

этому формирование каверн, аналогичных тем, которые наблюдаются в зонах трещин в районе станций Мирный и Прогресс, является маловероятным. Для лучшей локализации распространения трещин в районе трассы СГП и их возможного развития требуется выполнение более масштабных работ, по аналогии с теми, которые выполнялись на вышеназванных станциях.

В ходе полевых работ выполнено: георадарное профилирование в объеме — 52,5 погонных километра; электромагнитных зондирований по системе ОГТ — 2; пробурено скважин — 15, из них для температурных измерений — 5; отработано пунктов тахеометрической съемки — 701.

Авторы благодарят начальника станции Новолазаревская 66-й РАЭ Д.Г. Серова, а также сотрудников

зимовочного состава станции и отдельно А.Г. Мельникова за огромную помощь в проведении полевых работ; сотрудника АНИИ В.В. Харитонову за предоставление бурового оборудования, а также сотрудников Института наук о Земле СПбГУ А.М. Белова, Т.В. Паршину, Г.В. Пряхину и С.В. Тюрина за предоставленную аппаратуру и помощь в ее подготовке к полевому сезону. Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 200500343 «Выявление особенностей протекания процесса прорывов озер оазисов Антарктиды на основе данных полевых исследований и математического моделирования».

С.В. Попов^{1,2}, М.П. Кашкевич², А.С. Боронина^{3,2}
(1 — АО «ПМГРЭ», 2 — СПбГУ, 3 — ГГИ, Санкт-Петербург)

РОССИЙСКАЯ СЕТЬ АВТОМАТИЧЕСКИХ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ В АНТАРКТИКЕ

До настоящего времени на значительных пространствах Антарктиды, где нет полярных станций, отсутствуют регулярные метеорологические наблюдения, а в отдельных точках они были прерваны в связи с закрытием станций. Такое положение дел не позволяет обеспечить репрезентативность получаемой информации и достоверную прогнозируемость погодных явлений во всей Антарктике. Однако развитие современных технологий дало возможность в последние годы приблизиться к решению данной проблемы путем создания в Антарктике локальной сети автоматических метеорологических станций автономного базирования со спутниковым каналом передачи результатов наблюдений.

Основу сети автоматических метеорологических станций автономного базирования составила антарктическая метеогеофизическая станция с питанием от аккумуляторных батарей и спутниковым каналом связи. Такая станция была разработана в 2007 году российскими и финскими специалистами на базе оборудования MAWS 110 финской компании «Vaisala Oyj». Станция предназначена для выполнения автоматических измерений скорости и направления ветра, атмосферного давления, температуры и влажности воздуха, температуры подстилающей поверхности с накоплением и передачей полученных данных по спутниковому каналу связи. Измерения на станции и передача осуществлялись в основные синоптические сроки, в моменты времени, соответствующие действующему регламенту наблюдений конкретного метеорологического параметра. В перспективе предполагалось, что к такой станции могли бы подключаться геофизические датчики, однако на практике во всех образцах станций ограничивались вышеуказанным перечнем параметров, и эти станции фактически стали просто метеорологическими. Их метеорологические характеристики приведены в таблице, а электропитание осуществлялось от никель-кадмиевого аккумулятора с подзарядкой от солнечных батарей. При этом параметры солнечных батарей и аккумуляторов были подобраны таким образом, чтобы попытаться обеспечить надежную автономную работу станции минимум в течение всего срока ее службы продолжительностью пять лет.

Таблица

Характеристики метеорологической станции

Наименование измеряемого параметра	Диапазон измерений	Погрешность
Скорость ветра W, м/с	0 – 75	±(0,5+0,05W)
Направление ветра, град.	0 – 360	±5
Атмосферное давление, гПа	650 – 1100	±0,5
Температура воздуха, °С	–50 – 60	±0,2
Относительная влажность воздуха, %	0 – 100	±3

Для этого были применены наиболее экономичные в плане энергопотребления конструктивные решения, которые позволяли добиться того, чтобы заряд аккумулятора в момент активной работы станции компенсировался их зарядкой от солнечных батарей в светлое время суток. Предполагалось, что во время полярной ночи продолжительностью до трех месяцев, когда невозможна подзарядка аккумуляторов, питающее напряжение не будет опускаться ниже 10,5 В. В результате, как показал многолетний опыт эксплуатации, даже при температурах воздуха ниже –45 °С обеспечивалась нормальная работоспособность всей станции, включая спутниковый передатчик.

Вся полученная измерительная и служебная техническая информация записывается во внутреннюю энергонезависимую память и передается по спутниковому каналу связи системы Iridium в формате SBD. Прием переданных данных производится на электронную почту с доступом по специальному паролю.

Первая российская автоматическая антарктическая метеорологическая станция на базе MAWS 110, установленная на полевой базе Молодежная, включает в себя следующее оборудование:

- логгер QML 201,
- комбинированный датчик WM30 скорости и направления ветра анемометрически-флюгерного принципа действия,
- кремниевый емкостной датчик атмосферного давления PMT16A,
- датчик HMP45D температуры платино-резистивного типа Pt 100 IEC 751 и относительной влажности воз-

духа, выполненный на емкостном тонкопленочном полимере,

- модем спутниковой связи A3LA-D фирмы NAL,
- никель-кадмиевые батареи со специальным электролитом,
- солнечные батареи — 2 штуки, каждая мощностью 25 Вт,
- метеорологическая мачта высотой 4 м.

Масса оборудования станции не превышает 170 кг, а максимальный размер упаковки — 2,5 м. Станция могла транспортироваться любыми видами транспорта, включая авиацию и тракторно-санный поезд. Конструкция станции выполнена таким образом, чтобы логгер вместе с буферными аккумуляторами питания и системой защиты внешних линий, датчиком атмосферного давления и спутниковым модемом связи располагались внутри специального влагозащитного корпуса, как показано на рис. 1. При этом датчики ветра, температуры и влажности вместе со стандартной радиационной защитой DTR13 размещаются на мачте на высотах 4 и 2 м соответственно. Мачта снабжена рядом оттяжек из стального троса и установлена на специальном постаменте из стального листа. Аккумуляторные батареи питания находятся под постаментом и укрыты от снежных наносов. Мачта и солнечные батареи жестко закреплены на скальном основании. Мачта сориентирована по сторонам света, а батареи — по максимальному солнцу. При вводе станции в эксплуатацию с помощью внешнего устройства в ее показания была введена поправка начального атмосферного давления, учитывающая высоту места к уровню моря, и проверена работоспособность, включая спутниковый канал связи. Первый образец такой станции

начал работу 25 февраля 2007 года в Антарктиде около полевой базы Молодежная. Он был установлен на скалистой возвышенности, как показано на рис. 1, на высоте 74 м от уровня моря, в точке с координатами: 67°40' 108 ю. ш., 45°50' 595 в. д. В 00 GMT 26 февраля 2007 года по спутниковому каналу связи Iridium впервые были переданы, а в Санкт-Петербурге, в ААНИИ — приняты результаты срочных метеорологических измерений, произведенных данной станцией.

В дальнейшем она продолжала проводить в автоматическом режиме срочные метеорологические измерения и регулярные ежесуточные передачи полученных результатов в ААНИИ вплоть до февраля 2010 года. Однако затем связь со станцией была поте-



Рис. 1. Первая российская автоматическая антарктическая метеорологическая станция на базе MAWS 110, установленная на полевой базе Молодежная

решающая комплектация станции, учитывающая особые погодные условия данного места, характеризуемые исключительно сильными, до 80 м/с и продолжительными ветрами. В такой станции применен ультразвуковой датчик скорости ветра типа WS425 с подогревом, специальная радиационная и ветровая защита для датчика температуры и спутниковый передатчик Inmarsat, работающий в формате мини-С. Защита датчика температуры и влажности представляет собой тонкостенную металлическую трубу внутренним диаметром около 0,16 м, длиной 1 м с отверстиями по ее длине. Для обеспечения бесперебойного питания на полевой базе Русская был установлен ветрогенератор мощностью 120 Вт выходным напряжением 12 В турбинного типа WS-0,30A производства немецкой компании Windside. Турбина генератора изготовлена из металла, имеет площадь 0,3 м² и рассчитана на работу при ветрах скоростью до 60 м/с. Ветрогенератор имеет массу до 90 кг и был закреплен на стене домика станции со стороны преимущественных направлений ветров. Предполагалось, что это обеспечит устойчивую выработку ветрогенератором достаточного количества электроэнергии для бесперебойной работы спутникового передатчика и подогрев датчика ветра. Однако неоднократные ураганные ветра до 80 м/с, характерные для данного района Антарктиды, повредили лопасти ветрогенератора и вывели его из строя. В этой связи станцию переоборудова-



Рис. 2. Автоматическая метеорологическая станция, установленная на полевой базе Ленинградская

ряна. Как было установлено экспедицией посещения базы Молодежная в декабре 2011 года, ураганным ветром, периодически достигавшим скорости до 60 м/с, станция была существенно разрушена: сломаны датчики ветра, температуры, повреждена антенна спутникового передатчика. В дальнейшем были проведены ремонтно-восстановительные работы, и в 2012 году функционирование станции было возобновлено.

Вслед за полевой базой Молодежная, в 2008 и последующих годах автоматические метеорологические станции были установлены на полевых базах Русская, Ленинградская (рис. 2). Именно в этих местах ранее были начаты регулярные метеорологические наблюдения, которые затем были прерваны в связи с закрытием этих баз.

Для их возобновления и было организовано размещение на этих точках автоматических метеостанций. При этом для полевой базы Русская была разработана специ-

альная комплектация станции, учитывающая особые погодные условия данного места, характеризуемые исключительно сильными, до 80 м/с и продолжительными ветрами. В такой станции применен ультразвуковой датчик скорости ветра типа WS425 с подогревом, специальная радиационная и ветровая защита для датчика температуры и спутниковый передатчик Inmarsat, работающий в формате мини-С. Защита датчика температуры и влажности представляет собой тонкостенную металлическую трубу внутренним диаметром около 0,16 м, длиной 1 м с отверстиями по ее длине. Для обеспечения бесперебойного питания на полевой базе Русская был установлен ветрогенератор мощностью 120 Вт выходным напряжением 12 В турбинного типа WS-0,30A производства немецкой компании Windside. Турбина генератора изготовлена из металла, имеет площадь 0,3 м² и рассчитана на работу при ветрах скоростью до 60 м/с. Ветрогенератор имеет массу до 90 кг и был закреплен на стене домика станции со стороны преимущественных направлений ветров. Предполагалось, что это обеспечит устойчивую выработку ветрогенератором достаточного количества электроэнергии для бесперебойной работы спутникового передатчика и подогрев датчика ветра. Однако неоднократные ураганные ветра до 80 м/с, характерные для данного района Антарктиды, повредили лопасти ветрогенератора и вывели его из строя. В этой связи станцию переоборудова-

ли на работу со спутниковым передатчиком модели RST600 системы Iridium, что существенно снизило ее энергопотребление и позволило отказаться от использования ветрогенератора. Подобной моделью передатчика впоследствии снабжались все остальные такие метеостанции.

В 2010 году автоматическую метеостанцию установили на полевой базе Дружная-4 (рис. 3). В отличие от первоначальной конструкции модификация этой станции снабжена индикаторным табло. Его наличие позволяет оператору считывать результаты измерений и тем самым оперативно в режиме реального времени получать информацию непосредственно на месте и выполнять контроль работоспособности данной станции.

В 2014 году аппаратура этой автоматическая метеостанция была перемещена с полевой базы Дружная-4 на полевую базу Оазис Бангера, в связи с тем, что основной объем российских исследований с применением малой авиации был перенесен в данный район Антарктики.

В 2012 году в начале взлетно-посадочной полосы станции Прогресс была установлена автоматическая метеостанция, которая способна производить стандартные метеорологические наблюдения и переходить в специальный учащенный режим работы для обеспечения полетов авиации на аэродроме станции Прогресс. В дополнение к ней была установлена полуавтоматическая метеостанция на командно-диспетчерском пункте ВПП. Оборудование данной станции было дополнено измерителем оптической видимости FS11 и облакомером CL31 также производства финской компании "Vaisala Oyj".

Несмотря на полностью автоматический режим работы и наличие автономного энергоснабжения, вышеописанные станции требуют периодических, в идеале ежегодных регламентных работ. Эти работы должны включать в себя корректировку внутреннего времени, проверки датчиков, считывания накопленной в память информации. Именно это выполнялось специалистами РАЭ в Антарктиде, при необходимости также проводился ремонт такелажа и замена



Рис. 3. Автоматическая метеорологическая станция, установленная на полевой базе Дружная-4

Рис. 4. Схема размещения российских автоматических метеостанций на карте Антарктиды



датчиков, выходящих из строя.

Антарктический опыт эксплуатации показал, что основные поломки связаны с сильными ветрами: камнями повреждается остекление солнечных панелей и такелаж, а также выходят из строя анемометрические датчики ветра, оснащенные вращающимися элементами. На полевой базе Дружная-4 такой датчик был заменен на ультразвуковой, не имеющий в отличие от анемометров подвижных элементов, наиболее подверженных износу и механическим повреждениям.

Несомненным подтверждением правильности принятых и реализованных технологических решений является то, что все указанные станции продолжают в настоящее время успешно работать и до сих пор передавать результаты измерений в АНИИ. К этим принципиальным решениям, обеспечивающим

длительную автономность в условиях Антарктики и долговременную живучесть, относится выбор конструкции датчиков и схемы установки, форматов и каналов передачи информации, а также применение такого режима электропитания, который оптимально сочетает использование аккумуляторных батарей с их зарядом от солнечных — в светлое время суток. Следует отметить высокую надежность продукции фирмы "Vaisala Oyj", составляющую основные высокотехнологичные компоненты станции. При этом обеспечивается широкая взаимозаменяемость между собой отдельных образцов однотипных датчиков и единообразие их подключения к логгерам, что позволяет в случае необходимости применять один и тот же тип датчиков на всех автоматических метеостанциях и, следовательно, существовать средства РАЭ для содержания парка запасных частей и поверки датчиков.

Отечественные специалисты впервые в Антарктике создали сеть из 6 автоматических станций (Молодежная, Русская, Ленинградская, Дружная-4, Оазис Бангера, ВПП ст. Прогресс), с помощью которой налажены метеорологические наблюдения, накопление и передача данных из Антарктики без непосредственного участия

человека. Схема размещения этих станций на карте Антарктиды приведена на рис. 4. Пять из шести этих станций имеют присвоенный Всемирной метеорологической организацией (ВМО) синоптический индекс, и каждые 6 часов синоптические телеграммы становятся доступны всему миру. Данный шаг позволил расширить охват регулярными метеорологическими наблюдениями континентальной Антарктики.

С 2017 года началось постепенное переоснащение полуавтоматических метеостанций на основе

процессора MILOS 500 на новые — на базе MAWS 110, которые можно, в перспективе, модернизировать для работы в автоматическом режиме. Это позволит в последующем максимально исключить субъективный фактор при проведении наблюдений за погодой, повысить качество материала наблюдений и одновременно снизить нагрузку на персонал.

*И.С. Ковчин (НПО «Аквастандарт»), И.В. Идрисов (АНИИ).
Фото авторов*

ОЗЕРА ПОЛЮСА ВЕТРОВ АНТАРКТИДЫ (СТ. РУССКАЯ)

Станция Русская — последняя из семи антарктических станций, основанных СССР в Антарктиде. Это единственная станция на участке побережья протяженностью около 3500 км между американской станцией Мак-Мердо и Антарктическим полуостровом. Со времени создания станции в 1980 году и до консервации в 1990 году научные работы на ней состояли из метеорологических, геофизических, морских ледоисследовательских и астрономических наблюдений. В 53, 59, 65, 66-й РАЭ здесь проводились кратковременные сезонные работы, которые заключались в основном в подготовке к восстановлению функционирования станции. Таким образом, о природных условиях участка суши, на котором расположена Русская, до сих пор имеются лишь отрывочные сведения. Не исключением в этом отношении являлась и изученность озер.

В сезон 67-й РАЭ (4–13 февраля 2022 года) НЭС «Академик Трёшников» прибыло на ст. Русская с целью изыскательских работ под строительство нового зимовочного комплекса. Параллельно с изысканиями удалось провести обследование озер, включавшее бурение льда, отбор проб воды, бентоса и донных отложений, радиолокационные и электроразведочные работы, а также подледную видеосъемку. Результаты этих лимнологических исследований позволили получить первое представление об озерах на участке суши, расположенном в одном из самых малоизученных регионов береговой зоны Антарктиды.

Природные условия. Станция Русская (74°45'56" ю.ш., 136°47'56" з. д.) расположена в Западной Антарктиде на восточном берегу моря Росса на Земле Мэри Бэрд. Свободный от льда участок суши состоит из двух полуостровов, разделенных бухтой Восточная с впадающим в нее выводным ледником (рис. 1). Полуострова представляют собой скалистые мелкосопочники, обрывающиеся уступами к морю и полого поднимающиеся на юг, где перекрываются ледником. Общая площадь не покрытой ледником территории состав-

ляет около 2,2 км². Наибольшая высота на восточном полуострове — г. Пик Ветров высотой 189,2 м, на западном — г. Первооткрывателей высотой 133,6 м. В геологическом отношении территория сложена габброидами, рассеченными с севера на юг и с запада на восток жилами и дайками основного, среднего и кислого состава. Скальные грунты с поверхности по большей части перекрыты слоем продуктов морозного и ветрового выветривания мощностью от 10 см до 1,5 м, представляющим собой щебнистый грунт с заполнителем из дресвы и песка с включениями глыб. Меньшее распространение имеют осыпи крупнообломочного материала. На южной части восточного полуострова скальный грунт перекрыт маломощной мореной, которая подверглась мерзлотной переработке с образованием структурных грунтов. В феврале 2022 года глубина сезонного оттаивания в элювии на горизонтальных площадках составляла от 20 до 30 см. В долинах за счет летнего таяния снежников и ледников формируются протяженные наледы. Благодаря постоянным сильным ветрам в основном восточных румбов устойчивый снежный покров не формируется.

Накопление снега наблюдается лишь в ветровой тени на западных склонах сопки и в долинах.

Над восточной частью моря Росса, где располагается станция Русская, существует очаг наиболее низкого на Земле атмосферного давления, что определяет специфически суровые погодные условия даже по антарктическим меркам. Среди других береговых станций Антарктиды Русская характеризуется аномально низким атмосферным давлением и высокой скоростью ветра. Благодаря этому станция получила образное название «полюса ветров Антарктиды». Среднее многолетнее число дней со скоростью ветра более 15 м/с в районе станции составляет 264, а более 30 м/с — 136. 27 октября 1986 года максимальный порыв ветра достиг скорости 75 м/с. Если по станционным наблюдениям 1980-х годов припай, как правило, сохранялся в течение летнего времени, то во время сезонных

Рис. 1. Ортофотоплан района работ на ст. Русская. На профилях голубым цветом подписаны пресноводные озера, черным цветом — озера с соленой водой

