

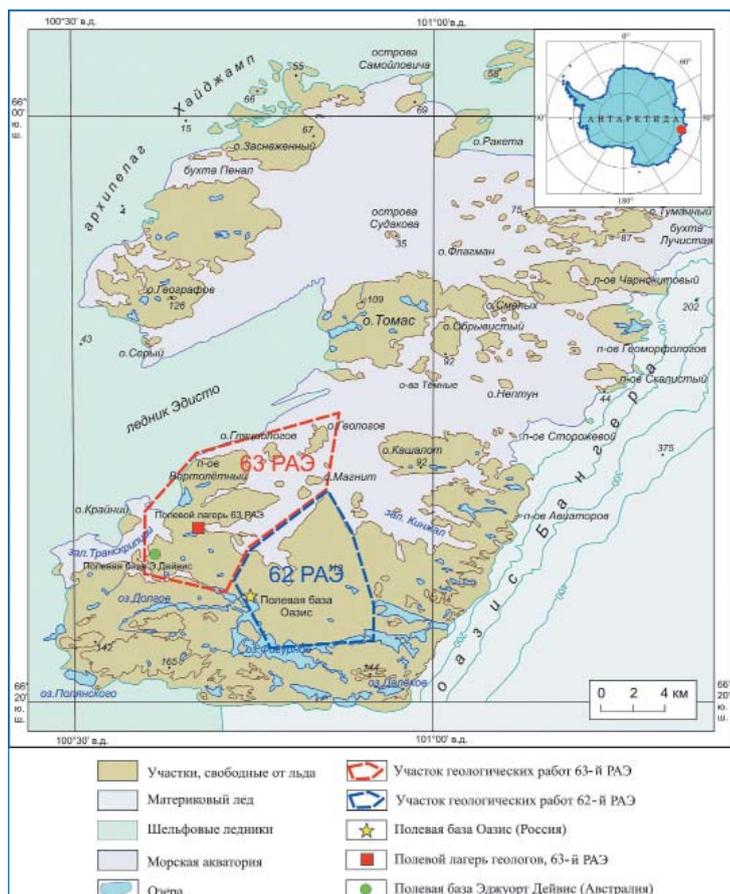
## СЕЗОННЫЕ КОНТИНЕНТАЛЬНЫЕ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПМГРЭ В ПЕРИОД 63-й РОССИЙСКОЙ АНТАРКТИЧЕСКОЙ ЭКСПЕДИЦИИ

Антарктическим летом 2018 года в сезон 63-й РАЭ АО «Полярная морская геологоразведочная экспедиция» (ПМГРЭ) выполняло континентальные геолого-геофизические исследования в западной части оазиса Бангера (Земля Королевы Мэри, Восточная Антарктида) и аэро-геофизические исследования в западной части Земли Вильгельма II. Геолого-геофизические исследования в западной части оазиса Бангера являются продолжением начатого в предыдущем сезоне 62-й РАЭ планомерного геологического изучения всего оазиса Бангера и прилегающих островов и нунатаков.

Оазис Бангера располагается на побережье Восточной Антарктиды (101° в.д., 66° 10' ю.ш.) и представляет собой свободные от покровного оледенения участки суши и периодически вскрывающиеся водные акватории общей площадью 952 км<sup>2</sup>, окруженные со всех сторон ледниками. Территория самого оазиса занимает площадь около 450 км<sup>2</sup>. Кроме того, севернее расположены многочисленные острова общей площадью около 220 км<sup>2</sup>, известные как архипелаг Хайджамп. Предыдущие сведения о его геологическом строении базируются на результатах исследований, проведенных участниками 1-й и 2-й КАЭ и работ 1986 года Австралийской национальной антарктической исследовательской экспедиции (ANARE). К настоящему времени эти данные не отвечают современным требованиям геологии.

Советскими и российскими учеными в период с 1986 года по 1994 год в оазисе Бангера были прове-

Районы полевых работ в оазисе Бангера в 62-й и 63-й РАЭ



дены многочисленные исследования в области биологии, гляциологии, геоморфологии, гидрологии и других отраслей знаний, но отечественные геологи его больше не посещали. Позднее, в ходе полевых работ 53-й РАЭ, сотрудниками ПМГРЭ Н.Л. Алексеевым и С.Р. Борзенковым в составе группы сотрудников РАЭ были проведены кратковременные рекогносцировочные геологические исследования в оазисе Бангера и оазисе Обручева. В ходе исследований были намечены пути дальнейшего многолетнего геологического изучения оазиса и прилегающей территории, к которому ПМГРЭ смогла приступить только в 62-й РАЭ.

В 2015–2016 годах австралийские исследователи возобновили полевые работы в оазисе Бангера с целью сопоставления геологической истории этого района с территориями в юго-западной части Австралии. В результате работ были получены новые данные по условиям метаморфизма на островах архипелага Хайджамп и новые изотопно-геохронологические датировки метаморфических пород оазиса Бангера, которые были учтены при наших исследованиях.

### Геологические исследования

После многолетнего перерыва в сезоне 62-й РАЭ ПМГРЭ возобновила отечественные геологические исследования на данной территории, изучив центральную часть оазиса. Для обеспечения работ использовалась полевая база Оазис. В результате проведения геологических работ была составлена предварительная схематическая геологическая карта центральной части оазиса Бангера масштаба 1:50000. Были выделены метаморфический и интрузивный комплексы горных пород. Метаморфический комплекс палео-мезопротерозойского возраста предварительно подразделен на четыре толщи.

Комплекс интрузивных пород объединяет в себя породы мезопротерозойского или мезо-неопротерозойского возраста, варьирующие по составу от основного до кислого. Они могут слагать как довольно крупные интрузии (мегаабброиды «Паз-Коув»), так и жильобразные тела и дайки. Выделено шесть эпизодов деформаций и связанных с ними как минимум трех основных эпизодов метаморфизма в условиях, варьирующих от гранулитовой фации до средне-низкотемпературной амфиболитовой фации. Также закартированы крупные зоны бластомилонитов.

По результатам исследований четвертичных образований была составлена предварительная схематическая карта кайнозойских отложений центральной части оазиса Бангера с элементами геоморфологии масштаба 1:50 000, на которой было выделено 10 генетических типов отложений. Кайнозойские отложения в оазисе Бангера занимают три четверти площади, перекрывая прерывистым чехлом коренные выходы. На исследованной территории обнаружены незначительные по размерам проявления минерализации железа и меди, которые могут представлять

интерес в случае обнаружения в них других полезных компонентов.

В ходе 63-й РАЭ геологические исследования были сосредоточены в западной части оазиса Бангера. В полевых работах под руководством заместителя начальника 63-й РАЭ по геолого-геофизическим вопросам Д.М. Воробьева участвовало 11 сотрудников ПМГРЭ и один прикомандированный специалист РАЭ. Организационно-техническое обеспечение работ осуществлялось начальником полевой базы Оазис С.Р. Борзенковым. Также на полевой базе находились четверо сотрудников (2 человека от ВНИИОкеангеологии, 2 человека от ИГ РАН), выполнявших исследования по самостоятельным научным программам.

9 января во второй половине дня НЭС «Академик Федоров» вошло в бухту Малыгинцев, расположенную севернее оазиса Бангера. Отсюда, с расстояния около 70 км был организован полевой геологический лагерь, в котором разместился геологический отряд, состоящий из 5 человек под руководством начальника отряда М.С. Егорова. На следующий день, 10 января, была расконсервирована полевая база Оазис и выполнен основной объем транспортных операций. 11 января все работы по обеспечению полевой базы всеми видами снабжения были завершены. НЭС «Академик Федоров» оставалось в районе бухты Малыгинцев до 22 января, обеспечивая проведение аэрогеологических работ вертолетом Ка-32, базирующимся на борту судна. 22 января судно направилось к станции Прогресс и, далее, к обсерватории Мирный для завершения грузовых операций по обеспечению зимовки 63-й РАЭ.

Полевые работы в оазисе Бангера были в целом завершены 13 февраля. Полевой геологический лагерь был эвакуирован, мобильные жилые дома, остатки ГСМ и все бытовые отходы вывезены на полевую базу. Полевая база Оазис в тот же день была законсервирована, и весь личный состав прибыл на борт НЭС «Академик Федоров». В дальнейшем, 14 и 15 февраля, с борта НЭС осуществлялись вылеты вертолета для проведения авиадесантных геологических работ. 15 февраля геологические работы в оазисе Бангера были полностью завершены и НЭС «Академик Федоров» взяла курс на станцию Прогресс.

В результате работ геологами ПМГРЭ были составлены на район работ полевая схематическая геологическая карта масштаба 1:50000 с пунктами проявлений полезных ископаемых, полевая схематическая карта кайнозойских образований с элементами геоморфологии и полевой каталог рудной минерализации, уточнены состав и характер взаимоотношений геологических образований, а также последовательность эндогенных событий.

В целом ранее полученные данные по геологическому строению центральной части оазиса Бангера подтверждаются результатами 63-й РАЭ. Коренные геологические об-

разования западной части оазиса Бангера в основном представлены деформированными и метаморфизованными породами протерозойского возраста, для которых предполагается первично-магматическое, осадочное и вулканогенно-осадочное происхождение. Породы разделены на комплекс метаморфических пород и комплекс метатрибутивных и интрузивных пород. Комплекс метаморфических пород западной части оазиса Бангера, так же как и центральной, разделен на четыре толщи.

В ходе работ проводились структурно-геологические наблюдения, подробно исследована крупная интрузия метаморфизованных габброидов. Собран материал, позволяющий охарактеризовать метаморфические процессы, проявленные на данной территории. Выделены семь эпизодов хрупких и пластических деформаций горных пород, связанные с тремя основными эпизодами метаморфических преобразований.

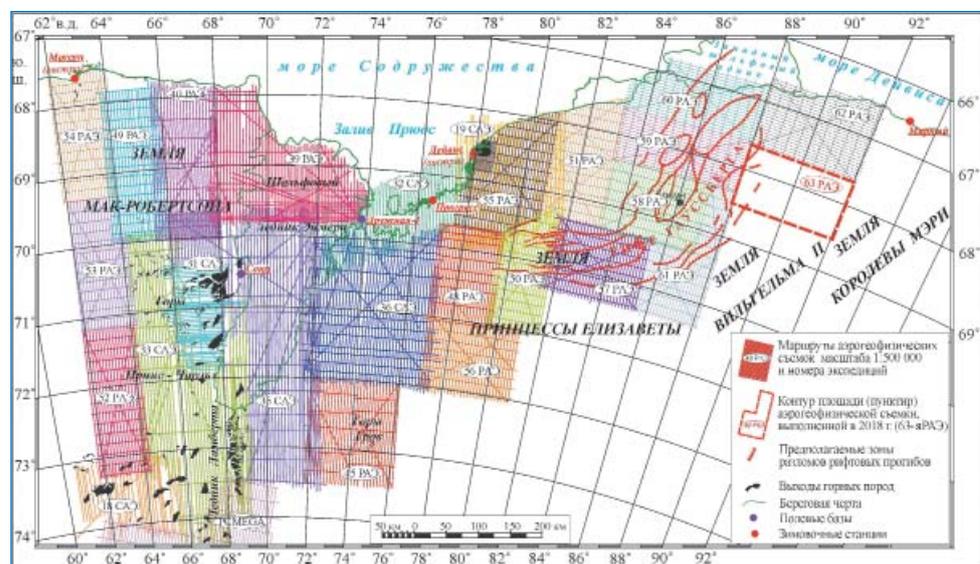
Также изучены рыхлые четвертичные отложения различного генезиса, составлено геоморфологическое описание изученной территории. Следует отметить, что практически 70 % площади, исследованной в ходе 63-й РАЭ, покрыто ледниковыми отложениями различного генезиса: от отложений основной и абляционной морен до ледниково-морских и ледниково-озерных отложений, встречающихся на различных высотных уровнях и заполняющих понижения рельефа. Для установления геологических границ, скрытых под четвертичными отложениями, использовались наземные профильные магнитометрические наблюдения. Выполнен значительный объем замеров магнитной восприимчивости горных пород.

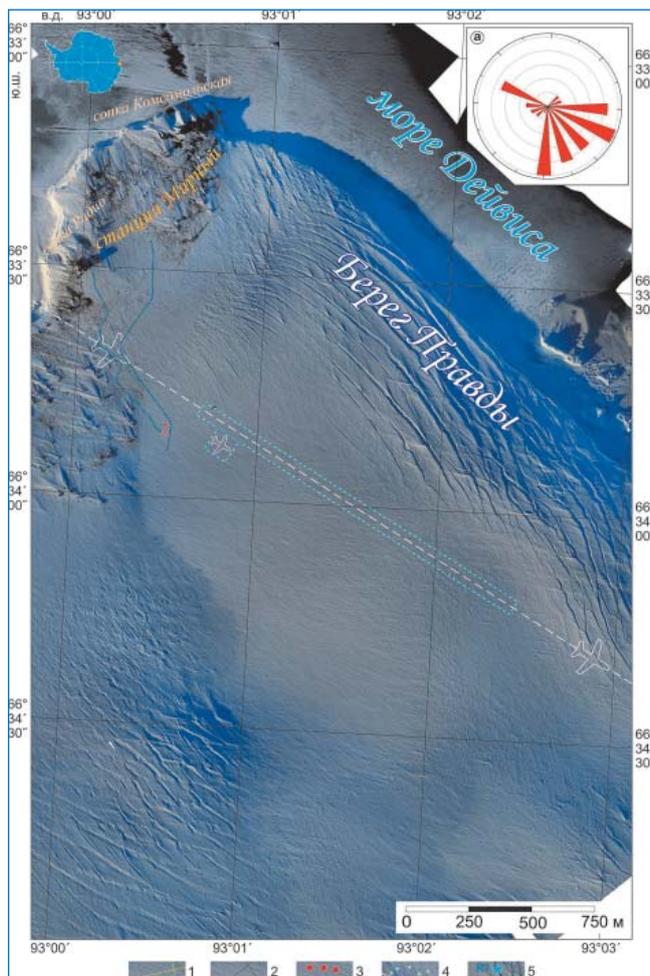
В настоящее время ведется комплексная обработка материалов геологических работ 62-й и 63-й РАЭ. В дальнейшем предполагается охватить исследованиями восточную и южную части оазиса Бангера, а также расположенные к северу от него многочисленные острова.

### Аэрогеофизические исследования

В сезон 63-й РАЭ сотрудники аэрогеофизического отряда Антарктической партии АО «ПМГРЭ» выполняли комплексную (магнитометрия и радиолокационное зондирование ледника) аэрогеофизическую съемку в Восточной Антарктиде, Земля Вильгельма II к юго-западу от обсерватории Мирный на полигоне с границами от 88° до 92° в.д. и от 67° 30' до 68° 20' ю.ш.

Изученность района аэрогеофизическими съемками масштаба 1:500 000 и расположение участка аэрогеофизических работ в сезон 63-й РАЭ





Положение ВПП и место стоянки самолета Ан-2 на станции Мирный

Самолет Ан-2 и аэрогеофизическое оборудование доставлялись в Антарктиду на НЭС «Академик Федоров». В сезон 63-й РАЭ НЭС «Академик Федоров» подошло к обсерватории Мирный 4 января 2018 года. Грузовые операции осуществлялись в период с 5 по 6 января. В ходе них была произведена высадка аэрогеофизического отряда ПМГРЭ в количестве пяти человек (начальник отряда А.В. Киселев) с необходимым оборудованием, осуществлена сборка на припайном льду самолета Ан-2 и его перелет на ВПП обсерватории Мирный, а также выгружено необходимое авиационное оборудование и топливо. Весь последующий съемочный период самолет Ан-2 базировался на ледовом аэродроме обсерватории Мирный (рис. 3).

Вид с борта вертолета на полевую базу «Оазис» на берегу озера Фигурное.  
Фото Д.М. Воробьева



Чтобы сократить количество вылетов и ускорить работы, вблизи участка работ была организована дозаправочная подбаза ГСМ. 8 января 2018 года двумя рейсами самолета на подбазу было завезено 14 бочек авиабензина. На следующий день, 9 января, в центре участка работ была выставлена автоматическая магнитовариационная станция. После завершения транспортно-технических полетов и монтажа на борту самолета аэрогеофизического оборудования (магнитометрического, радиолокационного и навигационного каналов), его облета и настройки 14 января начаты собственно съемочные полеты. Основной объем съемочных полетов был выполнен в течение трех недель с 14 января по 5 февраля.

Исследуемая область полностью перекрыта ледником и ранее практически не была изучена. Эти работы продолжили к югу съемку, выполненную в сезон 62-й РАЭ, и в целом аналогичны ей по методике, технологии проведения и задействованному аппаратурному комплексу. Их целью было составление комплекта геофизических и интерпретационных карт масштаба 1:500000 — 1:1000000, а также выявление основных черт геологического строения и морфологии подледного рельефа изучаемой территории по данным аэромагнитной съемки и радиолокации. В частности, решалась задача изучения восточного борта «рифтовой системы Гауссберга», предполагаемой крупной тектонической структуры, выявленной ранее по данным спутниковой съемки RADARSAT. Рядовые съемочные маршруты проходились в широтном направлении в крест генеральному простиранию предполагаемых структур с межмаршрутным расстоянием 5 км.

Также выполнялись субмеридиональные увязочные и диагональные контрольные секущие маршруты. Высокая плотность увязочных секущих маршрутов (через 15 км) определяется сложностью учета геомагнитных вариаций в высоких широтах.

Координирование самолета Ан-2 в полете и плано-высотная привязка пунктов измерений осуществлялись на основе спутниковой системы навигации GPS. Погрешность позиционирования самолета на маршруте не превышала  $\pm 4$  м как в плане, так и по высоте. Вся полетная информация регистрировалась в цифровом виде на бортовые компьютеры.

Отличием съемки сезона 63-й РАЭ является большая удаленность района работ от побережья (порядка 220 км до центра участка), в связи с чем здесь отмечаются существенно более высокие гипсометрические отметки дневной поверхности ледникового купола. Они монотонно возрастают с северо-запада на юго-восток

Сборка самолета Ан-2 на припайном льду у борта НЭС «Академик Федоров».  
Фото Д.М. Воробьева



от 1200 до 2100 м. Поэтому при выполнении съемочных полетов выдерживалась высота 2200 м.

За период полевых работ было осуществлено более 20 вылетов Ан-2. В общей сложности, включая рядовые, увязочные и контрольные, пройдено 33 маршрута суммарной протяженностью 5500 км. Главным итогом проведенных работ стала кондиционная площадная магнитная и радиолокационная съемка на полигоне размерами 181×100 км (18100 км<sup>2</sup>), по результатам которой на эту территорию построен комплект геофизических карт масштаба 1:500000 аномального магнитного поля в графиках и изолиниях, мощности ледяного покрова и подледного рельефа. Погрешность построения карты изолиний аномального магнитного поля составила ±4,9 нТл, а карты изогипс подледного рельефа — не превысила ±15 м.

Предварительный анализ результатов аэромагнитной съемки показывает, что аномальное магнитное поле (АМП) в районе работ в целом имеет довольно сложное гетерогенное строение. На большей части изученной площади АМП представлено отрицательными значениями, малоградиентно и изменяется в диапазоне от -400 до +150 нТл при средней интенсивности порядка -120 нТл. При этом для всей площади характерно наличие многочисленных локальных аномалий различной формы и ориентировки с амплитудой от первых десятков до первых сотен нанотесл. Наиболее интенсивные положительные аномалии со значениями в экстремумах до +400 нТл формируют компактную зону меридионального простирания шириной порядка 30 км в центре западной половины участка работ.

По данным радиолокации, средняя мощность ледяного покрова на площади работ 1860 м. Наибольшие толщины ледника — до 2700–2800 м — зафиксированы на западе участка, наименьшие — от 1000 до 1200 м — на юго-востоке участка. Большая часть современной подледной поверхности находится ниже уровня моря в среднем на глубине 200 м. Врезы впадин и долин на этом фоне составляют от 300 до 650 м при ширине от 5 до 15–25 км. Их направление, как правило, субмеридиональное.

В строении подледного рельефа изученной территории можно выделить три контрастные геоморфологические области. Это *низменность*, протягивающаяся полосой от 30 до 45 км вдоль западной границы участка работ с глубиной днища до 950 м ниже уровня моря, *низкие горы*, расположенные в юго-восточной четверти площади, и разделяющая указанные выше области *холмисто-грядовая равнина*. В пределах низкогорной области подледный рельеф находится преимущественно выше уровня моря при средних отметках 300 м и высотах вершин от 450 до 790 м.

Начальник геологического отряда М.С. Егоров за работой в маршруте.  
Фото Д.М. Воробьева



Выходы крупной дайки долеритов на берегу озера Фигурное.  
Фото Д.М. Воробьева

На исследованной площади и в магнитном поле, и в подледном рельефе в основных чертах прослеживаются далее на юг структуры, выявленные ранее съемкой 62-й РАЭ. В региональном плане съемка 63-й РАЭ подтверждает факт наличия в данном районе сочленения предположительной области тектонической активизации известной как «рифтовая система Гауссберга» с относительно более стабильным блоком земной коры к востоку от нее. Предполагается, что линейная зона положительных аномалий магнитного поля в западной части участка, совпадающая в плане с геоморфологической ступенью, отделяющей *низменность* от *холмисто-грядовой равнины*, собственно и маркирует восточную границу «рифтовой системы Гауссберга».

Для дальнейшего анализа и изучения основных особенностей геологического строения и морфологии подледного рельефа, отслеживания пространственного положения и взаимоотношений выявленных структурно-вещественных комплексов и зон тектонической активизации исследованных территорий в ходе последующей камеральной обработки полученных материалов будут выполнены количественные расчеты глубин залегания и параметров магнитоактивных объектов, построены опорные геофизические разрезы и структурно-тектонические схемы. Полученные данные будут включены в сводные базы данных и использованы при создании карт Антарктиды в рамках международных проектов ADMAP и BEDMAP.

*Д.М. Воробьев, А.В. Киселев (АО «ПМГРЭ»)*

Геологи Н.А. Гонжуров и В.С. Мандриков возвращаются из маршрута.  
Фото Д.М. Воробьева

