/б Прогресс-1 и Прогресс-3, 7 - точка начала и конца георадарного временного разреза; б - вид провала в момент образования; в - выполнение георадиолокационной съемки; г - разрез АВ на пути следования трассы: 1 - дифрагированная волна, 2 - интенсивное отражение от воды в трещинах; д - разрез СД на пути следования трассы: 3 - интенсивные реверберации в местах скоплений талой воды, 4 - слои в теле ледника.**

Фрагмент разреза СД по трассе, расположенный в районе между полевыми базами Прогресс-1 и Прогресс-3, представлен на рис. 1д. На временном разрезе имеются контрастные отражения, сопровождающиеся реверберацией 3, что свидетельствует о скоплении в этом районе талой воды под снежным покровом. В то же время, предпосылкой наличия крупного подледникового водоёма обнаружено не было, что также подтверждает безопасность этого участка трассы. Помимо этого, на временном георадарном разрезе наблюдаются интенсивные отражения 4, сформированные от слоёв в теле ледника. Их

конфигурация свидетельствует о том, что в этом районе, возможно, повышена удельная аккумуляция снежного покрова.

Новая дорога была одобрена руководством станции 19 января 2018 года, а 23 января была произведена её обвеховка и укатка, после чего дорога приобрела жёсткое покрытие, а видимые трещины были забучены снегом. Таким образом, 24 января 2018 года началась эксплуатация новой трассы, соединяющей станции Прогресс и Зонгшан с аэродромом и пунктом формирования санно-гусеничных походов во внутренние районы Антарктиды.

*Авторы благодарят своих коллег, сотрудников гляцио-гидрогеофизического отряда сезона 63-й РАЭ Боронину А.С. и Дешевых Г.А. за помощь в проведении полевых работ; начальника станции Прогресс 62-й РАЭ Миракина А.В., начальника станции Прогресс 63-й РАЭ Воеvodina A.B. и сотрудников станции Прогресс, Латыпова Р.Р., Сощенко В.В., Коняева А.А., за помощь в организации полевых работ, а также Миракина А.В. за предоставление фотоматериалов; Институт Наук о Земле СПбГУ и ООО «ГеофизПоиск» за предоставленную геофизическую аппаратуру. Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-0500421 А.*

#### *Список литературы*

Попов С.В., Поляков С.П. Георадарное лоцирование трещин в районе российских антарктических станций Прогресс и Мирный (Восточная Антарктида) в сезон 2014/15 года // *Криосфера Земли*, №1, XX, 2016: 90-98.

Пряхин С.С., Попов С.В., Сандалюк Н.В., Мартынов В.Л., Поляков С.П. Аэрофотосъёмка районов российских антарктических станций Мирный и Прогресс в сезон 2014/15 г. // *Лёд и снег*, №4, 55, 2015: 107-113.

Popov S.V., Pryakhin S.S., Bliakharskii D.P., Pryakhina G.V., Tyurin S.V. Vast ice depression in Dalk Glacier, East Antarctica. // *Лёд и Снег*, № 3, 57, 2017: 427-432.

## **Engineering survey aimed at organization a year-round route at the area of the Progress station, East Antarctica, during the season of the 63<sup>rd</sup> RAE (2017/2018)**

**Sukhanova A.A.<sup>1</sup>, Popov S.V.<sup>2</sup>, Grigoreva S.D.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russia*

<sup>2</sup>*Polar Marine Geosurvey Expedition, St. Petersburg, Russia*

*nastya21622162@gmail.com*

**Abstract:** In this paper we present the results of the engineering survey performed during the austral summer field season of the 63<sup>rd</sup> Russian Antarctic Expedition at the area situated between field bases Progress-1 and Progress-3 (Larsemann Hills, East Antarctica) from 4<sup>th</sup> to 24<sup>th</sup> January 2018. The aim of the research was to find a place convenient for organizing a new year-round route connecting Progress station with the point of formation of the logistic traverses to the interior parts of Antarctica. The necessity of such survey appeared after the catastrophic outburst of the subglacial lake situated at the western part of the Dalk glacier. This happened on 30<sup>th</sup> January 2017 and led to formation of a huge glacial dip with size of 183×220 m which destroyed the former part of the route. During the field season of 2017/2018 we performed a GPR survey at frequencies 150 MHz and 900 MHz to observe main features of the glacier structure in this area, mainly the crevasses and interglacial water masses. Due to the results achieved, this area is safe for organizing the logistic routes. New route was accepted by the chief of the Progress station on 19<sup>th</sup> January 2018, and on 24<sup>th</sup> January 2018 after accurate preparation it was ready for exploitation.

**Keywords:** East Antarctica, Progress station, ground-penetrating radar soundings, logistical support, transport operations, outburst flood, ice crevasses