

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕОРАДАРА ДЛЯ ОБСЛЕДОВАНИЯ ГОРНОЛЫЖНЫХ ТРАСС НА ЛЕДНИКЕ

Д.М. Фролов, Г.А. Ржаницын, А.В. Кошурников, А.А. Прошин, В.Е. Гагарин.

Географический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова

В условиях меняющегося климата, доступность снежных ресурсов в летнее время уникальна и чрезвычайно востребована. Природные возможности Эльбурского региона предоставляют единственный объект на Европейской территории России с натуральным снежным покровом летом. В летний период 2021 года участок ледника, с высоты 3910 м. до 3730 м. был впервые подготовлен для проведения официальных тренировок и соревнований горнолыжников. Летними тренировками на снегах Эльбруса воспользовались как члены сборной России, так и региональные команды. Присутствовало более 180 человек из 20 регионов России. Руководством курорта, опробована новая стратегия разведения туристических потоков и спортивных команд. Территория ледника Гарабаши ранее не использовалась для установки горнолыжных трасс из-за наличия большого количества трещин в теле ледника и невозможности контролировать безопасность. Особое внимание этим вопросам уделяется именно в летнее время, когда снежный покров резко деградирует и обнажается поверхность льда. В течении зимнего сезона 2021 были проведены снегоуплотнительные работы на этой территории. Качество снега позволило безопасно провести спортивные мероприятия.

В летний период 2021 года, с 25 июня по 2 июля, на юго-восточных склонах Эльбруса (ледник Гарабаши) проводился ряд термометрических и геофизических работ. Геофизические исследования ставили перед собой задачу оценить количество снега на поверхности льда, выявить зоны трещиноватости и потенциально опасные участки полотна трассы. Также метод георадарной съемки был протестирован для оценки снежных ресурсов курорта. Современные системы контроля снежного полотна на крупных курортах используют две схемы.

Это метод геопозиционирования с участием спутниковых данных и цифровой модели рельефа. Такой метод мониторинга разрабатывает компания «Kässbohrer Geländefahrzeug AG». Система SNOWSat используется на 350 горнолыжных курортах мира. Точность определения мощности снежного покрова в районе первых сантиметров. Специалисты оценивают экономическую выгоду от применения этой системы до 25% от всех затрат на операционную деятельность курорта, в первую очередь связанную с оснежением. Второй метод связан именно с геолокацией. Более компактное оборудование может использоваться как в комплексе единой системы, с установкой на снегоходную технику, так и в ручном режиме с оператором на лыжах. Программное обеспечение позволяет, используя GPS привязку координат, выводить результат в картографическом формате. Компания Sensors & Software Inc. предлагает модель георадара SnowScan для использования на горнолыжных курортах. Частота электромагнитного зондирования составляет 250-750 МГц. Точность измерения зависит от мощности снежного покрова. В пределах первого десятка метров, точность до 2-5 см. Существуют аналоги отечественного производителя. ООО ФПК «Экстра» выпускает георадар «ПИКОР Снег», который предназначен исключительно для мониторинга снежной толщи.

Летом 2021 года на леднике Гарабаши в работах использовался комплекс «Зонд 12е» (производства фирмы «НПФ Радарные Системы», Рига, Латвия) с одноканальной экранлируемой антенной 300МГц, JPS приемником Garmin и программным обеспечением Prism 2.7.0.

Было выполнено 32 профиля. 27 на поверхности самого ледника и 5 по трассе горнолыжного спуска от «Бочек» до станции «Мир» (Рис.1)

Благодаря разной диэлектрической проницаемости среды, на леднике удалось выделить несколько инженерно – геофизических комплексов. Это: 1 – снежная толща, 2 – участки боковой морены, 3 – ледовое основание. Максимальная глубина зондирования составляла 20 м. Наиболее информативные горизонты, в пределах поставленной задачи, рассматривались на глубинах зондирования до 8 – 10 м.

Геофизические профили выполнялись как продольные (по линии падения ледника, непосредственно по траектории спортивной трассы), так и в поперечном направлении. Профиль DAT3, наиболее близкий к боковой морене с правой стороны показывает присутствие каменного материала (ИГК-1) под слоем снега. Его мощность колеблется от 1 до 3м. Материал осыпной, и ниже подстилается толщей ледника (ИГК-2). (Рисунок 2)

Поперечный профиль DAT7, на высоте старта слалома (SL) 3845м, показывает, что ближе к центральной части ледника, каменный горизонт (ИГК-1) выклинивается на глубинах 3 – 4м. (Рисунок 3)

Подготовленный в зимний период искусственный рельеф нашёл отражение в продольных профилях. Георадар представляет его в зеркальном отображении. Профиль DAT9 протяженностью 70м сделан от старта SL до второй волны. Видно, что мощности насыпных «волн» составляют 2,5 – 3м. В промежутках толщина снега уменьшается до 30-40 см. Именно на этом участке проявилась зона трещин ледника. На рисунках представлены первичный материал зондирования георадаром и дешифрованная схема после удаления помех.

Поперечный профиль DAT13 на уровне второй волны при более глубоком зондировании (до 20м.) также показывает зону трещин ледника.

На некоторых профилях (DAT21), снежную толщу можно разделить на ряд горизонтов. Скорее всего это связано с водонасыщенностью и плотностью снега.

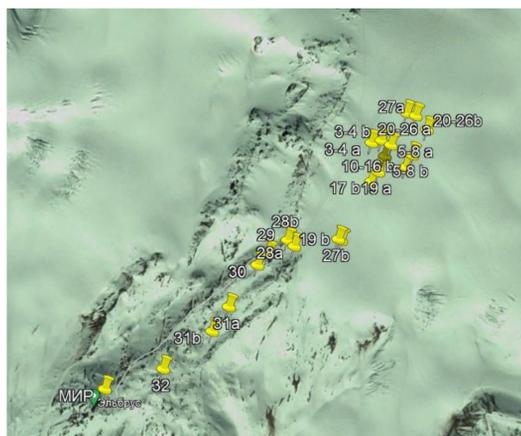
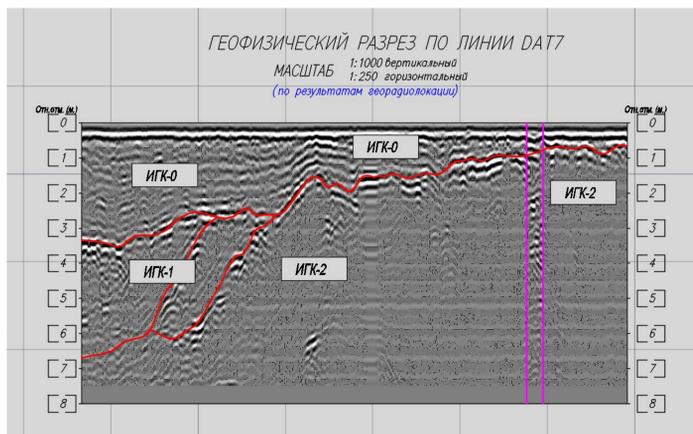
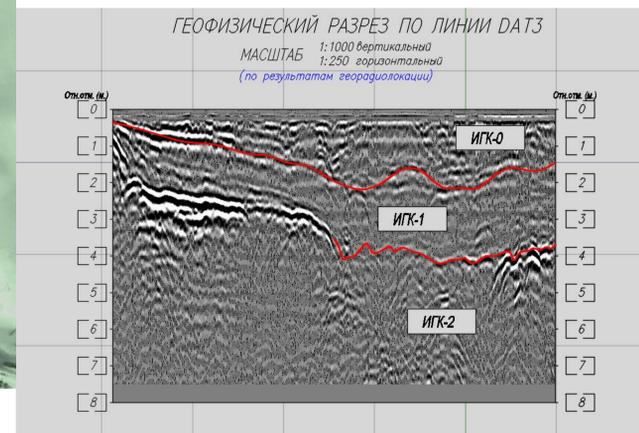


Рис. 1 Общий план района работ



Условные обозначения

ИГК-0	Снежный покров
ИГК-0+1	Осыпной грунт+снег
ИГК-2	Ледниковое основание
—	Границы между инженерно-геофизическими комплексами
—	Зоны повышенной трещиноватости ледникового основания

