

## **ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ И ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИНЖЕНЕРНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ В РАЙОНЕ СТАНЦИИ ПРОГРЕСС (ОАЗИС ХОЛМЫ ЛАРСЕМАНН, ВОСТОЧНАЯ АНТАРКТИДА) В СЕЗОН 64-Й РАЭ**

В ходе летнего полевого сезона 64-й РАЭ в районе российской антарктической станции Прогресс (оазис Холмы Ларсеманн, Восточная Антарктида) выполнен комплекс инженерных изысканий, в первую очередь имеющих прикладную задачу обеспечения безопасности объектов транспортной инфраструктуры Российской антарктической экспедиции. Работы, включавшие геофизические, гидрологические, геодезические, гляциологические и буровые изыскания, выполнялись в период с 12 января по 27 февраля 2019 года отрядом, в который входили сотрудники ААНИИ, ООО «Геофизпоиск» и Санкт-Петербургского государственного университета.

Одной из характерных физико-географических черт оазиса Холмы Ларсеманн, в пределах которого расположена станция Прогресс, является широко развитая система озер, характеризующихся периодическими прорывными паводками. Такие явления представляют значительную угрозу для объектов инфраструктуры станции. Так, прорыв озера Болдер в январе 2017 года спровоцировал формирование масштабного провала в леднике Долк, разрушившего участок действующей трассы. Ежегодные прорывы озер Прогресс и LH73 размывают отрезок дороги, соединяющий станцию с аэродромом и пунктом формирования санно-гусеничных походов во

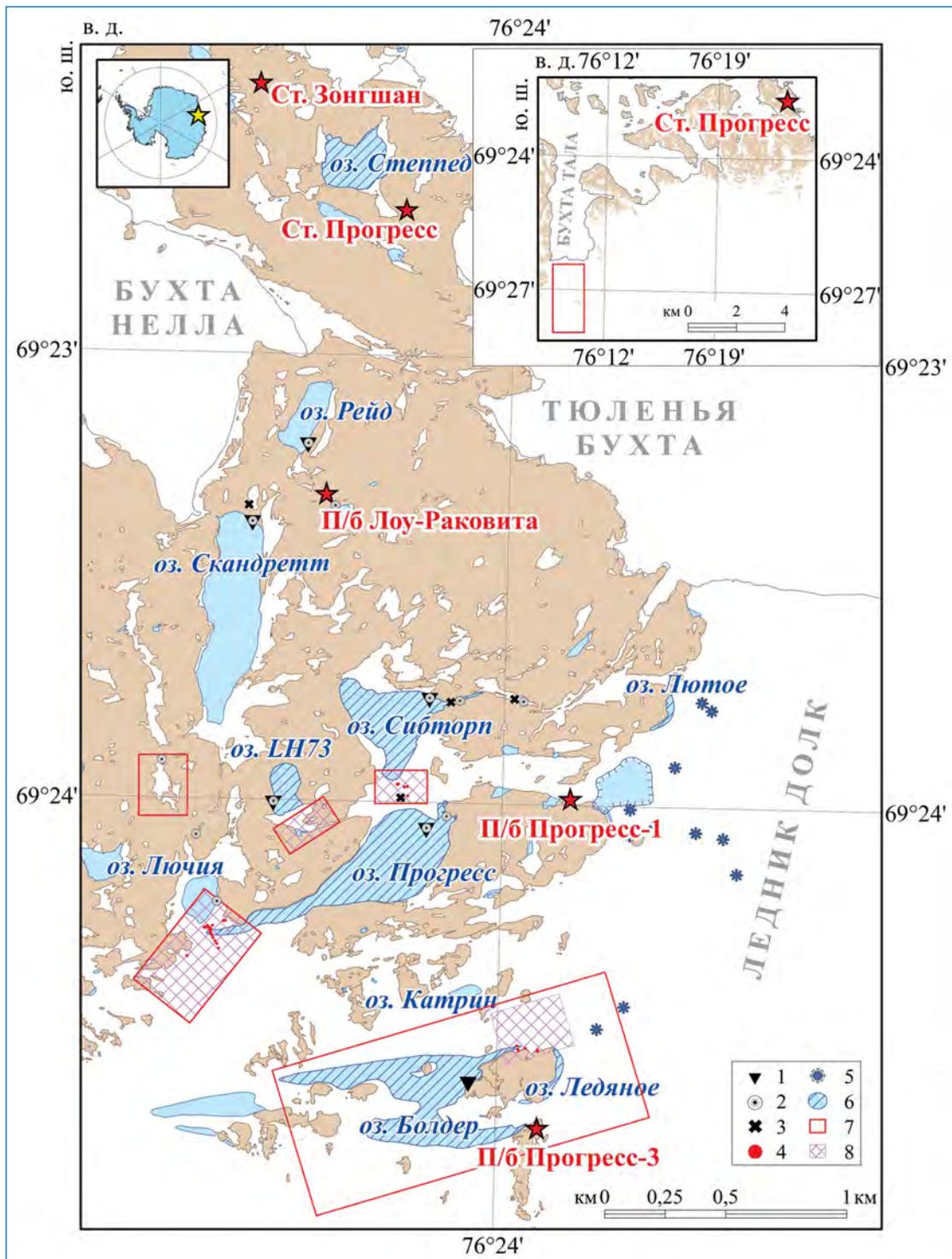


Рис. 1. Схема выполненных полевых работ гидролого-геофизической группы в районе ст. Прогресс в сезон 64-й РАЭ  
 Условные обозначения: 1 – водомерные посты; 2 – пункты отбора гидрохимических проб; 3 – точки измерения расходов воды; 4 – точки бурения (кроме батиметрических съемок); 5 – места установки гляциологических вех; 6 – батиметрические съемки; 7 – съемки методом георадиолокации; 8 – съемки методом естественного электрического поля

внутренние районы Антарктиды, в частности на внутриконтинентальную станцию Восток, где во исполнение Стратегии развития деятельности Российской Федерации в Антарктике на период до 2020 года и на более отдаленную перспективу, утвержденной 30 октября 2010 года, начинается масштабное строительство. Таким образом, мониторинг состояния прорывных водоемов и оценка безопасности транспортных путей, расположенных в непосредственной близости от них, является исключительно важной прикладной задачей.

Сотрудники отряда в сезон 64-й РАЭ продолжали и развивали комплекс изысканий, начатых ими в прошлом году. Изучение прорывных водоемов включало следующие основные задачи: (1) мониторинг уровня режима прорывоопасных озер; (2) выполнение батиметрических съемок для последующего расчета объема водных масс; (3) обследование снежно-ледяных перемычек водоемов геофизическими методами. Помимо этих работ, требовалось оценить состояние трассы в объезд провала в леднике Долк, проложенной в сезон 63-й РАЭ,



Рис. 2. Фазы прорыва озера Прогресс:  
 а – начало, б – максимум, в – спад стока, г – конечная фаза (общий вид)

и организовать в ее пределах пункты мониторинга динамики ледника. И, наконец, необходимо было проверить безопасность участков, по которым должна была проходить тяжелая техника в районе п/б Прогресс-1, и пункта разгрузки судов в бухте Тала. Схема выполненных работ представлена на рис. 1.

После выполнения подготовительных и рекогносцировочных работ, 14 января 2019 года отряд приступил к полевым работам, начавшимся с обследования системы озер Прогресс — Сибторп. Сразу же после окончания изысканий, включавших геофизическую съемку методами георадиолокации и естественного электрического поля, а также гидрологические наблюдения, произошел прорыв озера Прогресс (рис. 2). Формирование потока прорывного паводка началось в приповерхностной части снежника, и уже на следующий день он выработал русло, достигшее скального основания. Прорывным паводком была затронута часть дороги в районе п/б Прогресс-1. В свою очередь, прорыв озера Прогресс вызвал паводок на ручье, вытекающем из озера Сибторп. В результате этого уровень озера Прогресс снизился на 47 см. Амплитуда колебания уровня на озере Сибторп составила 22 см. Расход воды прорывного паводка из озера Прогресс по предварительным расчетам составил  $2,0 \text{ м}^3/\text{с}$ , расход воды ручья из озера Сибторп —  $2,64 \text{ м}^3/\text{с}$ .

Другой показательной системой в плане развития прорывных паводков оказался каскад озер Нелла — Дискашн. Прорывы озера Дискашн с формированием в теле снежно-ледяной перемычки канала стока, ведущего в бухту Нелла, происходят практически каждый год. Однако в сезон 64-й РАЭ гидрологами отряда были обнаружены признаки прорыва, расположенного выше озера

Нелла (рис. 3). Озера Нелла и Дискашн, таким образом, представляют собой каскад, разгружающийся при прорыве паводковых вод в бухту Нелла.

Важным объектом исследования оставалось озеро Болдер, прорыв которого спровоцировал в январе 2017 года образование провала в западной части ледника Долк. До начала полевых работ информация о морфометрии этого водоема отсутствовала, что делало невозможным моделирование и прогнозирование последующих его катастрофических паводков. Для устранения этой информационной лакуны сотрудниками отряда была выполнена комбинированная батиметрическая съемка, включавшая ледовое бурение с промером глубин и георадарное профилирование. По данным этих исследований впоследствии будет подготовлена кондиционная основа для построения батиметрической карты этого района. Помимо этого, на водосборной территории озера был проведен поиск внутриледных каналов стока озерных вод. Эти исследования осуществлялись геофизическими методами, кроме того, проводились буровые работы.

Как уже упоминалось, в сезон 62-й РАЭ прорыв озера Болдер способствовал образованию в леднике Долк масштабного провала, разрушившего участок трассы, соединявшей станцию Прогресс с аэродромом и пунктом формирования санно-гусеничных походов во внутренние районы Антарктиды. В сезон 63-й РАЭ в объезд провала была оперативно организована новая трасса (рис. 4 а), однако расположение ее в пределах динамичного участка ледника предполагало необходимость ежегодного мониторинга и оценки ее пригодности для эксплуатации. В зимний период сотрудники станции используют для

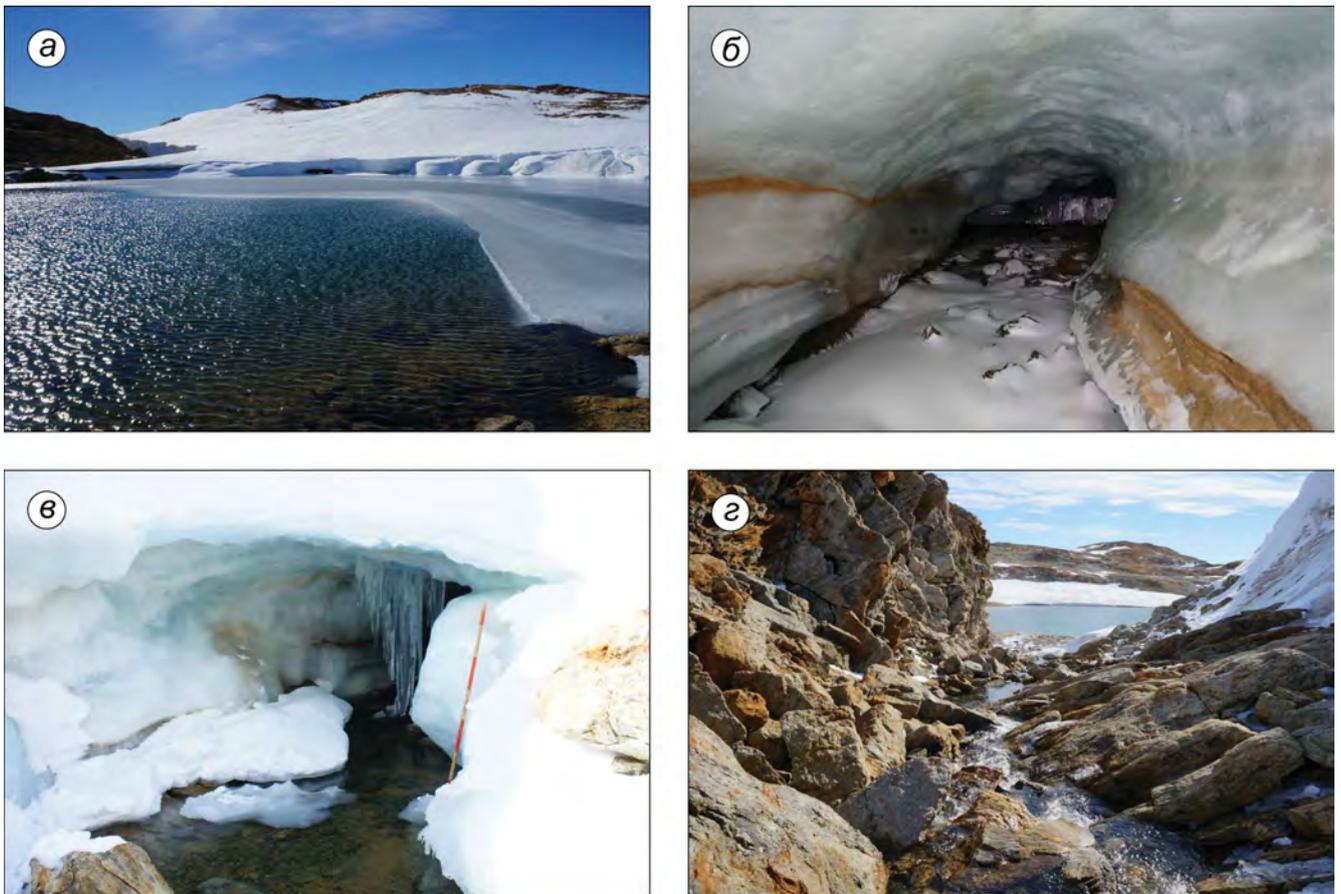


Рис. 3. Канал, образовавшийся в результате прорыва озера Нелла:  
 а – общий вид участка; б – тоннель, выработанный прорывным потоком; в – начало канала; г – выход канала из снежника

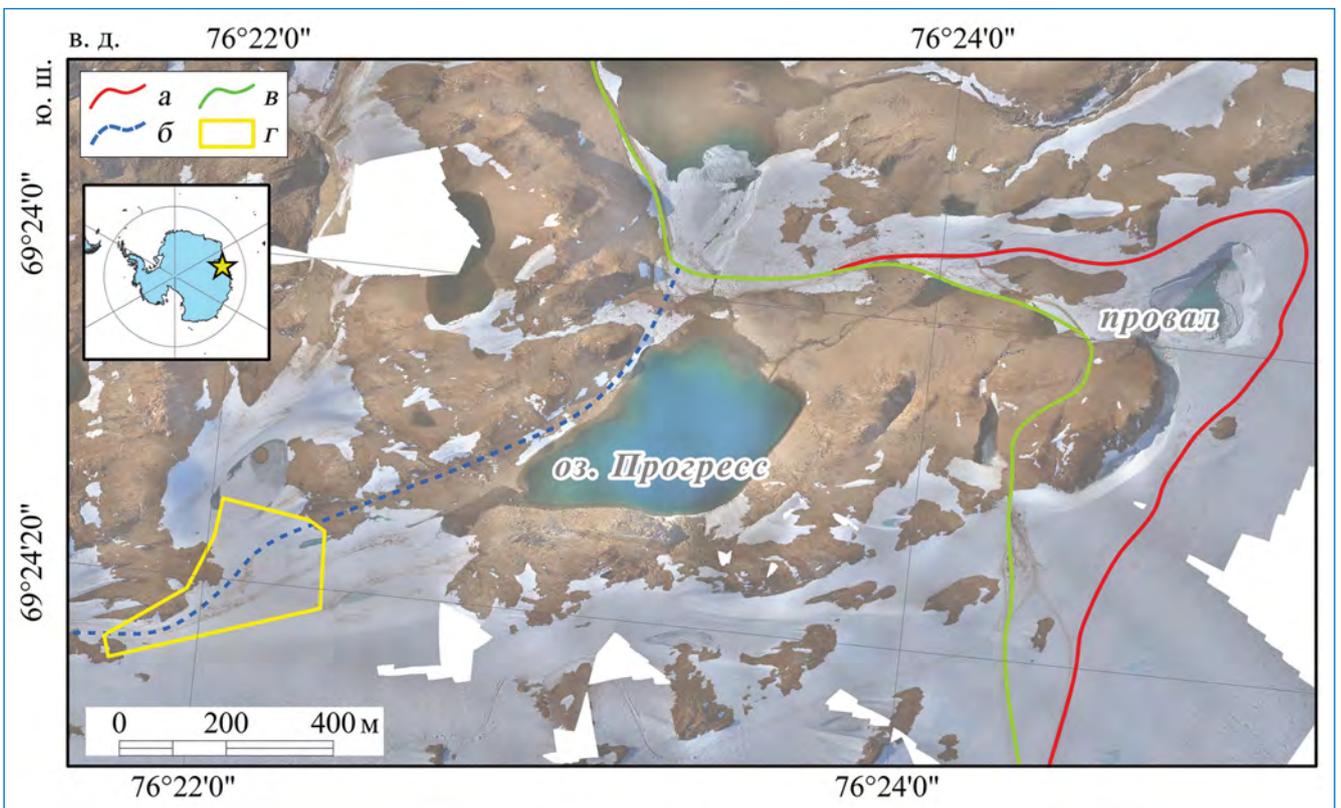


Рис. 4. Варианты организации маршрутов, соединяющих станцию Прогресс и ВПП.  
 Условные обозначения: а – трасса вокруг провала в леднике Долк, б – существующая зимняя трасса, в – существующая летняя трасса,  
 г – участок работ в сезон 64-й РАЭ

сообщения с аэродромом дорогу, проходящую через западную часть озера Прогресс (рис. 4 б). Перед началом сезона 64-й РАЭ начальником станции А.В. Воеводиным было принято решение не возобновлять сообщение с аэродромом по трассе вокруг провала ввиду значительного расширения трещин, развитых в ее пределах. Вместо этого была начата эксплуатация дороги, проходящей через перевал у п/б Прогресс-1 (рис. 4 в).

По прибытии на станцию Прогресс участниками гидролого-геофизической группы было проведено визуальное обследование состояния участка ледника вокруг провала и, в частности, проходящего по нему отрезка трассы. Рекогносцировочный маршрут подтвердил наличие многочисленных крупных трещин, и состояние трассы в сезон 64-й РАЭ было признано неудовлетворительным для логистических операций. Тем не менее, вследствие активной динамики ледника на данном участке, рекомендуется проведение ежегодной оценки его безопасности на предмет возможности возобновления транспортных операций в его пределах. С целью мониторинга характера течения ледника Долк были установлены гляциологические вехи.

Вследствие непригодности в сезон 64-й РАЭ трассы в объезд провала и значительных неудобств, связанных с использованием дороги, проходящей по каменистым перевалам, руководством станции было предложено оценить возможность переноса летней трассы в район западной части озера Прогресс (рис. 4 г). В результате работ, включавших геофизическую съемку методом георадиолокации и выполнение электротермобурения, было показано, что в пределах участка развита крупная подледная полость, ширина которой достигает 76 м, а высота — 11 м.

Комплекс изысканий в целях оценки безопасности транспортных операций был также выполнен отрядом в районе трассы следования тяжелой техники от пункта разгрузки судов в бухте Тала. В сезон 64-й РАЭ здесь осуществлялась транспортировка тяжелых саней, предназначенных для участия в экспериментальных санно-гусеничных походах, а начиная с сезона 65-й РАЭ его планируется использовать для перевозки элементов модулей для строительства станции Восток. Для изучения строения ледника на участке предполагаемой трассы была выполнена георадарная съемка, сопровождаемая визуальными наблюдениями и гидрологическими обследованиями. Сотрудниками отряда было установлено развитие в пределах изученного участка системы крупных трещин в толще фирна, а также зафиксировано наличие временных сезонных водоемов, прорывы которых могут создавать потенциально опасные полости в теле ледника (рис. 5).

Работы отряда в районе станции Прогресс в сезон 64-й РАЭ носили разнообразный характер, будучи направленными на решение как научных, так и сугубо прикладных задач. В ходе полевых работ было выполнено 33,6 пог. км георадарных маршрутов и 718 физ. точек измерений потенциала естественного электрического поля, организовано 7 водомерных постов, выполнено 118 измерений уровня воды и 5 измерений расходов воды; пробурена 281 скважина в озерном и ледниковом льду, из которых в 9 были отобраны и описаны ледяные керны.

Авторы выражают глубокую признательность и благодарность руководителям сезонной 64-й РАЭ М.В. Бугаёву и А.С. Курило за высокий уровень организации работ; начальнику станции Прогресс 63-й РАЭ А.В. Воевдину



Рис. 5. Сезонные водоемы, расположенные у скальных массивов: а, б – вблизи южной оконечности бухты Тала; в, г – в районе залива Вилкок

и начальнику станции Прогресс 64-й РАЭ Д.А. Мамадалиеву за помощь и поддержку на всех этапах полевых изысканий; помощнику начальника сезонной 64-й РАЭ А.В. Миракину за помощь в организации работ и предоставленные картографические материалы, а также сотрудникам 63-й и 64-й РАЭ С.Н. Быстрову, А.А. Коняеву, Д.В. Федорову, А.Н. Николаеву, В.В. Кугушеву, А.А. Сухановой, Г.П. Ахтелю. Исполнители также искренне признательны сотрудникам ООО «Геофизпоиск» В.И. Кашкевичу, Н.Е. Романовой, А.Л. Борисику и Института наук о Зем-

ле СПбГУ М.П. Кашкевич, Г.В. Пряхиной, С.В. Тюрину, А.М. Белову, А.С. Борониной, К.В. Титову за предоставленную аппаратуру и помощь в подготовке к полевым работам.

*С.Д. Григорьева<sup>1</sup>, А.А. Четверова<sup>1,2</sup>, Е.В. Рыжова<sup>3</sup>,  
Г.А. Дешевых<sup>2</sup>, С.В. Попов<sup>1,4</sup>  
(1 – СПбГУ, 2 – АНИИ, 3 – ООО «Геофизпоиск»,  
4 – АО «ПМГРЭ»).*  
*Фотоматериал предоставлен авторами*