



М. Г. РАВИЧ
ГОРЫ
ЛЕДЯНОГО
КОНТИНЕНТА

М. Г. Равич,

доктор геолого-минералогических наук, профессор

ГОРЫ ЛЕДЯНОГО КОНТИНЕНТА

Издательство «Знание». Москва 1968

91(99)
P13

ИСТОРИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ГОР

«Материк, закованный в лед», «Ледяной континент», «Холодильник мира» — как только не называют Антарктиду.

Действительно, на материке площадью почти 14 млн. км² сконцентрировано баснословное количество—33 млн. м³—льда (87% льда всей планеты), которое образует ледяной покров материка толщиной в среднем 2,5 км.

Среди такой гигантской массы льда скалистые горы кажутся фантастикой, подобно оазисам в пустыне. Горные хребты, свободные ото льда, далеко не единичны. Крупнейшие на земном шаре горные системы опоясывают прибрежную зону Антарктиды, простираясь на расстояние в 2 и 3 тыс. км. Отдельные вершины поднимаются до 5,5 км над уровнем океана, а их пики, протыкая лед, высятся над его поверхностью в виде каменных скал на сотни метров и даже километров.

Скалистые горы вместе с разделяющими их горными ледниками занимают около 5% территории материка, что составляет не менее 600 тыс. км².

Итак, большая горная страна, не уступающая по территории Чили и во много раз превосходящая Швейцарию, расположена среди льдов Антарктиды. Естественно, что эта страна стала ареной геологических исследований.

Первое знакомство

Первыми увидели горы Антарктиды русские моряки из экспедиции Ф. Ф. Беллинсгаузена. 28 января 1821 г. корабли «Восток» и «Мирный» подошли к одному из скалистых мысов будущей Земли Александра I в Западной Антарктиде. За мысом открылись горные вершины с блестящими на солнце снеговыми шапками. На десятки километров, как гигантский частокол, протянулись каменные гряды, точно грозные стражи, оберегающие покой ледового континента. Почти 100 км проплыли русские корабли, и не было конца вновь открытой Земле. С чувством исполненного долга повернули наши мореплаватели на север к родным берегам. Ведь они открыли и доказали существование «Южной Земли» (позднее названной Антарк-

тидой), несмотря на утверждение английского мореплавателя Кука, что такой земли нет.

С горными породами Антарктиды люди встретились позднее. В марте 1839 г. английский капитан Д. Баллени на двух шхунах отправился на поиски новых районов для китобойного промысла. Шхуны подошли к айсбергу, вблизи шельфового ледника Шеклтона, чтобы пополнить запасы пресной воды, и моряки обнаружили на его вершине вмержшие в лед крупные темные обломки пород (вероятно, мигматитов), резонно предположив, что они принесены с неведомого побережья материка. И хотя одна из шхун английского капитана на обратном пути утонула, он все же доставил в Лондон первые обломки горных пород Антарктиды, ставшие впоследствии реликвиями.

Годом позже французский капитан Ж. Дюмон-Дюрвиль, первооткрыватель Земли Адели (названной так в честь жены), отчаявшись после многократных попыток высадиться на берег, посылает людей на застывший рядом с береговыми скалами гигантский айсберг и те приносят образцы горных пород (гранитов и гнейсов), несомненно отколовшихся от скал, но точно от каких — неизвестно.

Первую настоящую геологическую коллекцию с прибрежных антарктических островов в будущем море Росса удалось собрать участникам английской экспедиции к Южному континенту. Эта экспедиция на двух судах под командованием знаменитого капитана Джемса Росса во второй половине 1840 г. отправилась на 4 года исследовать таинственный континент.

В январе 1841 г. над бескрайней ледяной пустыней (будущий шельфовый ледник Росса) глазам английских мореплавателей открылся огромный вулкан (Эребус) на острове, извергающий расплавленную лаву, облака дыма и тучи пепла, поднимавшиеся на сотни метров над его кратером. Огненные реки лавы низвергались по склонам вулкана, поднявшегося на высоту почти 4 км.

Даже миллионы кубических километров льда Антарктиды не смогли охладить Эребус, и, по свидетельству очевидцев, он продолжал действовать (возможно с перерывами) еще 50 с лишним лет. В начале нынешнего века этот вулкан-великан (по сравнению с которым Везувий — карлик) немного поутих, но и сейчас желтоватые дымы курятся над его кратером.

В 1842—1843 гг. экспедиция Д. Росса осуществляет еще два наступления на ледяные бастионы Антарктиды, она проникает в пределы моря Уэдделла и посещает острова Поссешен, Принца Эдуарда, Крозе и Кергелен. Всюду экспедиция собирает коллекции горных пород, слагающих эти острова. Большого внимания заслуживают добытые ими образцы молодых базальтовых лав — продукты недавно действовавших вулканов, из которых самыми интересными оказались образцы лавы Эребуca.

Американские исследователи в 1838—1842 гг. тоже отправ-

ляют в Антарктику экспедицию под руководством Ч. Уилкса. Ей удается приблизиться к восточному побережью Антарктиды (будущей Земле Уилкса). Однако, кроме шельфового ледника, раскинувшегося на сотни километров, американцы ничего не увидели, хотя страстно стремились добраться до антарктических гор.

В начале 90-х гг. прошлого столетия в связи с развитием китобойного промысла норвежские и английские мореплаватели посетили ряд островов, окружающих Антарктический полуостров. Коллекции, собранные ими, хотя и носили случайный характер, но оказались весьма интересными. Дело в том, что они содержали глинистые сланцы и песчаники с остатками раковин моллюсков вместо привычных гнейсов, гранитов и базальтов, слагающих другие антарктические острова. Эти коллекции свидетельствовали о том, что, кроме древних метаморфических и молодых вулканических пород, Антарктический материк имеет относительно молодые осадочные отложения с фауной, которая могла существовать только в условиях теплого климата, исключающего сплошное оледенение Антарктиды. Невольно напрашивалась мысль о сравнительно недавнем происхождении ледяного покрова материка.

Таким образом, до конца XIX столетия все материалы об Антарктиде были собраны с прибрежных и отдаленных островов и почти не касались самого материка. Конечно, этих данных было совершенно недостаточно, чтобы получить представление о природе материка.

Изучение продолжается

Изучению антарктических гор положил начало норвежец Карстен Борхгревинк, который в 1895 г. собрал первую коллекцию горных пород с мыса Адера, расположенного на северной оконечности Земли Виктории.

Борхгревинк не был геологом и даже мореплавателем. Это был землемер по образованию и отважный землепроходец в душе. Поэтому в середине 1894 г. он появился в Мельбурне и стал упрашивать капитана китобойного судна Кристенсена взять его в плавание в любой должности. На корабле нашлась единственная вакантная должность «исполняющего обязанности матроса» и Борхгревинк не задумываясь принял ее и во время плавания к берегам Антарктиды старательно выполнял свою работу.

В январе 1895 г. Борхгревинк вступил на Антарктический континент, бросившись в прибрежные волны и опередив своих товарищей, плывущих к мысу Адэр на небольшой шлюпке. Он упрямил капитана задержаться на этом клочке скалистой суши, где на камнях лежали скелеты выброшенных океаном тюленей

и росли небольшие куртинки ярко-зеленого мха. Свои скромные трофеи Борхгревинк привез в Лондон на VI Международный конгресс географов. И там они произвели сенсацию. Было доказано, что жизнь не кончается даже на ледяном континенте.

Борхгревинк становится энтузиастом изучения Антарктиды. Где только можно, он собирает деньги для организации специальной экспедиции. Наконец, через три года он отправляется в новое плавание на судне «Южный Крест».

Борхгревинк спешит в Антарктиду и в конце января 1899 г. сходит на знакомый берег у мыса Адэр, а в марте открывает первую в истории изучения континента зимовку, на которой остается 10 человек. До середины января 1900 г. зимовщики являются единственными жителями ледяного континента, плотность населения которого, таким образом, составляет 1 человек на 1,4 млн. км².

Зимовка полна неожиданностей: срываются в трещины собаки и люди, болеют от цинги ученые, и один из них (зоолог Хансен) погибает. Неделями свирепствуют ветры... Но все же исследован барьер шельфового ледника Росса, у края которого открыта удобная «китовая» бухта, собрана коллекция коренных пород материка, добыты богатейшие метеорологические материалы. А главное, проложена дорога к полюсу почти до 80° южной широты. Теперь до него осталось не более 1200 км.

В начале XX в. существенный вклад в изучение Антарктиды и ее гор сделали четыре экспедиции, работавшие по единому плану.

Наибольших успехов добилась экспедиция (1902—1904 гг.) молодого английского капитана Роберта Скотта. В первой экспедиции Р. Скотта участвовали: К. Борхгревинк, полярник Э. Шеклтон, геолог Г. Феррар и другие. Обследовав уже в начале 1902 г. крупнейший в мире шельфовый ледник Росса, экспедиция осталась зимовать на острове Росса в проливе Мак-Мердо у побережья Земли Виктории.

Экспедиция разделилась на две группы. Геолог Феррар изучает горные хребты Земли Виктории — часть гигантского горстового поднятия, пересекающего весь материк. Конечно, на собаках далеко не уедешь, но и сотни километров достаточно, чтобы представить в общих чертах геологическое строение этих Трансантарктических гор. Феррар первым высказал предположение, что материк у Южного полюса представляет собой платформу, фундамент которой сложен древними глубоко метаморфизованными кристаллическими породами, а чехол, покрывающий фундамент, состоит из песчаников более молодого возраста, пронизанных пластовыми телами (силами) диабазов (долеритов). Феррар оставил нам первую геологическую карту значительного участка антарктической суши.

В это же время остальные члены экспедиции прокладывали

дорогу к Южному полюсу. Им удалось продвинуться на 300 км дальше экспедиции 1899—1900 гг. Борхгревинка и обследовать высокое плато, покрытое материковым льдом к западу от гор Земли Виктории (сбрав при этом большое количество научных материалов). В 1904 г. после двухгодичной зимовки экспедиция возвратилась в Англию.

Генеральное наступление на Антарктиду, предпринятое на рубеже двух столетий, продолжалось. Примерно в те же годы к берегам ледяного континента, но совершенно с другой стороны устремилась немецкая экспедиция Э. Дригальского, известного своими исследованиями в Гренландии. Его судно «Гаусс» в феврале 1902 г. вошло во льды и через день, затертое ими, вынуждено было остановиться на зимовку вблизи берега, на котором 54 года спустя была выстроена советская научная станция Мирный.

Исследователи, пока еще не скрылось полярное солнце, приняли ряд походов на побережье и открыли гору Гауссберг, оказавшуюся остатками вулкана, подобного Эребусу, но действовавшему, вероятно, несколько миллионов лет назад.

Среди обильных ледяных валунов, окружающих Гауссберг, были найдены не только обычные гнейсы и граниты, но и кварциты, мраморы, зеленые сланцы и другие редкие для Антарктиды породы. Эти породы сразу же внесли много нового в геологию Восточной Антарктиды, хотя место их коренного залегания тогда не установили. Только 55 лет спустя, благодаря работам советских геологов, можно было оценить значение находок Дригальского.

Экспедицию Дригальского в Германии встретили довольно сдержанно: зимовали во льдах на корабле, а не на материке, как предполагалось. Однако когда Дригальский и его помощники опубликовали в 1905 г. научный отчет, содержащий подробное описание природы открытой ими Земли Вильгельма II и издали карты самой Земли и окружающих ее морей, мнение немцев переменялось, и они даже захотели провозгласить Дригальского национальным героем.

Третьей из четырех экспедиций, работавших по согласованной программе, была шведская экспедиция под руководством О. Норденшельда.

В конце 1902 г. Норденшельд и два его спутника пересекли на собаках Антарктический полуостров и произвели геологические наблюдения в горах. Геологические схемы и разрезы, составленные Норденшельдом, до сих пор считаются классическими. Важным результатом этих работ явилось установление геологического сходства Антарктического полуострова и прилегающих к нему островов с южноамериканскими Андами. В походе была собрана ценная коллекция горных пород.

Нечеловеческие усилия потребовались от троих ученых, чтобы преодолеть 650 км пути по трещиноватым ледникам и

горным кручам. Но в назначенный срок — к январю 1903 г. — корабль «Антарктик» не пришел за зимовщиками, его раздали льды. Только в ноябре 1903 г. чудом спасшуюся команду корабля и отважных исследователей обнаружил аргентинский корабль «Уругвай» и доставил на родину.

И, наконец, четвертой была шотландская экспедиция В. Брюса, которая, исследуя море Уэдделла, открыла Землю Котса с горными хребтами. Но высадиться на берег не удалось, и Брюс на судне «Скотия» ушел на Оркнейские острова, где собрал геологическую коллекцию, которая в дальнейшем несколько пополнила материалы Норденшельда.

Несомненно, четыре экспедиции, и особенно исследования Борхгревинка, внесли существенный вклад в познание природы материка.

В итоге, в начале XX столетия Антарктида казалась гигантским массивом суши, поднявшимся среди океанов на несколько километров. Крупные горные хребты проткнули лед на окраинах материка, а отдельные возвышенности встречались как вдали от побережья, так и на самом берегу материка. Уже тогда можно было предположить, что Антарктида является преимущественно платформенной областью с древним кристаллическим фундаментом, местами покрытым чехлом осадочных пород. На крайнем северо-западе материка — на Антарктическом полуострове были встречены геологические формации, свидетельствующие о родстве полуострова с южноамериканскими Андами.

Однако, несмотря на героические усилия самых известных путешественников того времени, изученной оказалась незначительная часть материка, в пределах которой полезные ископаемые найдены не были, хотя горные породы свидетельствовали о возможностях таких находок.

Новую страницу в историю изучения гор вписала английская экспедиция Э. Шеклтона 1907—1909 гг. В составе этой экспедиции оказались три энергичных геолога: Д. Моусон, Э. Дэвид и Р. Пристли, которые в дальнейшем (особенно первый) прославились геологическими изысканиями в различных районах Антарктиды.

В проливе Мак-Мердо, где зимовала первая экспедиция Скотта, Шеклтон в конце февраля 1908 г. организовал научную базу. Место было выбрано очень удачно. В нескольких десятках метров от домиков расположена прекрасная естественная гавань, защищенная от штормов. Совсем недалеко находилась колония императорских пингвинов. Вокруг расстиралась величественная панорама, в центре которой — вулкан Эребус.

Естественно, что первым делом ученые исследовали вершину Эребуса.

В течение полярной ночи геологи подготовились к походу на собаках вдоль горной страны, протянувшейся далеко за по-

люс. В результате им удалось обследовать более 1200 км гористого побережья Земли Виктории и значительно расширить представления Феррара об этой Земле. Они открыли мощные массивы гранитов, рвущие древние метаморфические отложения, валуны известняков с фауной трилобитов, которая сразу датирует их древний возраст. Были найдены и другие осадочные отложения нижнепалеозойского времени.

А в это время сам Шеклтон готовится пройти 1350 км по ледяной пустыне: от залива Мак-Мердо до Южного полюса. В конце октября 1908 г. он пускается в путь вместе с тремя помощниками. Ценой нечеловеческого напряжения в январе 1909 г. четыре исследователя достигают точки, расположенной всего в 180 км от Южного полюса. Но здесь они вынуждены отступить, так как иссякли силы, кончились продукты, изорвалась одежда и обувь, разыгралась бешеная пурга. Шеклтон повернул назад и, передвигаясь от склада к складу, не раз сбиваясь с пути, к началу марта достигает зимовки и вскоре отплывает обратно на родину.

Таинственный полюс, которому отдано столько сил и здоровья, остался непокоренным. Но Шеклтон и его спутники по праву могут считаться одними из «покорителей полюса», так как своими походами на ледяное плато, поднявшееся на три километра над уровнем океана, они в значительной мере облегчили задачу будущим завоевателям полюса.

В 1910—1914 гг. в Антарктиду снова отправляется несколько экспедиций, две из которых внесли большой вклад в изучение недр материка, хотя эти экспедиции, как и многие предыдущие, ставили своей главной задачей достижение Южного полюса. Борьба за эту маленькую и незаметную точку земного шара достигает своего апогея, и дух соперничества витает над исследователями значительно чаще, чем дух содружества.

Знаменитый поход Р. Амундсена к Южному полюсу проходил почти молниеносно. Правда, организован он был прекрасно, собаки и снаряжение подобраны отличные, участники экспедиции проявили незаурядное мужество, но... научные результаты невелики. Четыре норвежца во главе с Амундсеном промчались на собачьих упряжках на юг по льду материкового плато. На 55-й день пути они почти без всяких происшествий достигли желанной цели. Водружен норвежский флаг, сделаны астрономические наблюдения, можно покинуть полюс после трехдневного пребывания на нем. 7 марта 1912 г. экспедиция Амундсена прибыла в Тасманию, и весь мир узнал, что тайна Южного полюса раскрыта.

По пути следования к полюсу норвежцы открыли высочайшие горы Антарктиды, названные ими в честь норвежской королевы—Горами Королевы Мод. Но исследовать горы им не удалось, надо было торопиться к полюсу. Все же они собрали

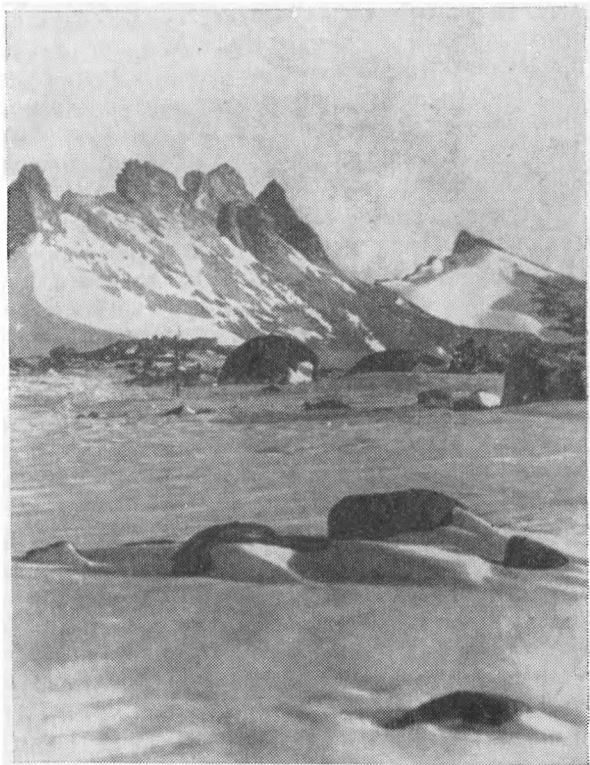


Фото 1. Лагерь геологов у подножия горы Инзель в массиве Вольтат.

скромную коллекцию гнейсов и слюдистых сланцев, слагающих фундаменты гор у полюса.

Совсем по-иному разворачивались события во второй английской экспедиции Р. Скотта 1910—1912 гг. Наряду с главной задачей — покорить Южный полюс — эта экспедиция должна была провести серьезные геологические наблюдения в пределах одного из крупных горных районов Антарктиды — Земли Виктории. Для этого в ней принимали участие три геолога — Р. Пристли, Ф. Дебенгем и Г. Тейлор. За два летних сезона члены экспедиции собрали ценнейшие материалы, которые до сих пор являются основой для характеристики геологического строения гор Земли Виктории. Особенно интересными оказались результаты отряда Ф. Дебенгема. Им на северной окраине Земли Виктории была открыта новая геологическая формация Антартиды, сложенная слабометаморфизованными песчаниками и сланцами. Эта формация занимает промежуточное положение между кристаллическим фундаментом и чехлом Антарктической платформы, значительно усложняя геологическое строение последней и делая ее похожей на другие платформы Южного полушария Земли.

Южная партия самого Скотта, имевшая главную цель — достижение полюса, — также собрала на пути к нему ценнейшую коллекцию.

В марте — апреле 1912 г. все участники экспедиции Р. Скотта на обратном пути с полюса по дороге на базу погибают.

Незадолго до гибели Скотт пишет в своем дневнике о ящике с великолепными образцами углей и отпечатками так называемой гондванской флоры: «Дорогая цена уплачена за эти образцы. Но если эта цена и была дорога, научная ценность коллекции тоже велика. Благодаря им (образцам) проблемы, связанные с прошлым этой части антарктического континента, смогут быть разрешены».

Последней для этих лет была австралийская экспедиция (1911—1913 гг.) Д. Моусона (неоднократно уже побывавшего в Антарктиде) — самая значительная по обилию собранных геологических материалов. Это не удивительно, так как сам Моусон — незаурядный специалист по геологии и минералогии. Работала его экспедиция на Земле Королевы Мэри и Земле Адели, а также на Берегу Георга V: если на первую высадились группа зимовщиков под руководством бывшего помощника Шеклтона — Ф. Уайлда, то на последней работал сам Моусон.

Отряд Уайлда с помощью собачьих упряжек изучает скалистые мысы и близлежащие острова побережья на протяжении более 1000 км.

В ноябре 1912 г. с Земли Адели Моусон с двумя помощниками — Мерцем и Нинисом — отправляется в «Восточный поход» вдоль Берега Георга V. За месяц исследователи проходят на собачьих упряжках свыше 600 км. Несмотря на тяжелый путь, ученые непрерывно ведут наблюдения и собирают образцы горных пород со скалистых мысов и нунатаков. Моусон доволен и гордится своими трофеями.

Собрав уникальные материалы о природе Земли Адели и Берега Георга V, три австралийца в конце 1913 г. поворачивают обратно к своей зимовке. Пройдена первая сотня километров, и коварная ледяная страна дает о себе знать. По дороге сани с одним из зимовщиков (Нинисом) и продовольствием проваливаются в трещину.

Положение двух австралийцев становится отчаянным: утерян основной запас продовольствия и корм для собак. Некоторым утешением служат сохранившиеся бесценные коллекции. От истощения погибает Мерц, и Моусон остается один.

Один в ледяной пустыне, без продуктов и без собак, Моусон впрягается сам в последние сани, но сдвинуть их не может. Пришлось расстаться со значительной частью коллекции. Через несколько дней Моусон добрался до зимовки и затем вернулся на родину.

Остатки коллекции Моусона явились на многие годы

единственными материалами по геологии огромной области в северо-восточной и центральной частях Восточной Антарктиды.

В начале 20-х гг. нынешнего столетия Антарктиду начинают систематически посещать китобойные флотилии разных стран. В 30-х гг. китобойный промысел значительно увеличивается. Самое заметное место в нем занимают норвежские китобои. Особенно значительна роль промысловой экспедиции Л. Кристенсена, посетившего Антарктиду в период с 1927 по 1937 г. 9 раз. Кристенсен произвел картографирование берегов Восточной Антарктиды путем аэрофотосъемки, охватив побережье материка протяжением свыше 3500 км. Геологические результаты экспедиций Кристенсена незначительны и касаются только некоторых антарктических островов, на которые производились высадки.

Кристенсен, желая установить норвежский приоритет над обследованными землями, наводит карты западного сектора Восточной Антарктиды именами норвежской Королевы Мод и ее дочерей: принцесс Марты, Астрид и Ранхильды, а также сыновей — принцев Харальда и Улафа. Также поступают представители ряда других стран, в первую очередь Англии. Вот почему на картах Антарктиды имена королей и королев, принцесс, принцев и даже миллионеров встречаются значительно чаще, чем на картах других материков земного шара.

В этот же период (1929—1931 гг.) Д. Моусон возглавляет англо-австрало-новозеландскую экспедицию. Участники экспедиции закартировали путем аэрофотосъемки и посетили ряд пунктов на Землях Мак-Робертсона и Эндерби. Широкое развитие в этих районах древнейших метаморфических пород и гранитов типа чарнокитов позволили Моусону (с учетом результатов его работ в 1911—1913 гг.) предположить, что значительная часть Восточной Антарктиды представляет собой кристаллический щит, подобный многим щитам мира, в том числе Алдано-Анабарскому щиту в пределах Сибирской платформы. Интересно, что английский геолог Е. Тилли, обработавший коллекцию Моусона, нашел гранитоподобную породу с весьма необычным сочетанием минералов, которую он назвал эндербитом — именем Земли Эндерби.

Нужно ли доказывать, что можно было избежать многих жертв и сделать во много раз больше, если бы предыдущие зимовки и экспедиции были оснащены авиатранспортом и имели бы постоянную радиосвязь как со своими полевыми партиями, так и с центрами своих государств. Поэтому начиная с конца 20-х гг. совершенно меняются облик и задачи экспедиций в Антарктику: они принимают глобальный характер и становятся многолетними. Наибольшего размаха в этом плане достигают американские исследовательские экспедиции, которые, начиная с 1928 г., проводятся почти непрерывно до 1941 г. Руководит ими адмирал Р. Бэрд.

Никогда еще ни одна экспедиция не имела таких финансовых возможностей, как группа Бэрда. В конце 1928 г. на двух экспедиционных судах, ведомых двумя ледоколами, экспедиция прибывает к северо-восточному краю шельфового ледника Росса. На 100-метровом шельфовом льду Бэрд закладывает крупную полярную станцию, назвав ее Литл-Америка, которая через несколько лет превратится в настоящий антарктический поселок с несколькими десятками зданий и научными павильонами.

В распоряжении Бэрда имеются самолеты, и еще до наступления полярной зимы летчики производят аэрофотосъемку полуострова Эдуарда VII, на котором открывают хребт Эдзеля Форда, а чуть поближе к полюсу — ледяное плато Рокфеллера. Далее, перелетев шельфовый ледник Росса, в каких-нибудь 500 км от полюса летчики наткнулись на высочайшие в Антарктиде горы Королевы Мод (открытые еще Амундсенем), поднявшиеся более чем на 4 км. Полет к полюсу пришлось отменить: в то время самолеты Бэрда имели потолок до 4 км.

Однако с наступлением нового южнополярного лета летчики перелетают гигантскую каменную громаду хребта и, покружив над Южным полюсом, сбросив выпел с американским флагом, возвращаются на ледяной аэродром в Литл-Америка.

В это же время из Литл-Америка к горам Королевы Мод направляется отряд геолога Л. Гулда, который с огромными трудностями первый проникает в глубь горной страны и исследует часть хребта Королевы Мод на протяжении более 250 км. Гулд утверждает, что исследованные им горы являются продолжением глыбовых гор на Земле Виктории и что сложены они почти горизонтально залегающими песчаниками с пластами угля, покоющимися на древнем гнейсовом фундаменте.

С тех пор Гулд еще не раз посещал Антарктиду и сейчас в возрасте 70 лет является президентом Международного научного комитета по изучению Антарктиды (SKAR).

Почти на два года замирает работа в Литл-Америка, но в эти годы Бэрд усиленно готовится ко второй экспедиции, Польщенные Форд и Рокфеллер (их именами названы хребт и огромное ледяное плато у полюса) ассигнуют солидные суммы, и Бэрду удастся сосредоточить на своих экспедиционных судах много сотен тонн снаряжения и продовольствия, три самолета и вертолет, пять мощных гусеничных тягачей и десятков радиостанций, а также более полутора ста упряжных собак.

В конце 1933 г. Литл-Америка опять оживает и на ее базе разворачивается большой комплекс научных исследований. Особенно активными они становятся с наступлением южнополярного лета 1934/35 г. Небольшая группа геологов под руководством К. Блэкборна проникает в горы Королевы Мод и за них — поближе к Южному полюсу. Она в значительной степени пополнила материалы по геологии, собранные Гулдом в

прошлой экспедиции. Другая группа геолога А. Уэда обследует Землю Мэри Бэрд (названа в честь дочери адмирала), открытую пилотами еще в начале 1929 г.

Хребет Эдзела Форда на Земле Мэри Бэрд оказался сложным слабометаморфизованными осадочными породами, прорванными массивами гранитов, которые как будто подобны аналогичным породам, установленным на Земле Виктории геологами второй экспедиции Скотта.

В горах Королевы Мод обнаружено 19 угольных пластов мощностью от нескольких десятков сантиметров до 2,5 м каждый, переслаивающихся песчаниками и сланцами осадочного чехла Антарктической платформы (серия «Бикон»). В этих отложениях были найдены остатки окаменевших стволов деревьев до одного метра величины, а также отпечатки листьев древовидных папоротников, свидетельствующие о произрастании здесь в отдаленные времена пышной «гондванской» флоры.

Третья экспедиция Бэрда (1938—1941 гг.) выполнила еще более обширный комплекс исследований, хотя работы ее были прерваны в связи с начавшейся второй мировой войной. В работах экспедиции принимали участие четыре руководящих геолога: трое — А. Уэд, Ч. Пассел и Л. Вернер — вели исследования на Земле Мэри Бэрд, а четвертый — Н. Нолс — на Антарктическом полуострове. Горы Рокфеллера на полуострове Эдуарда VII оказались сложными теми же формациями, что и соседние горы Эдзеля Форда. Здесь были обнаружены крупные массивы специфических гранитоидов, сопровождающиеся обильными кварцевыми и кальцитовыми жилами с богатыми вкраплениями свинцового блеска.

В результате работ трех экспедиций Бэрда значительно расширились знания по геологии труднодоступных горных районов у полюса и впервые было описано геологическое строение горных хребтов в Западной Антарктиде, открытых этими же экспедициями.

В послевоенные годы Соединенные Штаты Америки продолжают наращивать темпы исследований Антарктиды. В 1946 г. они организовали крупную военно-морскую антарктическую экспедицию, присвоив ей кодовое название «Хайджамп» (прыжок в высоту). В задачу экспедиции входило уточнение мало достоверных карт Антарктиды и создание передвижных метеостанций на материке с целью изучения его климата. Кроме метеорологов и картографов, в операции «Хайджамп» принимали участие аэрофотосъемки, в распоряжении которых оказалось более десятка самолетов, геологи и геофизики, имеющие новейшую разведочную аппаратуру а также гляциологи, биологи и специалисты еще целого ряда других наук.

К сожалению, до настоящего времени полные результаты операции «Хайджамп» (в том числе и геологические) не опубликованы. С чем это связано, сказать трудно. Но уже одно то,

что впервые было заснято аэрофотосъемкой почти 20% территории материка и значительно уточнено положение береговой линии одной четвертой части Антарктиды, делает эту операцию важным этапом в изучении Антарктиды. Знаменательно, что во время экспедиции «Хайджамп» было открыто 20 новых горных хребтов и цепей, зафиксированных на аэрофотоснимках, из которых около половины бегло обследованы геологами.

Примерно в эти же и более поздние годы разными странами велись интересные работы по изучению антарктических гор, по своим масштабам значительно уступающие американским.

В послевоенный период приступили к систематическим работам чилийские и аргентинские экспедиции, организованные военными ведомствами этих стран. Их деятельность ограничивалась преимущественно Антарктическим полуостровом и побережьем моря Уэдделла. Они сопровождались геологическими рекогносцировками горных территорий, результаты которых пока еще полностью не опубликованы. Однако на основании последних появились статьи о необходимости более детального обследования районов, свободных от льда, с целью поисков и разработки полезных ископаемых.

Необходимо остановиться на работах французской экспедиции А. Лиотара 1947—1951 гг. и англо-шведско-норвежской экспедиции Д. Гиавера 1949—1952 гг.

Французские исследователи с большим трудом проникли на Землю Адели, открытую их соотечественником капитаном Дюмон-Дюрвилем (впоследствии его именем будет названа антарктическая французская станция) еще в 1840 г. Только 110 лет спустя им удастся сделать то, что не смог осуществить Дюмон-Дюрвиль, а именно — организовать базу на Земле Адели. Именно из этой базы геолог Г. Хертбриз в 1952 г. производит обследование Земли Адели, подтвердившее более ранние сведения Д. Моусона. Однако Хертбриз обнаруживает там породы, не отмеченные Моусоном, а именно — толщи зеленых сланцев, происхождение и геологическое положение которых до сих пор остается загадкой.

Очень интересные работы в западной части Земли Королевы Мод (на научной станции Модхейм) провела международная экспедиция трех государств под руководством Д. Гиавера. Главный геолог экспедиции Ф. Рутс в течение двух полевых сезонов обследовал на собачьих упряжках несколько сотен километров горных цепей к западу от региона, где в 1960—1961 гг. работали советские геологи. Хотя обследование было беглым, геологу Рутсу удалось установить в общих чертах геологическое строение довольно обширной территории. Он обнаружил широкое развитие пород кристаллического фундамента, на которых залегают толщи слабометаморфизованных песчаников и сланцев, напоминающий серию Бикон земли Вик-

тории, но совершенно лишенных угольных пластов. Горячие споры разгорелись по поводу геологического положения этой толщи. Многие геологи склонны были относить ее к серии Бикон. Однако работами советских геологов в 1960—1961 гг. было доказано значительно более древнее ее положение и тем самым был открыт новый структурный ярус Антарктической платформы, значительно изменивший представления о геологическом строении последней.

Исследования по единой программе

С 1956 г. начинается новый этап в исследованиях Антарктиды. Связан он с подготовкой и проведением Международного геофизического года в 1957—1958 гг. Двенадцать стран: Советский Союз, США, Англия, Франция, Япония, Австралия, Новая Зеландия, Аргентина, Чили, Бельгия, Норвегия и ЮАР пожелали принять активное участие в изучении материка. Наряду с исследованиями ледяного покрова, климата, верхних слоев атмосферы и океанов, окружающих материк, систематически стало изучаться его геологическое строение.

Кончился Международный геофизический год, и ученые убедились, что для познания гигантского и труднодоступного континента сделано очень мало. Поэтому было принято решение продолжить согласованные исследования Антарктиды еще на три десятилетия.

Сейчас можно подвести итог первого десятилетия наступления 12 стран на тайны ледяного континента, в пределах которого расположены 5 полюсов Земли: географический Южный полюс, магнитный Южный полюс, Южный геомагнитный полюс, Полюс относительной недоступности и, наконец, Полюс холода. Этот итог прежде всего заключается в том, что за последнее десятилетие ученые узнали об Антарктиде во много раз больше, чем за предыдущие 135 лет, прошедшие с момента открытия материка русскими мореплавателями.

Как же протекало наступление на горы ледяного континента? На этот вопрос можно ответить, познакомившись, хотя бы кратко, с деятельностью геологов 12 стран в 1956—1966 гг.

После долгого перерыва (если не считать плаваний с 1946 г. китобойной флотилии «Слава») первая советская антарктическая экспедиция под руководством доктора географических наук М. М. Сомова в январе 1956 г. высадилась на Берег Правды (Земля Королевы Мэри). Уже в начале февраля был поднят государственный флаг над строительной площадкой и объявлено об открытии научного антарктического центра Советского Союза — станции Мирный. Вслед за этим сразу же развернулись научные работы, в том числе и геологические.

Геологи О. Вялов и П. Воронов начали исследование оазиса Бангера, а затем окрестностей Мирного. В начале декабря

1956 г. П. Воронов, зимовавший в составе первой советской антарктической экспедиции, был уже в другом, более крупном оазисе Вестфолль, в 750 км к западу от Мирного. Ранее он посетил третий оазис — Уиндмилл, расположенный в 800 км от Мирного, но в противоположном — восточном — направлении. Вскоре к нему присоединились геологи второй советской экспедиции Л. Климов, Д. Соловьев и автор этой брошюры. Начались интенсивные геологические работы на побережье Восточной Антарктиды на протяжении почти 2 тыс. км, которые продолжались весь первый квартал 1957 г. В распоряжении советских геологов были легкие самолеты и вертолет, а их группы были соединены радиосвязью с Мирным.

Начатые в 1956 г. геологические исследования в советских антарктических экспедициях проводились ежегодно.

Южнополярным летом 1957/58 г. Л. Климов и Д. Соловьев обследовали Берег Отса и Берег Георга V — самые восточные районы Восточной Антарктиды. А в 1959—1961 гг. автор и Д. Соловьев (вместе с О. Шулятиным и Б. Ревновым) работали в центральной части Земли Королевы Мод на западном фланге Восточной Антарктиды, поддерживая постоянную связь с вновь созданной советской научной станцией Новолазаревской.

С 1962 г. началось систематическое изучение Земли Эндерби, которое продолжалось до 1966 г., геологами Л. Климовым и Е. Каменевым, С. Духаниным и М. Митрошиным. В начале 1966 г. Д. Соловьев совместно с Г. Равичем посетили самые интересные районы гор Принца Чарльза, наиболее далеко вдающиеся в глубь ледяного панциря материка. Все эти работы велись на базе вновь созданной советской станции Молодежная.

Сотни и тысячи посадок на ледниках высотой до 3500 м, много тысяч километров воздушных маршрутов, много сотен километров пеших походов, бешеные ураганы и пурги, сорванные палатки и разбитые самолеты — все это спрятано за скупыми хронологическими датами проведенных работ. Однако усилия наших ученых принесли богатые плоды.

За прошедшие 10 лет проведено рекогносцировочное обследование свыше 40 пунктов на побережье Восточной Антарктиды на протяжении около 8 тыс. км, при этом больше половины пунктов никогда не посещались геологами. В тот же период осуществлены площадные геологические съемки в никем не обследованных горных районах Земли Королевы Мод (на площади 50 тыс. км²) и Земли Эндерби (на площади 40 тыс. км²) в масштабе 1:1 000 000, а также в оазисе Бангера и районе Мирного в масштабах от 1:10 000 до 1:100 000 на площадях в сотни квадратных километров.

Во время проведения этих работ собрано более 10 тыс. образцов горных пород (самая богатая коллекция в мире пород кристаллического фундамента Антарктической платформы).

На картах таких крупнейших регионов Антарктиды, как Земля Королевы Мод и Земля Эндерби, появились десятки новых названий скалистых хребтов, высоких пиков и прибрежных каменных оазисов. Рядом с массивом Вольтат на Земле Королевы Мод оказались крупные горные хребты имени Розы Люксембург и Максима Горького, а чуть западнее расположились хребты имени академиков Заварицкого, Бардина, Щербакова и других; а еще западнее — хребет имени Гагарина и горы Титова. Мощные ледники Октябрьской Революции, Парижской Коммуны и ленинградского Горного института окружили эти хребты.

На Земле Эндерби появился оазис имени Терешковой, полуостров академика Вернадского, горы профессора Визе.

Не были забыты исследовательские институты СССР, изучающие природу Арктики и Антарктики. Скалы имени Арктического и Антарктического института и Института геологии Арктики гордо высятся над бескрайними ледниками к северу от горной страны.

Наряду с описанием геологического строения ряда крупных территорий Восточной Антарктиды советские геологи: а) открыли целый ряд новых для материка горных пород; б) впервые выделили главные метаморфические формации кристаллического фундамента Антарктической платформы; в) разработали классификацию и установили происхождение чарнокитовых пород, имеющих в Антарктиде наиболее широкое распространение; г) установили двухъярусное строение чехла Антарктической платформы, открыв в основании чехла толщу древних осадков и лав; д) открыли формацию малых интрузий довольно редких щелочных пород (нефелиновых сиенитов), с которыми часто бывают связаны ценные полезные ископаемые; е) обнаружили заслуживающие внимания признаки месторождений ряда полезных ископаемых, в частности, железа, графита, слюды, горного хрусталя, берилла и некоторых других.

Вместе с геологами в наших отрядах работали геофизики Ю. Глебовский, А. Карасик, В. Ласточкин и другие. Они провели аэромагнитную съемку на Землях Королевы Мод, Королевы Мэри и Вильгельма II. Съемка показала, что антарктические оазисы представляют собой наиболее приподнятые участки подледных блоков кристаллического фундамента. В закрытых районах съемка обнаружила подледные хребты, связанные в единые системы с надледными горами.

Большой объем научных наблюдений вместе с геологами осуществили геоморфологи В. Бардин, О. Дундо, Г. Значко-Яворский и Г. Коновалов. Ими установлены главные закономерности в формировании рельефа гор Восточной Антарктиды¹.

¹ В 1966 г. вышла книга В. Бардина «Горы центральной части Земли Королевы Мод». М., «Наука», 1966.

Наконец, в антарктический сезон 1966/67 г. советские геологи решили связать в единое целое геологическое строение Земель Эндерби и Королевы Мод. Поэтому автор и геологи Д. Соловьев, Е. Каменев и М. Поляков обследовали горы Ямато и Сёр-Роннане (где ранее работали японские и бельгийские исследователи), расположенные между вышеуказанными Землями. Со станции Сёва и Король Бодуэн, вместе с японским геологом Т. Маигоя и бельгийским Т. Аутенбуером, мы совершили сотни посадок на легких самолетах АН-6 у подножий гор, побывали на самых южных отрогах хребтов на высотах свыше 3 км, куда еще не ступала нога человека. Советские ученые убедились, что могучие горы Сёр-Роннане, протянувшиеся на 300 км с востока на запад, отнюдь не являются переходной областью между горами Земель Эндерби и Королевы Мод, а представляют собой своеобразный регион с неповторимыми геологическими особенностями. Кроме того, мы детально изучили некоторые районы массива Вольтат на Земле Королевы Мод вблизи станции Новолазаревской, где открыли ряд новых горных пород и собрали очень ценный материал для познания закономерностей геологических процессов в самые древние эпохи Земли.

Значительные геологические исследования проводят антарктические экспедиции США. Их плацдармом является самая крупная горная система в Антарктиде — Трансантарктические горы, которые разделяют материк на две неравные части: Восточную (большую) и Западную (малую) Антарктиду. Кроме того, американские геологи исследуют крупные горные хребты Западной Антарктиды на Земле Мэри Бэрд, в работах принимает участие большая группа молодых геологов.

Американцы начали с рекогносцировочного обследования горных хребтов, куда не ступала нога человека. В этом отношении большой интерес имели работы под руководством К. Крэддока на горной цепи Элсуэрта в 1961—1963 гг., простирающейся почти на 400 км при ширине около 100 км. Дело в том, что горы Элсуэрта занимают пограничное положение между древней Антарктической платформой и молодыми складчатыми сооружениями Антарктиды. Их геологическое положение определяет структуру материка и они являются ключом к расшифровке этой структуры. Одно то, что в горах Элсуэрта обнажается разрез осадочных пород мощностью свыше 12 км (самый мощный в Антарктиде), говорит о том, что этот район является ключевым для понимания связи Восточной и Западной Антарктиды.

Не менее интересными являются исследования хребта Эдзела Форда и гор Рокфеллера, которые предприняты в конце 1966 г. под руководством геолога А. Уэда. Кстати, в этих работах участвовал советский геолог Л. Климов, зимовавший на американской станции Мак-Мердо. Дело в том, что еще со

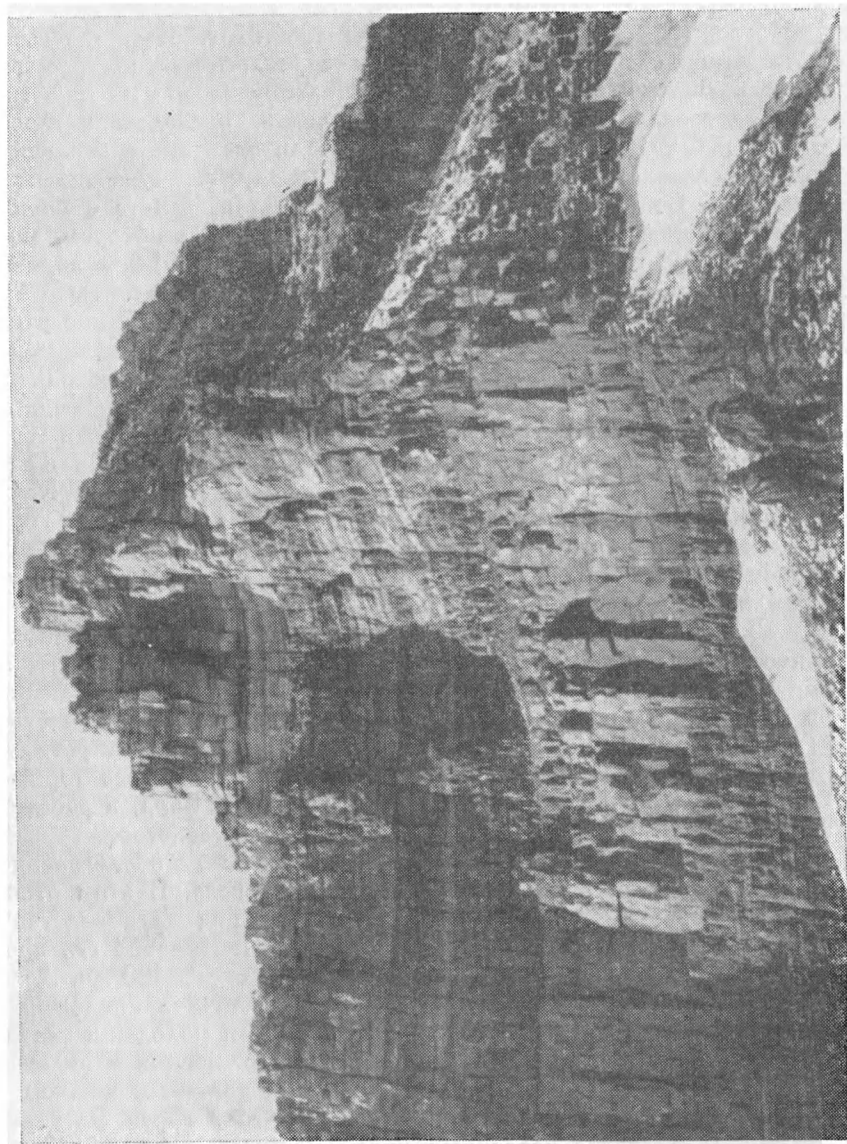


Фото 2. Древняя осадочно-вулканогенная толща слагает скалу ступенчатого рельефа высотой 125 м.

времени работ в этих горах геологов из экспедиции Бэрда (1934—1935 гг.) идут споры: принадлежат ли данные массивы к молодым складчатым системам Антарктанд или к древней Антарктической платформе. Решение этого вопроса увеличит размеры Антарктической платформы по крайней мере на 2 млн. км² либо утроит размеры Антарктанд.

В пределах Трансантарктических гор американские и новозеландские геологи уже приступили к следующему этапу — площадным геологическим съемкам масштаба 1 : 250 000. Ежегодно они снимают по несколько тысяч квадратных километров в наиболее интересных районах, которые являются ключевыми для познания геологии всего региона и перспективны в отношении полезных ископаемых. Правда, такими темпами средне-масштабная съемка Трансантарктических гор будет завершена лет через 20—25.

В более отдаленных районах Трансантарктических гор (ближе к Южному полюсу), таких, как горные цепи Пенсакола, Тиль и Хорлик, в 1961—1964 гг. проводились пока еще мелко-масштабные работы. Но и они позволили изучить состав и сложение чехла Антарктической платформы (серию Бикон), а также выяснить, что чехол разделен на две самостоятельные серии, между которыми залегает толща ледниковых валунных глин и моренного материала. Возраст последней определен около 300 млн. лет. Значит, 300 млн. лет назад было первое оледенение Антарктиды, а сейчас — последнее. Мощност, размеры и длительность древнейшего оледенения Антарктиды неизвестны. Но знаменателен тот факт, что оледенение не является чем-то специфическим для современной эпохи (и близких к ней) и могло неоднократно повторяться в истории геологического развития ледяного континента.

Ежегодно не менее двух десятков американских геологов работает в Антарктиде, и их вклад в изучение гор имеет первостепенное значение. К сожалению, от полевых исследований отстают темпы обработки материалов и публикации трудов. О результатах работ американцев мы узнаем главным образом из предварительных статей.

Английские геологические исследования значительно уступают американским. Они сосредоточены в основном на Антарктическом полуострове. Руководитель этих работ геолог Р. Эйди разработал стратиграфическую схему для Антарктического полуострова и окружающих территорий, подтверждающую их сходство с южноамериканскими Андами, отчего Эйди назвал их Антарктидами.

В 1964—1965 гг. в центральных частях Антарктического полуострова на Земле Александра I в составе английской группы работал советский геолог Г. Грикуров, который собрал материалы по отложениям древней осадочной серии «Тринити», возможно являющейся аналогом отложений гор Элсуэрта. Бо-

лее верхний структурный ярус осадочно-вулканогенных пород изучен Грикуровым менее детально. Он подобен отложениям южноамериканских Анд.

Французские геологические исследования, сосредоточенные на Земле Адели, пока проводятся не так интенсивно. В конце 1966 г. предполагается активизировать эти работы. Советские геологи получили приглашение принять в них участие.

Австралийские геологи проводят систематические, хотя и не очень значительные, исследования Земли Мак-Робертсона и примыкающей части Земли Эндерби, начиная еще с 1954 г. Опорными пунктами были станции Дейвис и Моусон. Используя старинный транспорт Антарктиды (собачьи упряжки) вместе с современным (самолетами), австралийцы проникают далеко в глубь горных цепей. В этом отношении особенно интересны исследования в горах Принца Чарльза, где обнаружены осадочные породы свиты «Эймери», вероятно, являющиеся аналогами серии Бикон в горах Земли Виктории. Если это так, то горы Принца Чарльза пока являются единственным районом на побережье Восточной Антарктиды (от Земли Адели до Земли Котса расстояние почти 8 тыс. км), где известны отложения осадочного чехла Антарктической платформы.

Австралийские геологи составляют на всю указанную территорию карты масштаба 1 : 500 000, однако большинство этих карт довольно схематично. Главные выводы австралийцев совпадают с данными советских геологов.

В районах действия советской антарктической экспедиции работают еще бельгийские и японские геологи. Усилия первых сосредоточены в районе гор Сёр-Роннане в восточной части Земли Королевы Мод к югу от бельгийской станции Король Бодуэн (геологи Т. Аутенбуер и другие), а вторых — в горах Ямато (геологи К. Кидзаки и другие) на Крайнем Востоке Земли Королевы Мод к югу от японской станции Сёва. К сожалению, пока опубликованы только предварительные отчеты бельгийских и японских геологов, не позволяющие в полной мере судить о результатах их работ.

Аргентинские и чилийские геологические исследования ведутся на Антарктическом полуострове и носят они, пожалуй, случайный характер. В частности, чилийцы собираются только с 1968 г. приступить к выполнению многолетней геологической программы по съемке горных районов северной части Антарктического полуострова в масштабе 1 : 250 000.

Норвежские и южноафриканские геологи не проявляли особой активности за последние годы. Их рекогносцировочные работы сосредоточены в западной части Земли Королевы Мод (вблизи станции Модхейм) и отчасти на Земле Котса. Отдельные небольшие заметки о геологии этих районов пока довольно схематичны.

Из приведенного краткого обзора видно, что участие геоло-

гов разных государств в изучении Антарктиды далеко не равноценно. В этом отношении резко выделяются Советский Союз и Соединенные Штаты Америки, на долю которых приходится по крайней мере 75—80% общего объема геологических исследований.

Двенадцать государств, заключивших в 1959 г. договор о мирном использовании и совместном изучении Антарктики, вносят свой посильный вклад в это благородное дело. К настоящему времени более половины горных цепей Антарктиды уже исследуются геологами, геологические карты разных масштабов имеются на 20—25% гористых территорий, а карты являются основным документом, характеризующим горы и недра. Поэтому темпы геологических исследований в следующем десятилетии надо наращивать.

Ближайшими помощниками геологов должны стать геофизики, многообразные методы которых (аэромагнитометрия, гравиметрия, сейсморазведка и др.) могут дать материалы для расшифровки подледных геологических структур Антарктиды.

РЕЛЬЕФ

Рельеф Антарктиды прежде всего определяется характером поверхности ледяного покрова, укрывшего материк гигантским панцирем площадью около 12 млн. км² (без шельфовых ледников) и толщиной от нескольких сотен метров (у побережья) до 4 км (в районе Полюса относительной недоступности). Скалистые горы возвышаются над ледяной толщей по окраинам материка (в 100—150 км от его побережья). Трансантарктические горы тянутся с перерывами почти на 3300 км и делят материк на две неравные части.

Ледяной рельеф

Основными формами ледяного рельефа являются ледяной щит материка, окружающие его шельфовые ледники и ледяные острова вблизи побережья.

Ледяной щит по форме своей напоминает гигантский ком вязкого теста на поверхности материка (подобно тесту, брошенному на стол): в центральных утолщенных зонах высоты его достигают почти 4 тыс., а в краевых слабовыпуклых зонах быстро падают, составляя всего лишь несколько сотен метров. По особенностям рельефа поверхности ледяного щита можно выделить три его типа: внутреннее ледяное плато, прибрежный холмистый ледниковый рельеф и выводные ледники.

Внутреннее ледяное плато отхватывает все глубинные территории материка. Плато имеет полого-волнистую поверхность, на которую подледный коренной рельеф оказывает сравнительно небольшое воздействие ввиду огромной мощности ледникового покрова. Лишь в редких случаях на поверхности плато наблюдаются зоны трещин над горными цепями, сравнительно близко подступающими к нижней поверхности ледяного покрова, либо образуются хорошо оформленные ложбины, заложенные вдоль глубоких впадин подледного рельефа. Иногда на поверхности ледяного щита встречаются крупные пологие поднятия, происхождение которых пока остается неясным, но, вероятно, связано с характером подледного рельефа. Относительные изменения высот на поверхности плато обычно не превышают 50—80 м на расстоянии в несколько километров.

Нередко на протяжении сотен километров, как, например, между станциями Восток и Комсомольская, поверхность плато почти горизонтальна, а между станцией Советской и Полюсом относительной недоступности она меняется на протяжении 700 км всего на 57—60 м.

Поверхности плато часто изоборожены застругами высотой 1—2 м, образованными ветровой эрозией и ориентированными по направлению стоковых ветров. В центральных частях плато примерно в 700—750 км от его краев распространены поля рыхлых снегов, крайне затрудняющих передвижение снегоходов и тягачей. Климат в пределах плато очень суровый. В самые теплые летние месяцы (декабрь — январь) температура

воздуха не поднимается выше -23° , в зимние месяцы (апреле — мае либо августе — сентябре) опускается до $-75-80^{\circ}$, а в отдельные дни — почти до -90° , что наблюдалось на станции Восток. Зато на плато обычно господствует штиль и скорость ветра только временами достигает 8—10 м в секунду; снежные пурги там являются большой редкостью, так как скорость ветра иногда не превышает 15—17 м в секунду.

Зона холмистого ледникового покрова имеет в среднем ширину 50—60 (до 100) км и мощность льда от 100—200 м в прибрежной части материка до 1000—1200 м у южной окраины зоны, где обычно начинаются горы. Поверхность этой зоны характеризуется чередованием куполов и впадин, отражающих неровности подледного рельефа, который как бы просвечивает сквозь сравнительно тонкий ледниковый покров. Для всей зоны характерно развитие трещин от движения льда, скорость которого здесь во много раз превышает скорость движения ледяных масс в пределах ледникового плато, и составляет в год от нескольких десятков до нескольких сотен метров в наиболее мобильных участках.

Когда в подледном рельефе имеются узкие глубокие впадины, то по краям ледяного покрова возникают своеобразные «ледяные» реки — водные ледники, где скорость движения льда достигает более одного километра в год. Поверхность таких выводных ледников, нередко окаймленных скалами коренных пород, испещрена сетью трещин. Выводные ледники спускаются в океан мощными языками длиной в десятки километров, которые обычно находятся на плаву. Там, где ледяной щит не оканчивается выводными ледниками, края его обрываются в океан отвесными стенами (береговые барьеры), высота которых колеблется от 10 до 60 м.

О формах подледного рельефа ложа ледяного щита имеются довольно скудные сведения. И это несмотря на ряд внутриконтинентальных походов на снегоходах советских, американских и английских исследователей, во время которых разными методами определялась толщина ледяного покрова. Но имеющихся материалов вполне достаточно для того, чтобы утверждать, что под ледниковым щитом находится материк, большая часть которого (около 70%) расположена выше уровня океана, особенно в центральных частях, где высоты подледного рельефа достигают 2 тыс. м и более. О существовании материка свидетельствуют закономерности в распределении тектонических структур, особенно в пределах Восточной Антарктиды, а также измерения толщины земной коры, составляющие 35—40 км, тогда как мощность земной коры под океанами не превышает 8—10 км.

Кроме подледных равнин («Восточная», «Шмидта» и др.) с высотами и глубинами в пределах нескольких сотен метров выше и ниже уровня моря в Восточной Антарктиде, у Полюса относительной недоступности расположен огромный Срединный хребет, состоящий из подледных гор Гамбурцева и Вернадского высотой до 3 км над уровнем океана, простирающихся более чем на 1000 км; над хребтом максимальная толщина ледникового покрова составляет не более 1 км. Вдоль северного подножия Трансантарктических гор почти на 2 тыс. км протянулся желоб шириной до 100 км и глубиной до 1500 м ниже уровня океана, который, вероятно, является гигантским грабеном в подледном рельефе.

Следует упомянуть о неглубокой, но довольно обширной (почти на 1000 км вдоль Земли Эндерби) ложбине, которая соединяет залив Лютцов-Холм с шельфовым ледником Эймери (у гор Принца Чарльза), отчего Земля Эндерби приобретает облик гигантского острова.

Пока неясно, какая часть этих низменных областей осталась бы ниже уровня моря, если бы была убрана ледяная нагрузка с материка.

В целом рельеф Восточной Антарктиды (особенно подледный) не характерен для областей стабильных древних щитов, например, таких, как Канадский и Сибирский. Не исключено, что Восточно-Антарктический щит (существование которого пока еще только предполагается) не раз испытывал интенсивнейшие преобразования, связываемые с геолого-тектониче-

ской активизацией и способствующие перестройке его рельефа, особенно интенсивные в нижнем палеозое.

Иначе обстоит дело с подледным рельефом Западной Антарктиды, где только одна треть подледного ложа расположена выше уровня океана. Эта часть оформлена в виде трех крупных ледяных куполов над поднятиями коренного ложа в районах гор Элсуэрта, Земли Мэри Бэрд и Антарктического полуострова. В целом же, если не учитывать ледяную нагрузку, Западная Антарктида может быть представлена как архипелаг островов, спаянных ледниковым покровом, хотя этому противоречит толщина земной коры в Западной Антарктиде, которая составляет не менее 30 км.

Шельфовые ледники играют существенную роль в рельефе прибрежной полосы Антарктиды. Почти вся Западная Антарктида и значительная часть побережья Восточной окружены шельфовыми ледниками, общая площадь которых составляет более 1,5 млн. км². Лишь сравнительно небольшая часть побережья Восточной Антарктиды—Берег Отса, Земля Адели, Земля Эндерби и некоторые другие—лишена шельфовых ледников. Крупнейшие шельфовые ледники Росса и Фильхнера на границе Западной и Восточной Антарктиды представляют собой гигантские ледяные моря площадью в несколько сот тысяч квадратных километров каждый. В центральных зонах побережья Восточной Антарктиды шельфовые ледники интенсивно разрушаются (например, Западный, Шеклтона, Эймери). И вообще в Антарктиде происходит постепенное разрушение подобных ледников в связи с медленным современным потеплением климата материка.

Толщина шельфовых ледников, один конец которых покоится на скалистом основании и припаян к материковому ледяному покрову, а другой далеко вдаётся в океан и находится на плаву, удивительно постоянна и в среднем составляет около 200 м. Края ледников в виде 20—30-метровых вертикальных ребристых стенок обрываются прямо к океану. Они изрезаны извилистыми фиордами с плавающими отколовшимися глыбами льда. Изредка на ровной поверхности шельфовых ледников возникают небольшие ледяные купола, образованные поднятиями подледного рельефа; в этих местах лед, по-видимому, лежит прямо на скалистом основании. На краю шельфовых ледников, в местах его сочленения с материковым ледяным щитом, часто образуются свободные от льда скалистые участки суши—каменные оазисы. За счет откола и разрушения на глыбы краев шельфовых ледников (ежегодно сползает в океан почти километровая полоса их) образуются айсберги (ледяные горы), чаще всего имеющие столовую форму и реже пирамидальную. Размеры таких айсбергов обычно не превышают 1—2 км, хотя бывают ледяные горы длиной в десятки километров. Айсберги преимущественно встречаются в антарктических водах, особенно у берегов материка.

Ледяные острова распространены недалеко от берегов материка. Они представляют собой мощные куполовидные образования льда на подводных банках и, по-видимому, являются реликтами более древнего максимального оледенения, распространявшегося на десятки километров севернее современного ледяного покрова.

Горные системы Антарктиды

К основным формам коренного рельефа относятся открытые и полупогребенные глыбовые горные массивы, прибрежные мелкосопочники (оазисы) и скалистые острова.

Глыбовые горные массивы являются преобладающими формами коренного рельефа. Вместе с моренными полями и горными ледниками, разделяющими массивы на отдельные скалистые хребты, они занимают в Антарктиде площадь около 600 тыс. км². Однако если подсчитать суммар-

ную площадь только одних каменных скал, то она составит не более 50 тыс. км², т. е. окажется в 12 раз меньше, чем общая площадь горных стран.

Главные горные системы Антарктиды могут быть кратко охарактеризованы следующим образом.

Трансантарктические горы включают хребты Земли Виктории, горы Королевы Мод, Хорлик, Тиль и Пенсакола, протягивающиеся более чем на 2 тыс. км, а затем скрывающиеся подо льдом, чтобы через сотни километров возникнуть вновь в виде хребта Шеклтона и гор Терон на Земле Котса. В целом эта горная система, пересекающая весь континент, протягивается с перерывами почти на 3300 км. Трансантарктические горы образуют высокую изрезанную цепь, которая препятствует продвижению льда из Восточной в Западную Антарктиду. Эта цепь является крупнейшим на Земле горстом, разбитым на ряд блоков. Она образовалась в результате медленных поднятий земной коры, сопровождавшихся многочисленными крупными сбросами. Высота Трансантарктических гор колеблется от 2 до 5 км. В их пределах расположена самая высокая вершина материка (горы Королевы Мод), поднимающаяся на 5140 м над уровнем океана. Впрочем, еще не измерены точно отдельные вершины в горах Элсуэрта, которые как будто поднимаются до 5400 м.

Горы Земли Королевы Мод простираются (с небольшими перерывами) в широтном направлении более чем на 2 тыс. км. На Западе они начинаются с плоскогорья Ричер, а затем почти непрерывно на 600 км тянутся десятки меридиональных хребтов (длиной от 30 до 80 км каждый), за которыми располагаются самые высокие вершины массива Вольтат (более 3 км); затем следует редкая цепочка нунатаков гор Русских и еще далее к востоку простираются на 300 км скалистые хребты Сёр-Роннане, также заканчивающиеся цепочкой нунатаков, следующих до гор Ямато, расположенных на Крайнем Востоке Земли Королевы Мод. Высоты хребтов колеблются от 1800 до 3200 м над уровнем океана. Над ледниковым покровом скалы поднимаются на несколько сотен метров, местами достигая 1000 и даже 1400 м.

Горы Принца Чарльза простираются почти в меридиональном направлении более чем на 550 км. Они расположены между Землями Мак-Робертсона и Принцессы Елизаветы и дальше всех других горных цепей Антарктиды вдаются в глубь материка. Горы как будто ограничены мощным глубинным разломом типа рифтовой долины, начинающейся у залива Прюдс. Хребты поднимаются над уровнем океана на 2—3 км, а над уровнем ледника до одного километра и образуют мощные массивы типа Вольтат. Лишь на юге они становятся более пологими и заканчиваются многочисленными мелкими нунатаками, поднимающимися только на десятки метров над уровнем ледникового покрова.

Горы Земли Эндерби расположены преимущественно в центральной части этой Земли. Они охватывают ряд массивов, отдельные горы и их небольшие группы, простирающиеся (с перерывами) почти на 650 км. Наиболее крупные вытянуты в субмеридиональном направлении, образуя хребты протяженностью до 70 км и шириной около 10—15 км. Высота этих гор колеблется от 1 до 2 км над уровнем океана и составляет сотни метров (до полукилометра) над ледяной поверхностью. Вдоль южной кромки гор (в 160 км от побережья) расположены единичные нунатаки до 2 км высоты над уровнем океана, поднимающиеся лишь на десятки метров над ледяной поверхностью.

Антарктиандинский хребет расположен на Антарктическом полуострове. Он простирается почти в меридиональном направлении на 1500 км от гор Элсуэрта до пролива Дрейка. Этот хребет постепенно уходит под воду с выступающими островами дуги Скотия и затем продолжается андийским горным поясом Патагонии. В южной половине хребта большинство вершин имеет высоту до 3 км, а в северной — до 2 км. Длинная, узкая, слабоизгибающаяся цепь Антарктиандинских гор разделяет южные части Атлантического и Тихого океанов (сейчас их принято

объединять под именем Южного океана, окружающего весь материк). Они спускаются прямо к воде, что придает сильно изрезанный характер береговой линии Антарктического полуострова. Эти горные сооружения, подобно всем другим хребтам Антарктиды, характеризуются глыбовой тектоникой.

Горы Элсуэрта простираются в субмеридиональном направлении более чем на 400 км при ширине в 80—90 км. Главный хребет имеет остроговерхий узкий гребень, который увенчан ступенчатыми вершинами, достигающими высоты, вероятно, 5400 м над уровнем океана и поднимающимися в виде крутых скал над ледником. Склоны гор крутые с извилистыми контурами подножий. Вершины в большинстве случаев плоскогорные. Отроги хребта, недавно освободившиеся от льда, обладают выровненными скальными поверхностями. Горы Элсуэрта являются могучей преградой для движения ледников по направлению к океану из центральных частей материка. Только небольшим ледникам удастся переваливать горы по узким долинам, основная же масса льда огибает хребты.

Горы Эдзела Форда расположены на западной окраине Земли Мэри Бэрд. Они представляют собой субмеридиональную горную цепь, разделенную выводными ледниками на ряд субширотных хребтов (Филиппс, Фосдик и др.) глыбового характера, простирающихся почти на 350 км. Отдельные вершины поднимаются до 2 км над уровнем океана и до 1 км над ледяной поверхностью. Горы обладают сильно расчлененными скалистыми склонами и сравнительно пологими вершинами, местами перекрытыми покровами лав и туфов.

Только эти семь крупных горных систем, из которых четыре принадлежат Восточной, а три Западной Антарктиде, имеют общую протяженность около 9 тыс. км, что составляет почти $\frac{1}{3}$ периметра ледяного континента. Однако еще не все горные системы материка описаны и «положены» на географические карты. Поэтому общая их протяженность в действительности, вероятно, составит более 12 тыс. км. Если к ним прибавить десятки каменных оазисов, расположенных на границе материковых и шельфовых льдов, сотни мелких полупогребенных нунатаков у побережья и вдали от него на южной кромке хребтов, то Антарктиду смело можно считать крупнейшей в мире горной областью, тем более, что значительная часть горных цепей материка скрыта под мощным ледяным панцирем.

В целом Восточная и большая часть Западной Антарктиды, подобно Южной Африке или Бразилии, представляет собой высокую и неровную континентальную платформу, которая в случае удаления льда достигла бы еще более высокого уровня в результате изостатического выравнивания.

Типы коренного рельефа

Рельеф Антарктиды обусловлен мощным ледниковым покровом материка и зависит от его геолого-тектонического строения.

Антарктиде более всего присущ глыбовый характер новейших тектонических движений, отчасти связанных с ледовой нагрузкой. Эти движения подняли и раздробили края Антарктической платформы, образовав глыбовые горные массивы. Вдоль зон глубоких разломов развились линейные депрессии, ныне заполненные материковыми льдами. Такие депрессии нередко окаймляют и разобщают горные хребты. Судя по размаху высот современного глыбового рельефа, смещение глыб относительно друг друга могло колебаться от нескольких сотен до нескольких тысяч метров.



Фото. 3. Сквозь отполированные ветром скалы чарнокитов видны цепи гор Гумбольдта

Однако повсеместно развитые на материке глыбовые массивы неоднородны и имеют различный внешний облик в зависимости от состава слагающих их пород.

Для древнейших кристаллических сланцев, гнейсов, мигматитов и других метаморфических пород фундамента Антарктической платформы характерен *структурный рельеф* гор, отличающихся плоскими, доскообразными вершинами. На склонах таких гор происходит послойное избирательное, в зависимости от крепости пород, разрушение пачек, отчего образуются плоские выступы и ниши. Вдоль зон дробления в этих породах заложены кары, цирки и троговые долины.

Для гор, сложенных достаточно массивными породами, например гранитами, местами развит грубый *ступенчатый рельеф*, при котором склоны приобретают крутоступенчатые очертания из-за обилия трещин.

Для еще более массивных гранитов (чарнокитов) и иных магматических пород (габбро, анортозитов) характерен *моноклитный рельеф* гор, отличающихся крутыми и гладкими склонами и вершинами, похожими на обелиски, средневековые башни или разрушенные крепости.

Между двумя из указанных видов рельефа имеется промежуточный *моноклитно-структурный рельеф*, характерный для полнокристаллических пород, подвергшихся интенсивному метаморфизму и дроблению. Из-за обилия трещин и зон дробле-

ния в этом случае образуются монолитные вершины с плоскими поверхностями и почти вертикальные склоны, сильно расчлененные каррами и цирками.

На осадочно-вулканогенных комплексах пород развивается *плоскоступенчатый рельеф*, со столообразными вершинами и ступенчатыми склонами. В целом это одна из разновидностей структурного рельефа, но еще более ярко выраженная, чем на метаморфических породах (см. фото 2).

Первые четыре вида рельефа характерны для горных хребтов побережья Восточной Антарктиды и для некоторых Транс-антарктических гор, а пятый вид — для большинства Транс-антарктических гор и хребтов Западной Антарктиды. При этом монолитный облик рельефа довольно типично проявляется на Земле Королевы Мод; здесь развиты гигантские массивы древних гранитов (чарнокитов), габброидов и анортозитов.

Большое воздействие на рельеф в Антарктиде оказывает материковый ледяной покров: как непосредственная — механическая обработка горных пород льдом и снегом (ледниковая экзарация), так и косвенная — приледниковые (перигляциальные) процессы, которые выражаются в физическом и химическом выветривании горных пород. Перигляциальные процессы развиваются на свободных от льда и снега скалистых участках гор и наиболее интенсивно проявляются в летнее время. Это связано с исключительно своеобразными особенностями климата, создаваемого ледяным покровом материка.

Антарктида является классической областью наиболее полного развития современных перигляциальных явлений на земном шаре.

Ледниковая экзарация особенно сильно отразилась на мелко-сочпчиках и прибрежных скалистых выходах горных пород, когда под воздействием материкового покровного ледника (впоследствии отступившего) образовались курчавые скалы, бараньи лбы, штриховка и полировка скальных поверхностей. В горных районах, где скалы поднимаются над современной поверхностью ледника на сотни метров и более, разрушительное воздействие льда проявилось в сквозных горных долинах и небольших горных ледничках, развивавшихся изолированно от материкового ледяного панциря. На склонах, расположенных на высоте до 500 м, можно заметить реликтовые следы максимального древнего оледенения, представленные ледниковыми шрамами и остатками древних морен.

Энергичная деятельность льда в сквозных горных долинах выражается в развитии разнообразных морен, материал которых сносился с окружающих гор под влиянием их денудации. Моренные поля местами занимают большие площади — 100—150 км² (горы Гумбольдта). Поверхность морен кажется «дорогой гигантов», будто ледник был вымошен метровыми камечными глыбами, скрывшими поверхность льда. Больше всего

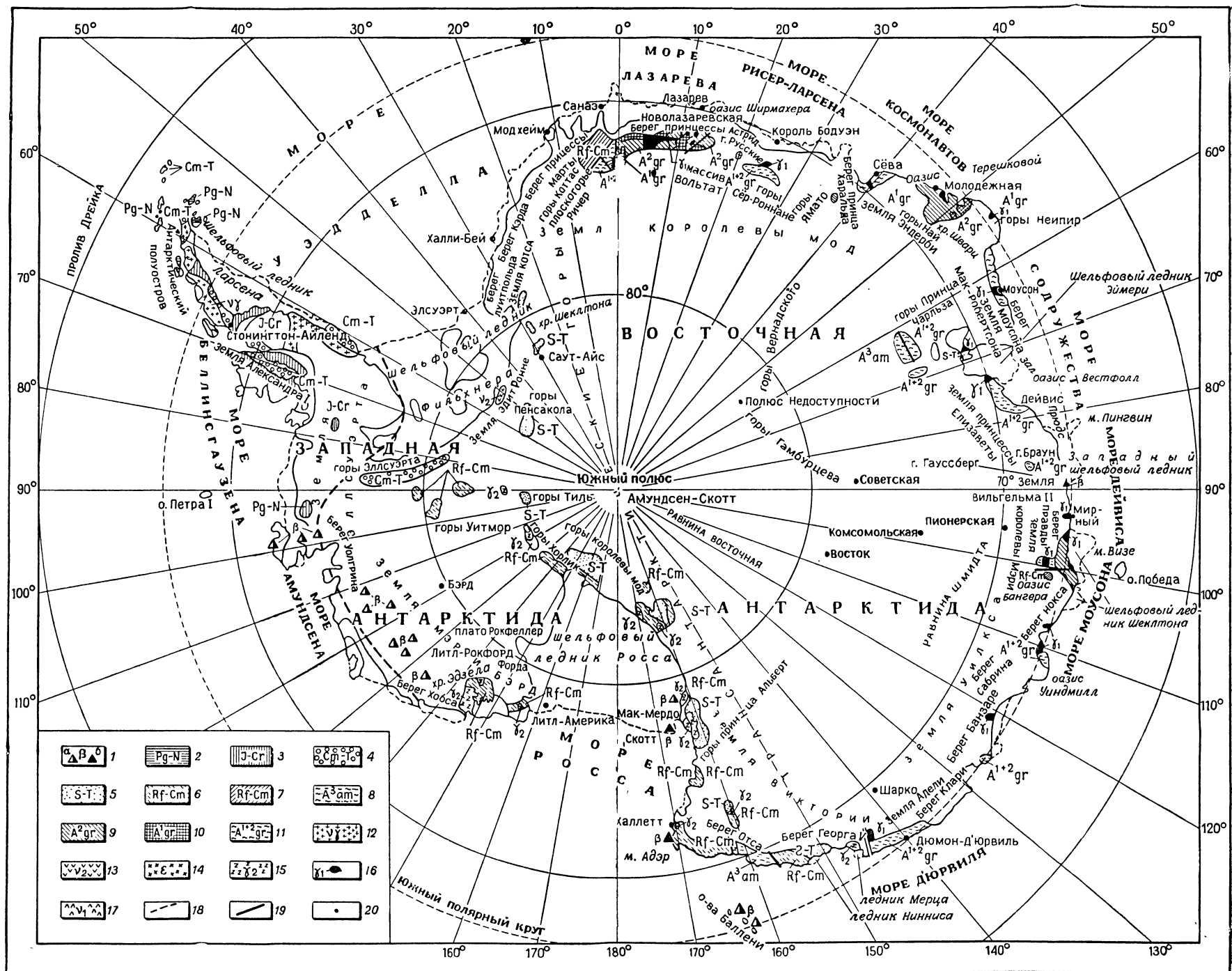
распространены *срединные и краевые морены*, продолжающие формироваться и в настоящее время. Первые залегают в виде длинных (1—5 км) узких полос на поверхности горных ледников. Вторые располагаются у подножий горных склонов вблизи северной кромки хребтов. Кроме этих двух типов морен, в горах обнаружены *конечные морены*, образующиеся в результате воздействия покровного оледенения и реже — ледников на склонах гор. Конечные морены обычно формируются у края языков покровного оледенения, вторгающихся в замкнутые межгорные котловины. Такие морены имеют форму исполинских дуг.

Наряду с современными моренами широко развиты *древние морены*, образованные деятельностью более мощных ледников в прошлом. По своему положению они также относятся преимущественно к краевым и конечным моренам, отмечающим границы распространения древних покровных и горных ледников. Эти морены в отдельных местах достигают высот 300—400 м и тем самым указывают на увеличенную мощность древнего оледенения. Как известно, следы последнего обнаружены даже на высотах в 500 м.

Морены сложены полуугловатыми и полуокатанными валунами, иногда достигающими 5—6 м, но чаще 1—3 м. Еще больше (не менее 60%) мелких (0,3—1 м) валунов. Широко распространены обломки в 10—30 см и еще более мелкие — до 5 см. Между валунами лежит мелкозем. По составу моренные отложения чаще всего соответствуют горным породам окрестных скал. Эратические валуны крайне редки и чаще встречаются в древних моренах.

Среди небольшой осыпи на склоне нунатака (на южной кромке гор Гумбольдта) автором (вместе с Б. Ревновым) был найден в январе 1961 г. метеорит, состоящий из двух оплавленных кусков (весом 8 и 2 кг) никелистого железа, по облику напоминающих валуны. Это пока первый найденный посланец космоса в Антарктических льдах.

Физическое выветривание горных пород, связанное с перигляциальными процессами, выражается: а) в шелушении и растрескивании скал, от которых отслаиваются тонкие каменные корочки и глыбы величиной в десятки метров, часто нависшие над краем каменных монолитов; б) в нивальном выветривании под воздействием талых вод (влияние солнечной радиации), отчего образуются гигантские цирки и кары (в сотни метров и километров), а также миниатюрные ложбины и гнезда на склонах гор; в) в широко развитом эоловом ячеистом выветривании, отчего появляются небольшие (в 1—2 см) углубления и ниши величиной в несколько квадратных метров. Ячеистое выветривание преобладает на северной кромке гор под воздействием ураганных ветров; чем раньше освободились горы от льда, тем крупнее на скалах ячеи; г) в образовании морозобойных трещин, каменных многоугольников и осыпей в мягких



СХЕМАТИЧЕСКАЯ ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА

М а с ш т а б 1 : 30 000 000

КАЙНОЗОИ

1. Вулканы: а) океанические базальты; б) щелочные базальты
2. Терригенные и вулканогенные отложения

ПАЛЕОЗОИ — МЕЗОЗОИ

3. Терригенные и вулканогенные отложения в андийской складчатой зоне
4. Терригенные отложения в герцинской складчатой зоне
5. Угленосные и терригенные отложения с силами трапов в чехле платформы

РИФЕЙ—НИЖНИЙ ПАЛЕОЗОИ

6. Терригенные и карбонатные отложения в древнекаледонском складчатом фундаменте платформы
7. Терригенные и вулканогенные отложения в основании чехла платформы

ДОРИФЕЙСКИЕ ОБРАЗОВАНИЯ

(В кристаллическом фундаменте и биотитовые гнейсы)

8. Мигматизированные гранатовые, амфиболовые и биотитовые гнейсы амфиболовой фации
9. Мигматизированные и гранитизированные пироксеновые гнейсы гранулитовой фации и кристаллические сланцы
10. Мигматизированные и гранитизированные кордиеритовые, силлимагнитовые, гранатовые и биотитовые гнейсы и кристаллические сланцы гранулитовой фации с прослоями мраморов и кальцифиров
11. Нерасчлененные мигматизированные и гранитизированные гнейсы и кристаллические сланцы гранулитовой фации

ИНТРУЗИВНЫЕ ФОРМАЦИИ

12. Андийский габбро-гранитный комплекс (мезокайнозойский)
13. Дифференцированные интрузии габброидов (верхнепалеозойские—нижнемезозойские)
14. Сиениты (средне- верхнепалеозойские)
15. Амфиболовые и слюдяные граниты и граодиориты (нижнепалеозойские)
16. Чарнокиты (докембрийские)
17. Анортозиты (докембрийские)
18. Граница «гондванской» антарктической платформы с «андийским» складчатым поясом
19. Разломы
20. Научные станции

и рыхлых породах; морозобойные трещины особенно развиты в моренах, где имеют вид нешироких (до 50 см) и неглубоких (10—30 см) канавок, заполненных песком и мелкими обломками пород; эти трещины часто создают многоугольники растрескивания грунта; д) на вертикальных скалах от действия талых вод образуются борозды до 50 см ширины и до 30 см глубины; там, где вода стекает струями, появляются пучки борозд от растрескивания влажных пород, замерзающих в ночное время; е) на горизонтальных поверхностях на вершинах скал формируются «каменные котлы», представляющие собой углубления от одного метра в диаметре (каменные ванны), либо «каменные стаканы» — до нескольких сантиметров в диаметре.

Активная деятельность талых вод возможна только на склонах, освещаемых солнцем, а это приводит к асимметрии рельефа: северные склоны, усиленно прогретые солнечным светом, разрушаются гораздо сильнее южных.

Перигляциальные явления развиты преимущественно в северных (более низких) частях горных хребтов. Они украшают поверхность гор сложными орнаментами и придают им разнообразие и красоту форм. В пределах высокогорных южных участков хребтов, с высотами свыше 2,5—3 км, перигляциальные формы рельефа сравнительно редки, так как горы совсем недавно освободились от льда и почти постоянно находятся в зоне отрицательных температур.

Физическое выветривание почти всегда сопровождается химическим выветриванием горных пород, так как первое обуславливает разрушение пород. Химическое выветривание ослабевает в связи с низкими температурами и отсутствием талой воды, что присуще южным окраинам хребтов. Химическое выветривание особенно активно протекает в северных частях хребтов и выражается: а) в образовании красно-бурых корок «пустынного загара» толщиной 2—3 см, образованных скоплением на поверхности горных пород водных окислов железа; б) в появлении белых выцветов на стенках отшелушившихся пластин горных пород, в трещинах и вокруг отдельных обломков, состоящих из тонких пленок извести или гипса; в) в осветлении каменных поверхностей скал благодаря снежно-ветровой полировке, отчего горные породы обедняются с поверхности легко разрушаемыми темноцветными минералами (в частности, слюдой).

В результате суммарного воздействия всех вышеуказанных процессов, а именно: геолого-тектонических, ледниковой экзарации, физического и химического выветривания, формируется своеобразный рельеф Антарктиды. Наиболее резкие его различия связаны с географическим положением хребтов: в северных частях горные массивы отличаются интенсивной расчлененностью и большими относительными высотами над поверхностью ледников (от нескольких сотен метров до 1,5—2 км, а в южных частях они слабо расчленены и представляют собой невысокие гряды (часто с высотами в несколько десятков метров и реже в 100—200 м) с пологоволнистыми вершинами и довольно пологими склонами. Здесь можно выделить два основных типа рельефа: альпинотипный и пологовершинный.

Альпинотипный рельеф (для которого, в частности, характерны все пять описанных видов рельефа, зависящих от состава горных пород) преобладает в горах Антарктиды. Высоты в пределах 2—3 км (редко 4—5 км) над уровнем океана распространены ближе к побережью материка. В относительно низких над уровнем океана северных зонах горных систем хребты и горы характеризуются зубчатыми и пилообразными гребнями, а также острыми пиками, расчлененными глубокими седловинами. На отдельных вершинах сохранились (в виде небольших площадок) выровненные денудационные поверхности, образованные ледниковым выравниванием экзарационного и пери-

гляциального характера. Наиболее яркой особенностью альпинотипного рельефа является широкое развитие в горах цирков и каров, достигающих размеров в 5—7 и более километров. Подобный рельеф образован деятельностью горных ледников и особенно — перигляциальных процессов.

Пологоволнистый рельеф приурочен к южным окраинам гор, соседствующих с ледяным куполом материка, где горные массивы в значительной части погребены подо льдом. Высоты этих гор над уровнем океана обычно превышают 3 км, но почти никогда не достигают 4 км, а над поверхностью ледника они поднимаются не более как на 100—200 м. Подобные горы имеют «глаженные» формы, слабо расчленены и несут на себе многочисленные следы ледниковой экзарации: штриховку и полировку. Эти горные участки сравнительно недавно освободились от ледникового покрова, поэтому разница в рельефе, в зависимости от состава слагающих их пород, практически отсутствует. На границе с внутриконтинентальным ледниковым плато изредка располагаются разрозненные невысокие горные выходы, представляющие собой части вершин, едва выступающих из-под льда. Кстати, процесс освобождения горных вершин из-под ледникового покрова происходит и в настоящее время, отчего южная кромка гор очень медленно, но непрерывно продвигается дальше на юг. Северная зона пологовершинного рельефа имеет вид не очень крупных скальных выходов и постепенно переходит в альпинотипный рельеф.

Климат и жизнь в горах

Своеобразие рельефа Антарктиды прежде всего обусловлено длительным (может быть, более 10 млн. лет) и непрерывным оледенением материка. В результате этого с поверхности подледного ложа Антарктиды, по самым скромным подсчетам, в год сносится слой горной породы порядка 0,1 мм (кажется, очень мало, но за 10 млн. лет это может составить толщу в 1 км).

Эрозионная деятельность усиливается повседневным влиянием своеобразного климата материка, для которого, особенно в летнее время, характерны большие перепады температур на разных высотах. Так, среднесуточная температура воздуха в декабре 1960 г. в горах Земли Королевы Мод на высоте 1500 м равнялась -10° , а на высоте 2500 м -20° , при этом ночью, когда солнечная радиация невелика (несмотря на господствующий «полярный день»), температура падала еще на $7-10^{\circ}$. В это же время поверхность скальных обнажений (до абсолютных высот 2300—2400 м) днем нагревалась до $+10-12^{\circ}$, тогда как на высотах свыше 2500 м она всегда была отрицательной (порядка $-3-5^{\circ}$). За ночь поверхность скал не успе-

вала полностью остыть и поэтому всегда оказывалась несколько теплее, чем температура окружающего воздуха.

В летний период (декабрь — февраль) число солнечных дней в горах составляет не менее 50%, а иногда достигает 70%. Относительная влажность воздуха колеблется от 30% в ясные дни до 90% при сплошной облачности. Средняя скорость ветра в январе у северных подножий гор составляет летом 5 м в секунду, а на южной кромке гор дует постоянный ветер силой 20—25 м, отчего там почти непрерывно метут поземки. Преобладают ветры южных и юго-восточных румбов. Один-два раза в месяц в горах разыгрываются снежные ураганы со скоростью ветра 40—50 м в секунду. Эти ураганы усиливаются в конце февраля и марта, достигая 60—70 м в секунду.

В зимние месяцы, а их в Антарктиде семь или восемь (если по одному месяцу положить на весну и осень), когда наступает полярная ночь, в горах выпадает много снега, температура (почти одинаковая днем и ночью) падает до -30 и 40° (на южной кромке гор до -60 — 65°), свирепствуют довольно частые снежные пурги со скоростью ветра 30—45 м в секунду, а иногда и выше.

Подобные климатические условия превращают Антарктиду в настоящую ледяную пустыню и являются весьма благоприятными для бурного развития перигляциальных процессов рельефообразования.

Несмотря на суровый климат, жизнь есть и в горах ледяного континента. Правда, животный мир весьма беден и ограничен в основном несколькими видами птиц, населяющих горы только в летнее время. Птицы появляются в начале октября и сразу приступают к гнездованию и уже в марте улетают в теплые края. Они представлены главным образом четырьмя видами: 1) антарктическими буревестниками; 2) снежными буревестниками; 3) южнополярными поморниками и 4) редкими вильсоновыми кочурками.

Антарктические буревестники местами создают огромные базары на плоскоступенчатых склонах гор.

Один из таких базаров, где гнезилось, может быть, около миллиона буревестников, был встречен нами в маршруте 11 января 1961 г. Базар был расположен примерно в 170 км от побережья на северной кромке гор, почти у 4° восточной долготы и 72° южной широты, на высоте около 2 км. На плоских плитах ребристых скал, поднявшихся над ледником почти на 300 м и длиной свыше километра, сидели на каждом квадратном метре от 3 до 5 птиц величиной более голубя, с бело-серо-коричневым оперением. Когда самолет садился у подножия скал, потревоженные гулом мотора и видом огромной оранжевой «птицы», тысячи буревестников поднялись в воздух и почти закрыли собой солнце. От мелькания бесчисленных крыльев создавалось впечатление, что в этот ясный день пошел крупный се-

ребристый снег. Птицы совсем не боялись людей, принимая их, вероятно, за движущиеся глыбы. Они неохотно покидали гнезда, когда мы stalkивали их оттуда, чтобы полакомиться яйцами. В каждом гнезде было по 3—4 яйца, но они оказались достаточно насиженными и непригодными для еды, поэтому скоро мы оставили птиц в покое. Постепенно база успокаивалась. Садились на гнезда буревестники, переставшие обращать внимание и на людей, и на самолет. Одни птицы подлетали к гнездам и опускались на яйца, другие улетали к морскому побережью за кормом почти за 200 км от гнездовий. Только бы в тихом и безопасном месте вывести птенцов, не боясь при этом многочисленных поморников крупных и откормленных, как гуси, живущих у побережья и питающихся буревестниками. На других хребтах Антарктиды такие огромные базары антарктических буревестников пока неизвестны, но значительно более мелкие их гнездовья встречаются в горах не так уж редко.

Снежные буревестники гнездятся в горах небольшими группами прямо в расщелинах камней. Они встречаются почти повсеместно в самых неожиданных уголках скалистых пиков, но далеко в глубь гор не забираются. Белые птицы величиной с голубя нередко появлялись над головами геологов во время маршрутов, потревоженные стуком молотка. Эти птицы удивительно красивы на фоне коричневых скал и подобны чайкам над каменными морями.

Южнополярные поморники — хищные птицы с грязно-серым оперением и могучим клювом, значительно крупнее буревестников. Они устраивают единичные гнездовья вблизи скоплений буревестников, но в глубине гор встречаются довольно редко, расселяясь лишь у северных подножий хребтов. Стоит только появиться лагерю геологов у гор, как немедленно в гости прилетают поморники, а затем остаются жить у лагеря. Вероятно, питаются остатками нашей пищи (особенно мясом) значительно проще, чем охотиться на буревестников.

Вильсоновы кочурки — птички величиной с ласточку или стрижа с серо-коричневым оперением, совсем редко появляются в горах, долетая лишь до ближайших к побережью нунатаков. Они предпочитают прибрежные скалистые мелкосопочники (оазисы), где теплее и ближе к океану.

Пингвины — главные и исконные обитатели Антарктиды, не любят гор и встречаются только на побережье. Мы познакомимся с ними при описании оазисов и прибрежных скал, где мелкие пингвины Адели строят гнездовья, а крупные императорские пингвины прямо на льду образуют колонии и там же выводят птенцов.

На северных склонах, там, где теплее, было обнаружено несколько видов паукообразных насекомых, очень мелких и едва различимых невооруженным глазом. Как они переносят суровую зиму, остается тайной.

Растительность в антарктических горах крайне скудная и представлена разными типами лишайников и, в меньшей степени, мхами, которые высоко в горах не встречаются. Лишайники распространены на северных склонах, обильно экспонированных солнцем, и нередко образуют разноцветные (бурые, зеленоватые и оранжевые) пятна площадью до 1 м². Выше 2 км лишайники встречаются очень редко в виде неотчетливых оранжевых пятен величиной по 2—3 см². Мхи растут вместе с лишайниками преимущественно у подножий северных склонов, где, кроме солнца, достаточно влаги и поверхность камней слегка разрушена и разрыхлена.

Каменные оазисы в ледяной пустыне и прибрежные острова

У самого океана, на границе шельфовых и материковых ледников или на краю последних, образуются полосы скалистой суши, занятые холмистым мелкосопочником. Эти каменные мелкосопочники, окруженные льдами — шельфовыми, материковыми и морскими, — получили в Антарктиде название «оазисов». Только летом, когда ломаются и тают льды, когда ураганы отрывают и уносят в океан береговой припай, скалистые сопки оазисов купают свои подножия в морских заливах, образуя береговые шхеры, подобные норвежским.

Десятки оазисов обнаружены вдоль побережья Восточной Антарктиды, значительно реже они встречаются на побережьях Западной Антарктиды. Среди них наиболее известные Ширмахера, Терешковой, Вестфолл, Бангера, Уиндмилл и некоторые другие, площадь которых колеблется от десятков до нескольких сотен квадратных километров (15 км² оазис Ширмахера и 700 км² оазис Вестфолл). На побережье залива Лютцов-Холм на Земле Эндерби некоторые изолированные скалистые обнажения также напоминают оазисы, хотя более похожи на прибрежные острова. Дело в том, что отдельные скалистые острова вблизи материка, припаянные к нему льдом, как, например, в районе советской станции Мирный, имеют облик оазисов; такие прибрежные острова иногда трудно отличить от настоящих оазисов на краю материка.

Даже новая советская станция Молодежная расположилась в пределах миниатюрного оазиса, площадь которого не более 10 км², т. е. в 35 раз меньше площади оазиса Бангера. Таких участков скалистой суши на побережье достаточно много, но большинство из них еще не изучены человеком, а потому пока не имеют названий. В пределах подобных оазисов расположены научные станции: в оазисе Вестфолл — австралийская станция Дейвис, а оазисе Бангера — польская станция Добровольский,

на побережье залива Лютцов-Холм японская станция Сёва, в оазисе Ширмахера — советская станция Новолазаревская и другие.

Пользуясь услугами вертолета МИ-4, в начале 1957 г. мне удалось впервые детально изучить оазис Бангера. Этот каменный оазис типичен для Восточной Антарктиды.

Оазис Бангера представляет собой скалистый мелкосопочник, раскинувшийся на площади около 350 км². Гряды и одиночные сопки имеют высоту от 60 до 160 м над уровнем океана. Примерно в этих же пределах находятся высоты сопки всех других оазисов Антарктиды.

Гряды скалистых сопки расчленены сравнительно узкими долинами. Ледниковые морены, развитые преимущественно в юго-западной части оазиса, заполняют эти долины. Кроме того, шлейфы морен опоясывают оазис с юга на границе его с материковыми ледниками. Все формы рельефа обусловлены главным образом ледниковой деятельностью, особенно перигляциальными явлениями, связанными с нею. Однако простирающиеся сопки и их гряд, а также долин между ними совпадает с простирающимися слоев горных пород либо с направлением тектонических разломов. Цепочки многочисленных (более сорока) мелких озер и самое крупное — Фигурное озеро также заложены вдоль этих разломов. К северу от оазиса, где его омывают воды заливов Индийского океана, расположены многочисленные скалистые острова (площадью от 0,5—1 до 30 км²): Географов, Геологов, Кашалот, Ракета, Плутон, Туманный, Забытый, Лайка, Чук и Гек и ряд других — всего более 30 островов (см. фото 5).

В оазисе непривычно тепло, в январе температура воздуха доходит до +10°, а камни нагреты до 20°. В антарктической ледяной пустыне среди холодного белого мира как будто возник теплый коричневый каменный мир. Голубые и зеленые озера расположены у подножий коричневых и черных сопки. В наиболее теплые дни вода в озерах нагревается до 12° и наш могучий механик вертолета рискнул даже однажды искупаться, а потом загорал на теплых плитах гранита.

Пирамидальные скалы сопки, конечно, не такие высокие и суровые, как в горах, часто встречаются в центре оазиса. Они сложены разнообразными породами: в тонкие узоры разноцветных слоев гнейсов вплетены розоватые жилы гранитов. В жилах сохранились обломки черных сланцев, точно плоты на этой реке. Пласты кварцитов окаймляют каменные картины. В голубоватом кварце алеют, как капельки крови, кристаллы граната. Искрящая золотистые кубики пирита и черные блестящие пластинки слюды.

В расщелинах среди камней гнездятся белоснежные буревестники; здесь они в безопасности выводят птенцов, не боясь хищного поморника. Мелкие, как стрижи, кочурки плавно парят над скалами. На камнях расположились куртинки зелено-

ватого мха и оранжевые лишайники. В пресных озерах — болотцах, образующихся от таяния снежников, растут колонии синезеленых водорослей. Оказывается, Антарктида далеко не так безжизненна, как это казалось ее первым исследователям.

Вдоль южных окраин оазиса поднимаются невысокие одиночные гранитные скалы. Над скалами нависли ледяные громады, и кажется, что они вот-вот раздавят каменные глыбы. На самом же деле площадь скал медленно увеличивается, и наступит тот день, когда они соединятся с оазисом: льды отступают перед камнями. Скалы источены ветром, на их поверхности образуются углубления — чаши. Нередко в гранитах ветер высверливает причудливую каменную вязь, напоминающую тонкие кружева. Скалы окружают синее пресное озеро, отгородив его от ледника.

Но особенно заметно увеличивается оазис на востоке, где камни соприкасаются со льдами. Места эти, протянувшиеся на несколько десятков километров — суровы, так как скалы здесь сравнительно недавно сбросили с себя ледяные одежды и представали в своей первозданной дикой красоте. Еще не успели их сгладить ветры, пропилить ручьи, разрушить морозное выветривание. Ощетинились острые каменные пики. В узких ущельях поблескивают озерки, соединенные ленточками ручьев. С ледника срываются порывы стокового ветра, грозно гудящего в ущельях. Ходить среди этих скал очень трудно, но породы здесь интересные — древние граниты Антарктиды, называемые чарнокитами.

Вообще процессы разрастания каменных оазисов происходят по всему антарктическому побережью. Это связано с аккумуляцией больших количеств солнечного тепла темноокрашенными горными породами, в результате которой по окраинам оазисов таят льды и отступают ледники.

Очень удобно работать на лодке, подплывая к берегам Фигурного озера, пересекающего почти весь оазис с запада на восток на протяжении 20 км. Ширина озера в 10 раз меньше длины, а глубина более 40 м. Вода в озере пресная, так как питается оно за счет летнего таяния снежников и окружающих оазис ледников. На восточном краю озеро упирается прямо в ледник, дробясь на мелкие протоки. От края ледника вдоль узких долин между скалистыми сопками лучами расходятся ледяные языки. Некоторые из них частично растаяли и превратились в мутные оливковые озерки. Они соединяются ручейками с протоками Фигурного озера.

Лодка скользит по широким плесам озера, обходит каменные острова и утесы, к которым трудно пристать, так как скалы почти вертикально погружаются под воду и от них отходят подводные каменные гребни. В других местах, наоборот, образуются галечные косы и лодку приходится далеко затаскивать на берег, чтобы ее не смыло волнами. Но чаще всего прямо к

воде спускаются низкие каменные плиты, точно удобные пристани. Они отполированы тысячетонными глыбами льда на протяжении в сотни метров. Каждая такая плита — страница геологической летописи. Прочитав эту гигантскую каменную книгу, можно узнать многие тайны недр: кружева мелких складок в разноцветных мигматитах образовались при размягчении пород на больших глубинах во время их рождения, более тугоплавкие массивные черные породы не сминались, а дробились на угловатые глыбы (будины), разрывающие складки; между глыбами вьются голубоватые жилки кварца — точно ручейки в трещинах ледника. Нигде в мире нет таких каменных книг, сотни страниц которых рассеяны по берегам Фигурного озера. В течение многих дней мы читали и систематизировали страницы каменной летописи, что на геологическом языке означало составление стратиграфического разреза толщи метаморфических пород оазиса Бангера.

Подобные крупные озера неизвестны в других оазисах, хотя более мелкие в каждом из них насчитываются десятками. Так, например, в оазисе Ширмахера обнаружено около 60 озер, из которых 15 крупных, имеющих длину 1—1,5 км при ширине 70—80 м и глубине до 30 м. В оазисе Вестфолл, соответственно его величине, озер больше и некоторые из них достигают 2—3 км. Однако главной особенностью этого оазиса является наличие морских фиордов, вдающихся узкими ленточками на 5—10 и даже 20 км в скалистую сушу. От этих фиордов иногда отшнуровываются небольшие участки, перегороженные сползающими ледниковыми языками, отчего образуются солоноватые озера. Пресные озера в прибрежной зоне материка, как правило, летом вскрываются, хотя зимой толщина льда в них достигает 2 м.

Интересен вопрос о существовании озер среди горных массивов. На Земле Виктории низко в горах (на высотах 130 и 350 м над уровнем океана) есть небольшие пресные озера, но они почти всегда покрыты льдом. На Земле Королевы Мод (на высотах 600 и 1700 м над уровнем океана) у подножия скалистых вершин обнаружены своеобразные ровные и плоские (лишенные трещин) довольно темные ледяные поверхности площадью 5 и 10 км², над которыми нависли скалы и ледники. Эти поверхности напоминают вечно замерзшие озера, которые до сих пор не исследованы, так как к ним очень трудно подобраться: вертикальные скалы окружали озера неприступной стеной.

На скалах, у подножий которых раскинулись озера, наиболее пышно развивается необычная трехъярусная растительность. Непосредственно к камням прилепились синезеленые водоросли, уходящие по скалам под воду; благодаря темной окраске они поглощают много солнечных лучей. Это используют зеленые мхи, растущие часто на поверхности водорослей; они питаются солнечной энергией, аккумулируемой водорослями, но и сами

приносят пользу последним, задерживая влагу. А над мхами располагаются лишайники — паразиты, питающиеся соками из мхов и водорослей. Здесь же живут мельчайшие паучки, впрочем, довольно редкие. В пресных озерах своя жизнь. Их населяют коловратки (близкие по строению к червям), бурые и отчасти синезеленые водоросли, а на дне — многочисленные бактерии.

Очень своеобразным явлением, присущим только оазисам, являются песчаные ураганы (а не снежные, как в горах) в летние солнечные дни. Ветер начинается неожиданно и быстро достигает скорости 20—25 м в секунду. Он поднимает в воздух тучи песка (в летнее время снег в оазисе почти полностью тает), как над пустыней, бросает их на скалы, где вытачивает прихотливые отверстия, небольшие пещеры и даже гроты, куда может поместиться человек. Такой песчаный ураган длится 2—3 дня, а скорость ветра иногда достигает 35—40 м в секунду. В это время тучи песка могут даже засыпать идущего человека. В озерах, особенно крупных, поднимаются метровые волны, которые, разбиваясь о скалы, взлетают над ними фонтанами брызг. Одинокие нерастаявшие льдины, как безумные, носятся по волнам, пока их не бросит на каменные утесы, где они дробятся на мелкие осколки.

Подобные ураганы объясняются тем, что массы холодного воздуха над ледниками периодически врываются в теплую атмосферу оазиса (которую создают нагретые скалы). И пока воздушные массы с разными температурами не перемешаются, ветер не утихает. Естественно, что каменная поверхность оазиса нагревается значительно сильнее, чем поверхность окружающих ледников. И особенно интенсивно это происходит в летние солнечные дни, когда стоит хорошая погода. Поэтому такие ураганы бушуют только в антарктических оазисах и не зависят от ухудшения погоды, а наоборот, особой силы достигают в периоды длительного господства солнечных дней.

Как же образовались и сохранились в ледяной пустыне каменные оазисы, стиснутые ледниками?

Прежде всего этому благоприятствует их положение на краю материка, в зоне сильных стоковых ветров и повышенной подвижности ледников. Обычно оазисы окружены с трех сторон ледниковыми языками, которые представляют собой сильно трещиноватые и довольно подвижные окраинные участки основного ледника, которые по праву называют «ледяными реками». Эти ледяные реки (при движении основного ледника) обтекают оазис, никогда не закрывая сопки льдом, который они чаще всего выносят прямо в океан в виде айсбергов.

Оазисы зарождаются только в тех местах, где этому благоприятствуют форма подледного коренного ложа и состав слагающих его пород. Если рельеф коренного ложа сильно расчленен, а породы, слагающие его, обладают большой прочностью,

го может образоваться преграда (затрудняющая сток льда к побережью) в виде подледного горного массива. В тех местах, где лед сравнительно тонок, при общем медленном сокращении ледникового покрова Антарктиды таяние будет происходить интенсивнее. Вот почему одиночные скалы появляются здесь на дневной поверхности раньше, чем в других частях материка. Темная окраска этих скал сильнее поглощает солнечное тепло и площадь вокруг них постепенно оттаивает. Пройдут тысячелетия и одинокие сопки соединятся в каменные гряды, для которых всегда характерно преобладание таяния снега над его накоплением, так как стоковые ветры в пределах побережья даже зимой будут сдувать со скал снежный покров. Подвижные ледниковые языки в зоне побережья будут сносить в океан движущиеся материковые льды, обтекая оазис. Поэтому раз зародившись, каменный оазис уже больше не покрывается льдом, а наоборот, будет увеличиваться в своих размерах за счет постоянной аккумуляции больших количеств солнечного тепла темноокрашенными горными породами.

Прибрежные острова особенно многочисленны вблизи Антарктического полуострова и Земли Виктории. Их берега ограничены, как правило, тектоническими разломами, четко проявляющимися в рельефе и в угловатых очертаниях скалистых берегов и самих островов. Более того, вертикальные обрывистые берега этих островов нередко украшены типичными «зеркалами скольжения», образующимися от трения глыб горных пород друг о друга. Местами острова имеют типичное вулканическое происхождение, так как сложены мощными лавовыми покровами, образующими столообразные или конусообразные поверхности. К подобному типу следует отнести остров Росса с действующим вулканом Эребус.

К числу прибрежных островов, образованных тектоническими расколами, принадлежит архипелаг, растянувшийся узкой полосой к северу от советской станции Мирный. Самых различных форм и размеров от сотен квадратных метров до нескольких километров, 17 островов, названных архипелагом Дружба, а также 4 береговые сопки (на которых расположились строения станции), представляют собой скалистые выходы единого массива древних гранитов, разбитого разломами.

Скалы таких островов поднимаются над ледяным припаем почти отвесными невысокими стенами. На поверхности скал, отполированных ледником, можно прочесть историю их образования. В коричневой кристаллической массе гранита чернеют обломки вмещающих сланцев, расположенных в форме сложных узоров. Мощные жилы пегматитов рассекают граниты. В жилах блестят кристаллы магнетита, отливают перламутром листочки слюды, а вытянутые кварцевые зерна серого цвета напоминают струйки дыма.

Самый крупный остров архипелага Хасуэлл (назван в честь

одного из участников экспедиции Моусона) расположен на краю своеобразной ледяной бухты, окруженной айсбергами, по-видимому, сидящими на мели и оттого неподвижными. Коричневатая поверхность некрупных скал острова нагрета до 15°, поэтому работать на них очень приятно. Разноцветные породы отливают всеми цветами радуги, а слагающие их минералы искрятся в солнечных лучах. Сложная сеть жил пронизывает древние граниты, переполненные обломками вмещающих кристаллических сланцев.

Острова архипелага приспособили пингвины Адэли для своих гнездовий. Эти маленькие пингвины, ростом 35—40 см, прибывают к антарктическим берегам только летом и выводят здесь своих птенцов. На островах обитают сотни птиц, устраивая себе гнезда из мелких камешков, усталых пухом.

Появление геологов на островах было встречено какофонией хриплых криков. На каменных уступах царит хаотическое оживление. Одни пингвины только что пришли с кромки припая и кормят своих птенцов. Другие дерутся за мелкие плоские камешки для гнезд, воруя их друг у друга. Стоят пары пингвинов, касаясь друг друга клювами и, вероятно, отчаянно ругаются. Другие пары ожесточенно машут крыльями и стремятся вступить в драку. Вдруг все обитатели гнездовий начинают хлопать крыльями и отчаянно кричать, прогоняя кружащегося над ними хищного поморника.

Устав от долгого сидения на яйцах, пингвины делают гимнастику: выпрямляются, поворачивают голову в разные стороны, поочередно поднимают лапы, ритмично хлопают крыльями, заканчивая комплекс упражнений. Между островами также царит оживление. По ледяной поверхности бухты взад и вперед медленно движутся вереницы пингвинов, направляясь со скал к разводьям чистой воды, где они ловят мелкую рыбешку и раков. Цепочки движущихся птиц напоминают отделения солдат в бело-черных мундирах на учении. Когда лед ровный, а тем более со слабым уклоном с острова на припай, пингвины, которые не любят ходить и совсем не летают, ложатся на белые животы и, отталкиваясь лапами, скользят «по-пластунски» по ледяной глади. Скорость движения при этом увеличивается в несколько раз, и даже бегом их трудно догнать. Но особенно быстро движутся пингвины в воде — в своей родной стихии, где они подобны маленьким торпедным катерам.

Возвращаясь с рыбной ловли, каждый пингвин направляется к своему гнезду, где его подруга высидивает яйца, и сменяет ее в этом важном деле, а она отправляется подкрепиться рыбкой. Местами из обрывков яичной скорлупы выглядывают маленькие пушистые темно-серые комочки, непрерывно требующие еды. Родители трогательно заботятся о них, отрывая в рот птенцам густую сметанообразную массу — так называемое «птичье молоко».

В поисках места для гнездовий пингвины Адэли забредают по льду за многие десятки километров от побережья, и мы не раз встречали их как в оазисе Бангера, так и в оазисе Ширмахера, но очень малочисленными группками. В горы пингвины не забираются: очень далеко и очень долго до них идти; скалистых каменных площадей для гнездовий достаточно и на прибрежных островах, а там, где раскинулись широкие шельфовые ледники и нет островов, в 50—70 км от берега имеются к их услугам каменные оазисы.

О главных обитателях Антарктики — императорских пингвинах (ростом более одного метра), которые круглый год проводят вблизи материка, я много писать не буду. Эти обитатели шельфовых ледников и океанического побережья ничего, кроме льда, не признают. На льду они зимуют (собираясь в огромные тесные колонии по многу тысяч птиц), на льду спят и выводят птенцов, со льда ловят рыбу, на льду умирают. Им не нужны теплые поверхности скал, чтобы положить на них яйца и вывести птенцов. Яйца императорские пингвины «выстаивают», держа их между пуховыми подушечками, расположенными в нижней части лап. Они умудряются даже передвигаться, крепко зажав яйцо ногами. Достаточно неосторожному пингвину уронить яйцо на лед, как будущее его потомство погибает. Императорские пингвины не любят гор, поэтому им так мало места уделено в этой книжке.

Антарктические пейзажи

Совсем недавно я посетил ледяной материк в четвертый раз, пролетел над хребтами тысячи километров, сотни километров прошел пешком у их подножий и с каждым новым маршрутом впечатление о неземной природе континента, называемого Антарктидой, все больше и больше усиливалось.

Горные хребты в Антарктиде, поднимающиеся над бесконечными однообразными заснеженными ледниками, часто воспринимаются как чудесные, но призрачные картины, которые в любую минуту могут исчезнуть, точно мираж. Достаточно облакам низко опуститься, и горы как будто пропадают, наступает «белая мгла», когда земля и небо сливаются воедино. Теряется представление о трехмерном пространстве: глаз не улавливает линии горизонта и трудно определить, где находишься — на земле или на небе.

Но и сами хребты своими удивительно необычными формами, неожиданными сочетаниями мощных глыбовых массивов с игловидными монолитами, расчлененные полукруглыми цирками, способными вместить десятки тысяч людей (так они велики), образуют пейзажи, не похожие ни на одну горную страну Земли. Такое впечатление усиливается от отсутствия почвы на склонах гор, полей и лесов у подножий. Человека окружает неживая природа: каменные громады, голые скалы, отполированные ледником, фантастические мозаики разноцветных глыб, точно недавно возникших из недр земли, — вот что встречает глаз исследователя на протяжении сотен и сотен километров. Как тут не подумать о космических пейзажах! Пролетая над таинственными горами или совершая маршруты у подножий невиданных скал, кажется, что ты находишься на неизвестной планете.

В один из ранних полетов 1959 г. на Земле Королевы Мод я впервые увидел антарктические горы. Самолет, оторвавшись от снежной поверхности шельфового ледника Лазарева, набрал высоту. На горизонте, километров за сто от побережья, показались зубчатые горы. С каждой минутой полета их становилось больше. Появлялись все новые и новые коричневые скалы с белыми снежниками. Скоро по всему горизонту растянулись гигантским частоклом суровые хребты, отгородившие побережье от ледяного купола материка. Над бескрайними плоскими голубоватыми ледниками возвышались вертикальные каменные громады, увенчанные игловидными пиками. Вблизи горы казались разрушенными гигантскими городами с провалами ущелий, на дне которых застыли ледники.

На плоских валунах мы поставили черные палатки — первое жилище человека в горах. Палатки окружены со всех сторон хаосом скал и на фоне зубчатых гор кажутся круглыми валунами. Удивительное свойство Антарктиды: даже жилище человека превращается в незаметную частицу пейзажа, точно растворяется среди каменных громад.

Первый маршрут в горах. Самолет совершает посадку вблизи ущелья, на дне которого застыл ледник, подобный огромному горному озеру. Выбираем пологий склон, чтобы по нему добраться до вершины. Солнце нагрело скалы до $+10^{\circ}$, хотя температура воздуха — -12 . В прозрачном воздухе хорошо просматриваются очертания гор. Среди них человек кажется песчинкой, но он властелин природы, так как только ему дано разгадать ее тайны.

Гора оказалась сложенной слоями мрамора, из которого можно ваять статуи. В ярких лучах солнца была видна другая гора гранитов, зубцы которой казались языками пламени среди холодных ледников. Над головой появилась стая снежных буревестников и полетела к побережью океана. Жизнь проникла даже в безмолвные горы Антарктиды.

Самолет опускается на снежник у подножья круглых сопков, издали похожих на разноцветные клумбы на голубом исполинском ледяном поле. Одна из сопков тоже сложена мрамором, но пестрым, как ситец. На белом, мраморном поле раскинулись малиновые кристаллы гранита, звездочки блестящего черного графита, столбики зеленого апатита, лучистые сростки синеватого турмалина.

Самолет летит в глубь материка и долго кружит над одинокой горой, расколовшей ледяной купол как арбуз. Снижаясь, машина стремительно несется навстречу массивной стометровой кубической скале, напоминающей замок. По краям скалы расположились каменные пики, похожие на башни. Стены этого «замка» сложены бурными гранитами, расколотыми трещинами на огромные глыбы. Белые кварцевые жилы, разбитые на прямоугольные обломки, пронизали гранит, образовав «окна» в каменных стенах. Так и кажется, что в каменном замке живет ледяная королева — Мод — властительница здешних мест. Может быть, она сродни норвежской королеве, в честь которой названа вся эта горная страна? Кубической горе мы дали имя знаменитого русского геолога А. П. Карпинского. А рядом с ней высится другая скала, напоминающая пьедестал Медного всадника, но в десятки раз больше него. Она была названа в честь старейшего русского палеонтолога Н. Н. Яковлева. Вокруг поднимаются все новые и новые скалы; причудливые пагоды и бесконечные колоннады.

Так были открыты и нанесены на карту горы Русские — связующее звено между массивом Вольгат и горами Сёр-Роннане.

Горные пейзажи Антарктиды немислимы без снежных ураганов. Один такой ураган мне пришлось пережить в самом начале работ в горах Земли Королевы Мод. Начался он ночью, незаметно, с резких порывов ветра. Эти порывы быстро усиливались, и бешеный ветер стал непрерывным. Лагерь утонул в белой мгле, исчезли горы, точно растаяли в мареве пурги. Палатки ходят ходуном, вот-вот сорвутся с оттяжек из капроновых канатов. Спотыкаясь о белые глыбы, в которые превратились валуны, мы с трудом добрались до столовой палатки, чтобы выпить чаю. Утреннее умывание совершилось автоматически: снежинки исхлестали не

только лицо и руки, но пробрались за воротник, набились в рукава и отвороты сапог.

Вдруг очередной порыв ветра сорвал вход в палатку, лопнула капроновая оттяжка, погасла газовая плитка, опрокинулся чайник. Пока мы раздумывали что делать, была сорвана вторая оттяжка; палатка начала приподниматься, стремясь улететь вместе с пургой. Как слепые щенки, кружили мы по скользкой от снега морене, натыкались друг на друга, сбивались в кучу, ползая по скользким камням. Затем кое-как связали узлы и закрепили палатку.

Ветер усиливается, достигая скорости 60 м в секунду. Мы начинаем тревожиться за самолет. Он стоит у подножья горы и привязан стальными тросами к каменным глыбам. Но для ураганного ветра трос не препятствие, он может лопнуть, как лопнули капроновые оттяжки. Связываемся канатом, покидаем палатку и бредем навстречу ветру. Временами ползем по-пластунски: нет сил преодолеть напор пурги. Острые снежинки хлещут по лицу, дыхание прерывается от стремительных струй холодного воздуха, но мы ввинчиваемся в тугие потоки снежного урагана и медленно продвигаемся вперед. Три сотни метров за три часа — вот скорость нашего движения. Но самолет рядом, раздумывать некогда: особенно сильные порывы ветра приподнимают хвост, и кажется, что вот-вот он взлетит. Начинаем загружать валунами машину. Каждый валун отрывает от льда ломом и катим его к самолету. Порой ветер сдувает человека, но камень остается неподвижным. Снова и снова ползем к валуну и толкаем его вперед. Когда порывы ветра особенно сильные, прижимаемся к камню, вцепившись в него руками. Много часов потребовалось на загрузку самолета камнями. Теперь можно было спокойно возвращаться в палатку.

А ветер и не думает стихать. Вой пурги заглушает громкие голоса. Мы бредем на канатной связке обратно, пытаясь пробиться сквозь быстро несущиеся потоки снега. Только к вечеру добираемся до спальных мешков, и голодные, промерзшие, истощенные ветром забываемся тревожным сном. Часто просыпаемся от бешеного дрожания палатки, металлический каркас которой ветер пытается сплющить. Изадали доносится адский шум, подобный пушечной канонаде, — это лопается поверхность ледника и образуются новые бездонные трещины.

Только на третий день утих ветер. За это время склоны гор побелели, запорошенные снегом. Вокруг палаток и валунов намело сугробы. Щербатая поверхность льда, источенная ветром и песком, стала непригодной для посадок самолета. Низкая облачность все еще висит над горами. Но вот ее проткнули самые высокие вершины, затем показались склоны; облака постепенно тают, обнажая подножия хребтов. Горная страна как будто рождается заново.

После урагана наступил тихий ясный день с температурой -8° . С удвоенной энергией готовимся к новым полетам в горы. На горизонте поднялась стена коричневых и черных с заснеженными верхушками хребтов, купающихся в солнечных лучах. Прямо в небо вонзились конусовидные вершины. На переднем плане высится горное плато, обрывающееся вертикальными стенами к материковому ледяному панцирю. Ясно видны отдельные цепи, протянувшиеся на десятки километров в глубь материка. Между горными цепями расположились долины, заполненные ледниками. Кое-где среди ледников торчат одинокие узкие скалы. Такие скалы, аккумулируя тепло, постепенно побеждают лед и дают начало новым горным хребтам.

Самолет пролетает вдоль склонов гор, едва не задевая крылом их каменные стены. Местами склоны образуют кулисы, охватывающие многокилометровые ледяные долины, на дне которых разветвляются дуги морен, точно дороги исполинов. В оправу из голубого льда заключены, как драгоценные камни, разноцветные вершины самой разнообразной формы, создавая причудливые орнаменты антарктического горного ландшафта.

На скалах узоры складок переплели в гигантские кружева горные породы. Расколотые на угловатые глыбы слои пород при движении и трес-

нии отшлифовались до зеркальной глады. Между глыбами внедрились черные жилы диабазов, рассеченные жилами розовых гранитов.

В начале 1967 г. я опять вернулся в Антарктиду: с японской станции Сёва мы совершили полет в горы Ямато. Одиноким суровым пиком на много десятков километров окружены однообразными ледниками. Они точно выросли из ледяных глубин. Трудно представить себе силы, поднявшие эти километровые громады весом в миллионы тонн.

Коварные трещины в ледниках не пускали человека к скалам. Когда удавалось преодолеть трещины, мы наткнулись на глубокие провалы с крутыми стенами, отгородившими горы неприступными рвами, образованными ураганами. Приходилось на канате спускаться в ледяные рвы, а затем, нагруженные образцами, мы долго поднимались вверх.

Горы Ямато расположены далеко на юге — более 250 км от них до побережья. Поэтому даже в ясные солнечные дни в горах свирепствуют поземки, создаваемые ветрами. Снежные вихри мешают маршрутам, замечают следы, не пускают близко к крутым скалам, сдувая человека с гладкой поверхности льда. Несмотря на пургу, мы долго любовались горой Дракона, ее четырехглавой вершиной, изумительными мозаиками разноцветных пластов, похожими на картины, но в тысячи раз более мощными и гармоничными.

Вскоре с бельгийской станции Бодуэн мы полетели в горы Сёр-Роннане, спрятавшиеся в глубине материка (в 180 км от побережья). Эти горы в десятки раз больше гор Ямато.

Самолеты приземляются у подножий гор. Садимся на снег, испещренный застругами после очередной пурги, на лед, истыканный трещинами. Торопимся к скалам через каменные моря морен, где самолет сесть не может. В скалах раскрывается летопись строения антарктических недр, которую очень нелегко прочесть. Собираем образцы необычных пород, меряем их элементы залегания, распутываем клубки жил, рисуем складки и при всем этом не забываем взглянуть на окружающие горы.

В горах Сёр-Роннане особенно красивы ледяные реки. Спускаясь с крутых горных долин, они переваливают застывшими каскадами через седловины, заполняют ущелья могучими волнистыми массами чуть зеленоватого льда. И хотя ледяные реки неподвижны (их медленное движение глаз человека, конечно, не улавливает), но при длительном обозрении начинает казаться: лед движется, образует водопады, свергает на своем пути скалы, заполняет ущелья и вот-вот затопит горы, столько в их облике динамизма. Но мираж пропадает и остаются удивительные сочетания: льда и камня, белого и черного, вечного холода и застывшей раскаленной лавы, из которой родились горные породы. Нет в мире ничего более контрастного, чем каменные скалы и ледники Антарктиды.

В самом сердце гор Сёр-Роннане расстилалось такое могучее великолепие каменных громад, что трудно было от них оторваться. Изящные скалы нависли над голубой ледниковой долиной. Что ни вершина, то новое чудо природы. Трудно подыскать обычные земные названия этим творениям из камня и льда. Гигантские скульптуры из разноцветных горных пород были во сто крат величественнее любых творений человека.

Вот чернеет могучая скала диабазов, формой напоминающая атланта. А рядом с ней белеет хрупкая скала из мрамора, подобная мадонне. «Ромео и Джульетта» — назвал я эти две скалы. Вдали как будто разыгралась битва гигантов: хаотические каменные обелиски стоят друг против друга в воинственных позах. «Рыцарский турнир» — определил я. Очень красивы многочисленные глыбы белого кварца, тесно прижавшиеся друг к другу, точно стадо овец на отдыхе. А рядом возвылись в небо многосотметровые башни, раскинувшиеся как небоскребы современного города.

Можно продолжить описание изумительных каменных творений, но стоит ли это делать? Может быть, у другого человека возникнут совсем иные ассоциации при взгляде на скалы. Одно можно сказать: ледяная долина с каменными обнажениями в горах Сёр-Роннане была самым великолепным пейзажем из тех, которые мне пришлось видеть в Антарктиде.

НЕДРА АНТАРКТИДЫ

Горы Антарктиды сложены породами, образованными как на глубинах 20—30 км, так и на поверхности. Наиболее древние породы сформировались, вероятно, более 3 млрд. лет, наиболее молодые — несколько миллионов лет назад. За этот огромный промежуток времени накопилась масса осадков и лав суммарной мощностью около 30—35 км. Не раз за длительную историю существования материка на его поверхности возникали горы и разрушались, продукты разрушения сносились в древние моря и заполняли их, и на месте морей поднимались новые горные системы. Одни породы поднимались могучими тектоническими силами с больших глубин, другие опускались. Процессы эти закончились всего несколько миллионов лет назад образованием гигантского покровного ледника, под нагрузкой которого одни блоки опустились, скрыв подо льдом самые молодые отложения, другие блоки поднялись, обнажив на дневной поверхности самые древние породы.

Все эти превращения отражены в геологическом строении гор, поднявшихся ныне над ледяной поверхностью. Вот почему после знакомства с историей исследования, рельефом и внешним обликом гор и каменных оазисов, климатом, растительным и животным миром я перейду к описанию геологического строения, от которого зависит наличие полезных ископаемых в недрах гор. (См. геологическую карту на стр. 32—34).

Геологическое строение

Геологическая история Антарктиды длилась несколько миллиардов лет. Конечно, за такой огромный период материк был ареной столкновения и развития самых разнообразных процессов, приуроченных к определенным этапам развития всего земного шара. Поэтому описание геологического строения Антарктиды я начну с перечня этих этапов — одинаковых для всей Земли.

С момента превращения Земли в планету солнечной системы с твердой оболочкой определенной формы прошло более 4 млрд. лет. Около 2,5 млрд. лет назад кончилась архейская эра, самая древняя и менее всего изученная, так как породы,

образовавшиеся в архейский период, более всего изменены последующими процессами. Эта эра имела главное значение для формирования кристаллического фундамента Антарктической платформы. За ней наступила *протерозойская эра*, окончившаяся 570 млн. лет назад. Она длилась примерно столько же, сколько и архейская (приблизительно 2 млрд. лет). Протерозой был насыщен геологическими событиями не менее архея. В Антарктиде он отличался большой дифференциацией процессов: разных для отдельных частей материка и в значительной мере переработавших породы архея. Далее наступила палеозойская эра, длившаяся всего 330 млн. лет — окончилась 240 млн. лет назад. В начале этой эры на окраинах Антарктической платформы сформировались складчатые горные системы (в частности, Трансантарктические горы), а в середине и конце — чехол платформы (в отдельных участках он начал накапливаться еще в конце протерозоя). Чехол продолжал формироваться и в следующую, мезозойскую эру (в нижней половине), длившуюся 170 млн. лет (окончилась 65 млн. лет назад). На границе палеозойской и мезозойской эр в нижней части последней возникли складчатые горы Западной Антарктиды, которые на Антарктическом полуострове, может быть, продолжали формироваться и еще позднее. Наконец, после мезозойской эры наступила кайнозойская эра, которая длится до настоящего времени (т. е. уже 65 млн. лет); в конце нее наступило оледенение материка.

Геологическое строение Антарктиды изучено менее всех других континентов Земли по вполне понятным причинам: а) мощный ледниковый панцирь закрыл около 95% поверхности материка; б) суровый климат и отдаленность крайне затрудняют проведение геологических работ и, наконец, в) пока отсутствует прямая заинтересованность в геологических исследованиях, так как материк не обжит. Но исключительно хорошая обнаженность глыбовых гор и каменных оазисов Антарктиды позволяет раскрыть многие тайны земных недр и изучить процессы формирования горных пород и полезных ископаемых, начиная с самых древних эпох существования Земли.

Если проанализировать геологические материалы, собранные учеными 12 стран в последние 10 лет, то можно утверждать, что Антарктида является древней гигантской платформой, только частично обрамленной на побережье Тихого океана складчатыми горными сооружениями. Площадь этой платформы составляет не менее 12 млн. км², что в несколько раз больше таких крупных платформ, как Русская и Сибирская. По своему строению Антарктическая платформа имеет много общего с древними платформами Австралии, Южной Америки, Африки и Индии, которые получили наименование гондванских, по имени гипотетического материка, названного Гондваной, возможно, существовавшего немногим менее 200 млн. лет назад в преде-

лах южного полушария. Поэтому и Антарктическую платформу также можно именовать гондванской. Она занимает всю Восточную Антарктиду и значительную часть Западной, в первую очередь некоторые районы Земли Мэри Бэрд. Складчатые сооружения Западной Антарктиды, охватывающие по крайней мере Антарктический полуостров и побережья морей Беллинсгаузена и Амундсена, распространенные на площади более 1,5 млн. км², являются продолжением южноамериканских Анд, поэтому их именуют «андийскими», или, иначе, Антарктандами.

Антарктическая платформа имеет сложную геологическую историю и не является однородной и разновозрастной во всех своих частях: значительная часть платформы в пределах побережья Восточной Антарктиды (между 145° восточной и 5—10° западной долготы) была, вероятно, двухъярусной, тогда как в пределах Трансантарктических гор и хребта Эдзела Форда она является трехъярусным сооружением.

Нижний структурный ярус — кристаллический фундамент платформы — распространен повсеместно и имеет мощность около 20 км. Его формирование началось с момента образования колоссальных прогибов и вздыманий, длилось в период архейской эры и продолжалось в течение заполнения продуктами разрушения горных систем этих прогибов. Оно закончилось в период господства мощных тектонических движений (сопровожаемых значительными повышением температуры и давления). В результате этого повсеместно (регионально) развивались метаморфические процессы, приведшие к перекристаллизации, размягчению и даже частичному плавлению огромных толщ обломочных и иных осадков. Но еще до этого происходили обильные излияния магмы из недр Земли, так как земная кора была относительно тонкой и легко проплавляемой для расплавов.

В результате образовались мощные толщи переслаивающихся пластов песчаников, сланцев, известняков, мергелей и лавовых покровов, напоминающие гигантский слоеный пирог. Под влиянием тектонических движений на границе архея и протерозоя горизонтально лежащие толщи сминались в непрерывные сложные складки и одновременно осадки и лавы превращались в кристаллические сланцы, кварциты, мраморы и амфиболиты, а затем под воздействием нагретых растворов (заключенных в первозданных осадках или мигрировавших из мантии Земли) гранитизировались, образовав такие ультраметаморфические породы, как гнейсы и гранитогнейсы. Образование метаморфических пород почти повсеместно сопровождалось появлением жил гранитов, пегматитов и кварца.

В течение протерозойской эры кристаллический фундамент испытывал неоднократные «омоложения» под влиянием непрерывно возникающей внутренней энергии Земли, вызывавшей

тектонические импульсы, размягчение и частичное плавление метаморфических пород. Эти породы перекристаллизовывались и образовывали мобильные массы, внедрившиеся в виде массивов (площадью от нескольких десятков до нескольких тысяч квадратных километров) — чарнокитов: древних и очень характерных для Антарктиды пород из семейства гранитов. В периоды омоложения фундамента магма из недр Земли также проникала в метаморфические толщи, но ввиду их плотности застревала на глубине, образуя интрузии габбро и анортозитов, и редко достигала поверхности в виде лавовых покровов. Сколько произошло таких этапов омоложения, пока сказать трудно; во всяком случае их было не менее четырех, если судить по данным определений абсолютного возраста (радиологическими методами) пород кристаллического фундамента, которые дают такие последовательные значения в разных районах Восточной Антарктиды: а) 1600—1800 млн. лет (оазис Вестфолл и Земля Адэли); б) 1100—1200 млн. лет (оазис Бангера, холмы Обручева и оазис Уиндмилл); в) 700—800 млн. лет (оазис Бангера, горы Страткона, острова Эйгарен и др.) и, наконец, г) 450—500 млн. лет (Земля Королевы Мод, кристаллический фундамент Трансантарктических гор, район станции Мирный и др.). Кстати сказать, последнее омоложение кристаллического фундамента совпадает по времени с образованием нижнепалеозойских складчатых сооружений, залегающих на кристаллическом фундаменте в пределах нынешних Трансантарктических гор.

Кристаллический фундамент и после последнего омоложения продолжал испытывать расколы, по которым из недр поднимались магмы и образовывали малые интрузии: нефелиновых сиенитов (185—200 млн. лет назад) и даек долеритов (165—175 млн. лет назад). Эти интрузии имеют типичный платформенный характер и появились в кристаллическом фундаменте в период образования чехла Антарктической платформы.

Средний структурный ярус развит в пределах Антарктической платформы не так широко, как кристаллический фундамент. В Трансантарктических горах и хребтах Земли Мэри Бэрд он представлен мощной толщей (вероятно, до 9—10 км) очень слабо метаморфизованных верхнепротерозойских — нижнепалеозойских осадочных и вулканогенных пород (зеленые сланцы, песчаники, конгломераты, глинистые и аспидные сланцы), смятых в не очень крутые, но непрерывные линейные складки. Эти осадки накапливались в течение многих сотен миллионов лет в огромном прогибе (геосинклинали), образовавшемся по окраинам кристаллического фундамента, когда в центре его высились горы. Затем на границе нижнего и среднего палеозоя (450—500 млн. лет назад) в период древнего каледонского тектогенеза горизонтально лежащие осадочно-вулканогенные толщи сминались в складчатые сооружения.



Фото 4. Горы Сёр-Роннане высотой более 500 м над ледниковой поверхностью

Эти складчатые толщи насыщены разнообразными массивами магматических пород семейства гранитов, но никогда среди них не встречаются чарнокитовые или анортозитовые интрузии, столь характерные для кристаллического фундамента.

В то же время (в конце протерозоя и в самом начале палеозоя) в ряде районов фундамента, например, в западной части Земли Королевы Мод, в горах Амундсена и Сандау (вблизи оазиса Бангера) и, может быть, в еще некоторых редких пунктах прямо на кристаллическом фундаменте (в межгорных впадинах) накапливались горизонтально лежащие осадочные и вулканогенные отложения (пласты песчаников и алевроитов с прослоями конгломератов, переслаивающиеся с сильно измененными базальтовыми лавами), видимая мощность которых ограничена пределами одного километра. Подобные отложения уже относятся к основанию чехла Антарктической платформы, так как они никогда не сминались в складки.

Однако такие древние осадки нехарактерны в целом для чехла Антарктической платформы. Подлинным чехлом последней, имеющим широкое распространение, является верхний структурный ярус, сложенный преимущественно очень слабо измененными осадочными породами среднего и верхнего

палеозоя (отчасти также нижнего мезозоя), переслоенными покровами базальтов и интрузиями диабазов (долеритов) мезозойского возраста. Лучшее всего отложения этого яруса развиты на Земле Виктории и в горах вблизи Южного полюса (горы Королевы Мод), где они были впервые изучены и получили название серии Бикон. Мощность этой серии достигает 3 км.

Серия Бикон сложена самыми разнообразными песчаниками и глинистыми сланцами, пронизанными пластовыми телами долеритов, равномерно насыщающими осадочные слои. В подошве серии обнаружены остатки древнейших на земле среднепалеозойских панцирных рыб, возраст которых более 350 млн. лет, что указывает на развитие в этот период морских бассейнов. В средней части серии залегает горизонт тиллитов мощностью до 300 м, который сложен ледниковыми валунными глинами и моренным материалом. Этот горизонт делит серию Бикон на две части и свидетельствует о наличии древнего оледенения в Антарктиде, бывшего примерно 300 млн. лет назад. Впрочем, в кровле серии Бикон также обнаружены ледниковые и послеледниковые отложения уже среднемезозойского периода (150 млн. лет назад). Таким образом, покровные оледенения не являются неожиданными в геологической истории Антарктиды.

В верхней половине серии обильны пласты каменных углей, заключенных среди слоев углисто-глинистых сланцев. В угленосных пачках часто встречаются остатки древовидных папоротников глосоптерис с большими листьями языковидной формы. К ним присоединяются остатки хвойных деревьев, потомки которых произрастают сейчас в лесах Патагонии. Недаром некоторые палеоботаники называли этот ландшафт на ледяном континенте «антарктической тайгой». Возраст подобной флоры колеблется от 200 до 250 млн. лет.

Возможно, что осадки серии Бикон были распространены значительно шире, чем сейчас, и охватывали не только Транс-антарктические горы, где они наиболее полно представлены. В современных высоко приподнятых глыбовых горах Восточной Антарктиды они могли быть эродированы ледниками, обнажившими сейчас породы кристаллического фундамента. В частности, об этом свидетельствуют реликтовые участки верхнепалеозойских песчаников, обнаруженные в горах Принца Чарльза, которые являются аналогами верхней половины серии Бикон. Кроме того, мы пока не знаем, как широко развиты отложения серии Бикон под ледяным панцирем материка.

Повсеместно осадки серии Бикон лежат почти горизонтально: чаще на складчатых сооружениях среднего структурного яруса и редко — на гнейсах и магматитах кристаллического фундамента. Они являются типично континентальными отложениями, образовавшимися в процессе разрушения горных сооружений нижнего и среднего ярусов платформы, отчего нивелиро-

валась поверхность Антарктиды в те древние времена и превратилась в пенеппен. Богатейшая растительность на поверхности этого пенеппена являлась одной из самых интересных особенностей геологической истории материка.

Впрочем, образованием серии Бикон не заканчивается геологическая история Антарктической платформы. Позднее, когда окраины последней были окаймлены молодыми складчатыми горами, жесткое трехъярусное сооружение платформы подвергалось мощным расколам. По разломам из недр земных поднималась базальтовая магма, образуя типичные покровы. На пересечениях разломов возникали вулканы, которые действуют до настоящего времени. Интересно, что абсолютный возраст лавы одного из древнейших вулканов Антарктиды, на горе Гаусс (в 180 км к западу от Мирного), составляет 9 млн. лет. Подобные разломы, которые геологи относят уже к новейшим тектоническим образованиям, подновлялись до самого последнего времени под влиянием нагрузки ледникового покрова и имели существенное значение при формировании глыбовых гор.

Самой примечательной особенностью геологического строения антарктической платформы является ее удивительное сходство с другими платформами Южного полушария Земли. На всех этих платформах лежит одинаковый чехол континентальных отложений, содержащих глоссоптерисовые флоры и кое-где остатки древних рептилий. Удивительно похожи друг на друга и кристаллические фундаменты этих платформ, отличающиеся широким развитием чарнокитовых пород. Даже периоды омоложения кристаллических фундаментов во всех указанных платформах одинаковы, но лишь в Антарктиде пока не найдены породы с возрастом 2300—2400 млн. лет, что соответствовало наиболее раннему омоложению в начале протерозоя.

Еще в начале нынешнего столетия немецкий ученый А. Вегенер обратил внимание на удивительное совпадение конфигураций таких материков, как Южная Америка и Африка, Австралия и Антарктида. Достаточно было мысленно сблизить указанные материки и добавить к ним Индию, чтобы они составили единое целое. Гипотеза Вегенера и заключалась в том, что некогда существовал единый континент в пределах южного полушария Земли — Гондвана, названный так по имени одной из провинций Индии, геологическое строение которой подобно указанным материкам. Этот континент существовал очень долго (с самых древних эпох) и лишь в первой половине мезозойской эры (около 170—180 млн. лет назад) был расколот и начал распадаться на отдельные глыбы, которые передвигались по подстилающей их базальтовой «постели» — основанию твердой оболочки Земли. Промежутки между этими глыбами — материками заполнил Атлантический океан, дно которого совсем не похоже на типичное океаническое дно, подобное, например, дну Тихого океана, а является областью, где земная кора переходит

от типично океанической к континентальной. Однако позднее ученые указали, что подобное движение материковых глыб противоречит основным физическим законам развития региональных тектонических процессов. Но в настоящее время опять появилось много сторонников гипотезы Вегенера. Остаются лишь неясными способы движения таких гигантских материковых глыб; само же существование Гондваны у большинства ученых почти не вызывает сомнения.

Антарктический складчатый пояс (Антарктанды) обрамляет Антарктическую платформу на ее тихоокеанском побережье и далее через дугу Скотия смыкается со складчатыми сооружениями Анд. Антарктанды охватывают Антарктический полуостров и побережья морей Беллингаузена и Амундсена. В составе Антарктанд выделяются три структурных яруса, разделенных региональными несогласиями: 1) палеозойский-нижнемезозойский складчатый ярус; 2) мезозойский ярус полуплатформенного характера и 3) кайнозойский платформенный ярус, представляющий собой чехол, залегающий на более древних складчатых сооружениях.

Самые древние отложения Антарктического полуострова начали накапливаться, возможно, еще в верхнем протерозое, они значительно позднее (220—240 млн. лет назад) под влиянием регионального метаморфизма превратились в гнейсы, амфиболиты и слюдястые сланцы. Но в значительных масштабах накопление осадочно-терригенных отложений в огромном прогибе (геосинклинали), обрамлявшие Антарктическую платформу, началось в нижнем палеозое и достигло максимума в верхнем. В результате сформировалась толща свыше 10 км мощности типичных геосинклинальных отложений, состоящая из аспидных и глинистых сланцев, песчаников, конгломератов и кварцитов, чередующихся с известняками, мраморами и известковистыми сланцами, несомненно, морского происхождения. В нижнем мезозое, в период когда произошел метаморфизм наиболее древних осадочных отложений Антарктанд, эти толщи на Антарктическом полуострове были превращены в мощные складчатые сооружения. Одновременно складчатые движения затронули краевой прогиб Антарктической платформы (горы Элсуэрта и часть гор Пенсакола, где осадки типа серии Бикон собраны в складки).

Следующий мезозойский структурный ярус — самый загадочный в Антарктандах. Во-первых, неизвестно, на чем он залегаёт (соотношения с более древними толщами не выяснены); во-вторых, он состоит из совершенно различных по генезису формаций: а) континентальной осадочно-вулканогенной толщи (галечно-валунные конгломераты, глинистые сланцы и песчаники переслаиваются лавами и туфами) и б) морской терригенной толщи (песчано-глинистые осадки с обильной фауной аммонитов и пластинчато-жаберных; в) в-третьих, нет



Фото 5. Озеро среди скал на восточной окраине оазиса Бангера.

ясности, как он залегает (в одних случаях слои осадков почти горизонтальны, в других наклонены под углом $30\text{--}35^\circ$). И в довершении своего неясного положения и происхождения формирование мезозойского структурного яруса завершилось внедрением обильных магматических габбро-гранитных массивов (занимающих на Антарктическом полуострове около 25% территории) с возрастом 75—100 млн. лет, совершенно не характерных для платформенных областей и присущих типичным складчатым сооружениям, к которым мезозойский ярус Антарктанд как будто не принадлежит. Вот почему геологическая история Антарктического полуострова до сих пор является неопределенной и вызывает споры среди ученых.

Кайнозойский платформенный ярус венчает формации Антарктанд. В смысле характеристики отложений и условий образования с ним все обстоит благополучно. Это типичные горизонтально лежащие осадочно-вулканогенные отложения мощностью не более 2 км, представляющие собой чехол, нередко залегающий на складчатых сооружениях самых низов мезозоя. В конечный период формирования кайнозойского яруса (около 12—15 млн. лет назад) в пределах Антарктического полуострова росли хвойные и буковые леса, подобные лесам современной Патагонии. В прибрежных морских осадках того же периода находятся раковины моллюска — пектон, для жизнедеятельности которого морская вода должна была быть теплее современ-

менных антарктических вод не менее чем на 10° . Таким образом, можно утверждать, что перед самым оледенением в Антарктиде господствовал вполне умеренный климат, который был теплее современного в среднем на 20° .

Оледенение материка наступило во второй половине кайнозойской эры, около 10 млн. лет назад, а может быть, и еще раньше. Образование ледникового покрова материка, вероятно, началось в связи с общим похолоданием суши в конце третичного периода. Это было связано прежде всего с увеличением объема гор на Земле после завершения самых молодых и достаточно мощных горообразовательных процессов. Ледники стали медленно формироваться на отдельных наиболее переохлажденных участках суши, к числу которых несомненно относился материк у Южного полюса. Окружающие его крупнейшие океаны поставляли в пределы материка много влаги, что усиливало интенсивность образования льдов. В процессе испарения влаги с поверхности сами океаны стали переохлаждаться. Этому способствовал рост ледникового покрова материка. Так, самые крупные в мире океанические массы Южного полушария интенсивно и непрерывно влияли на льдообразование сравнительно небольшого участка суши в их центре, пока этот процесс не достиг равновесия в атмосферном балансе температур.

Таким образом, вполне вероятно, что климат Антарктиды неоднократно менялся в течение ее геологической истории. Поэтому не следует удивляться, если в пределах Антарктиды будут найдены ископаемые остатки субтропической или даже тропической растительности, не говоря уже о лесах умеренного климата. Подобные колебания климата можно объяснить изменениями географического положения материка в связи с миграцией полюсов Земли в различные геологические эпохи. Это установлено с помощью палеомагнитных наблюдений в разных пунктах земного шара.

Итак, «блуждания» полюсов могли обусловить одновременное наличие древних ледниковых отложений в современной экваториальной Африке и субтропических лесов в Антарктиде в далеком прошлом.

Чтобы закончить характеристику роли ледяного панциря Антарктиды в ее новейшей геологической истории, необходимо упомянуть о явлениях изостазии, связанных с нагрузкой огромных масс льда. Обращает на себя внимание, что современный облик поверхности Антарктиды в некотором отношении напоминает неровное гигантское блюдо с поднимающимися краями, в чем Антарктида подобна, например, Гренландии. Наряду с поясами глыбовых гор по окраинам материка, в его центральных частях существуют обширные впадины, которые вначале, вероятно, развивались под влиянием изостатической компенсации поднимающихся глыбовых гор, а затем под воздействием непрерывно возрастающей нагрузки покровного оледенения.

Изучение геологии материка находится еще на самом начальном этапе. И все же уже сейчас мы можем проследить геологическую историю Антарктиды, начиная с самых древних эпох до настоящего времени, а также кратко охарактеризовать важнейшие горные породы и слагаемые ими метаморфические, осадочно-вулканогенные и магматические формации, общая мощность которых приближается к 35 км.

Полезные ископаемые

К настоящему времени в Антарктиде известно не так уж много признаков месторождений полезных ископаемых, да и те практически не исследованы. Такое положение возникло лишь в связи со слабой изученностью геологического строения материка, а главное — его мощным ледниковым покровом, скрывающим от глаз геологов 95% территории.

Данные о полезных ископаемых крайне скупо публикуются в научной литературе и о некоторых важных находках, например об открытии медно-никелевого оруденения в массиве горы Дюфек (сравнительно недалеко от Южного полюса) удалось узнать из устных сообщений. С другой стороны, довольно осторожно надо относиться к сенсационным газетным публикациям, подобным сообщению о находке богатой урановой руды в районе японской станции Сёва на Земле Эндерби.

Уже сейчас в Антарктиде достоверно установлены богатые месторождения каменного угля и разнообразных железных руд, признаки месторождений слюды, графита, горного хрусталя и берилла, рудопроявления золота, урана, титана, молибдена, меди, никеля, свинца, серебра и олова.

Значительный интерес представляют многочисленные каменноугольные пласты, залегающие в верхней половине серии Бикон среди углисто-глинистых сланцев и песчаников, составляющих свиту мощностью около 1000 м. Угольные пласты обнаружены в горах Земли Виктории и Королевы Мод, где они, по-видимому, принадлежат единому бассейну, ориентировочная площадь которого может быть определена в 1 млн. км². К сожалению, большая часть территории закрыта ледяным панцирем. Но несмотря на это, геологи обнаружили более двух десятков пластов угля, имеющих мощность обычно в 1—2 м, а иногда достигающих 10 м. Высокозольные (до 13% золы) антарктические угли аналогичны гондванским углям Австралии.

Огромные слои железистых сланцев (джеспилитов) обнаружены совсем недавно (в 1966 г.) советскими геологами в горах Принца Чарльза, мощность их более 150 м. На Земле Эндерби найдены многочисленные жилы магнетитовых руд и прослой магнетита в метаморфических породах. В районе оазиса Вестфолл постоянно встречаются крупные обломки и

плохо окатанные валуны магнетитовых кварцитов и джеспилитов, рассеянные вдоль побережья на десятки километров, а это характерно для железорудных месторождений. Целый ряд магнитных аномалий обнаружен подо льдом в некоторых пунктах Восточной Антарктиды. Такие сильные аномалии, как, например, в западной части Земли Мак-Робертсона или по пути от Мирного к станции Пионерской, свидетельствуют о возможности наличия железорудных месторождений под ледниковым покровом.

Наиболее существенные признаки месторождений слюды (особенно флогопита) обнаружены советскими геологами на Земле Королевы Мод и Земле Эндерби на участках широкого распространения мраморов. В последних нередко встречаются гнезда флогопита с кристаллами до 10 см величины.

В пегматитовых жилах на Земле Королевы Мод имеются кристаллы горного хрусталя (до 1 м величины), многие из которых достаточно прозрачны, хотя нередко раздавлены. В зональных пегматитовых жилах, кроме того, найдены концентрации кристаллов берилла и включения топаза.

В пластовых телах долеритов в Трансантарктических горах нередко встречается вкрапленность медно-никелевых минералов. А на краю шельфового ледника Фильхнера американские геологи открыли мощную расслоенную интрузию габбро-анортозит-пироксенитовой формации, содержащую обильные медно-никелевые рудопоявления, подобные знаменитому массиву Бушвелд в Южной Африке, который является одним из крупнейших месторождений в мире этих ценных руд.

В Западной Антарктиде известны месторождения железного колчедана с примесью меди и золота (Антарктический полуостров), значительные концентрации свинцово-цинковых руд (Земля Мэри Бэрд), многочисленные находки молибденита и некоторых других ценных минералов.

Небольшое количество находок полезных ископаемых в Антарктиде, конечно, не является следствием бедности материка месторождениями руд и минералов. Не приходится сомневаться, что недра Антарктиды, подобно всем другим континентам Земли, таят множество еще не открытых полезных ископаемых. Правда, в Антарктиде поиски месторождений усложняются наличием мощного ледникового покрова. Но даже в пределах свободных ото льда горных массивов можно ожидать концентрации полезных ископаемых, которые будут рентабельными для освоения, несмотря на тяжелые природные условия. Такой вывод вытекает из анализа геологического строения материка.

В самом деле, Антарктида является одной из областей древнего континента Гондваны. Для гондванских стран характерен специфический комплекс полезных ископаемых, который тоже называется «гондванским». Этот комплекс славится такими ценнейшими рудами, как урановые и ториевые, а также золотом,

алмазами, железом, никелем, медью и др. Достаточно сказать, что в мировой добыче этих полезных ископаемых страны Древней Гондваны играют исключительно большую роль. Поэтому следует высоко ценить потенциальные возможности гондванской Антарктической платформы.

Геологическое строение значительной части Западной Антарктиды и особенно Антарктического полуострова подобно южноамериканским Андам. Поэтому здесь можно предполагать наличие полезных ископаемых андийского типа, к числу которых относятся всемирно известные месторождения оловянных (Боливия), медных (Чили) и других ценных руд.

Некоторые американские геологи высказывают предположение о наличии нефти в Антарктиде, особенно в пределах впадины между морями Росса и Уэдделла. Непосредственные признаки нефтеносности в Антарктиде пока не обнаружены, и высказанное предположение базируется лишь на геологических аналогиях, в частности на аналогии с геологическим строением крупного нефтеносного бассейна в Венесуэле. Другие американские геологи обращают внимание на крупнейшие угленосные залежи в Антарктиде, считая, что, может быть, в ее недрах заключено 7—8% мировых запасов угля.

Конечно, в ближайшие годы Антарктида не может стать новым горнорудным регионом мира. Этому препятствуют ее природные условия и отдаленность от других континентов. Однако если учесть ежегодное уменьшение запасов важнейших минеральных ресурсов во многих странах мира, то можно предполагать, что пройдет всего несколько десятилетий и люди серьезно задумаются об освоении полезных ископаемых ледяного континента. В век атомной энергии лед и расстояние не могут являться непреодолимым препятствием для освоения даже такого сурового материка, каким является Антарктида. Поэтому полезные ископаемые Антарктиды должны изучаться так же, как на других материках.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Ледяной континент является исключительно интересным объектом для исследований, так как его природные условия не похожи на другие континенты Земли. Поэтому в Антарктиде можно получить такие научные материалы, которые могут явиться отправными для открытия новых закономерностей в строении и формировании природных элементов земного шара.

Научным исследованиям способствует договор о мирном использовании материка, подписанный в Вашингтоне 2 декабря 1959 г. Представители 12 стран — участниц исследования Антарктики: СССР, США, Англия, Франция, Япония, Норвегия, Бельгия, Австралия, Новая Зеландия, Аргентина, Чили и Южно-Африканская Республика объявили Антарктиду первой на Земле зоной Мира. По всей территории континента можно свободно передвигаться и вести любые научные исследования. Запрещены только атомные взрывы любого назначения. Признано крайне желательным научное содружество ученых разных стран, обмен специалистами, а также любой научной информацией. К этому договору может присоединиться любая другая страна, которая пожелает вести исследования в Антарктике.

Можно надеяться, что объединенными усилиями ученых 12 стран тайны ледяного континента будут раскрыты в самые ближайшие десятилетия, а это, в свою очередь, послужит обогащению мировой науки о Земле. В научных исследованиях большое значение, несомненно, принадлежит горам Антарктиды.

Оглавление

	Стр.
Глава I. История исследования гор	3
Первое знакомство	3
Изучение продолжается	5
Исследования по единой программе	16
Глава II. Рельеф	24
Ледяной рельеф	24
Горные системы Антарктиды	26
Типы коренного рельефа	28
Климат и жизнь в горах	36
Каменные оазисы в ледяной пустыне и прибрежные острова	39
Антарктические пейзажи	46
Глава III. Недра Антарктиды	50
Геологическое строение	50
Полезные ископаемые	60
Заключение	63

РАВИЧ Михаил Григорьевич

ГОРЫ ЛЕДЯНОГО КОНТИНЕНТА

Редактор Н. Косаковская

Художник Н. Левент

Худож. редактор Т. Добровольнова

Техн. редактор Л. Дороднова

Корректор В. Гуляева

А 02834. Сдано в набор 20/II 1968 г. Подписано к печати 13/III 1968 г.
Формат бумаги 60×90/16. Бумага типографская № 1. Бум. л. 2,0.
Печ. л. 4,0. Уч.-изд. л. 4,24. Тираж 22 700 экз. Издательство «Знание».
Москва, Центр, Новая пл., д. 3/4. Заказ 623. Типография изд-ва
«Знание». Москва, Центр, Новая пл., д. 3/4.
Цена 12 коп.

12 коп.



Индекс
70076

Издательство «Знание».

Москва 1968