



СТРУКТУРА земной коры АРКТИКИ

Ю. М. Пущаровский

Доктор геолого-минералогических наук
Геологический институт АН СССР (Москва)

Каково строение земной коры в Арктике? Этот вопрос ставился геологами еще много десятилетий тому назад, но сколько-нибудь полные данные получены лишь сравнительно недавно. Огромного труда и отваги требует от исследователей суровая полярная природа. Научные факты добываются здесь энтузиастами — людьми, вписавшими много славных страниц в изучение наиболее труднодоступных районов нашей планеты.

В пределы Советского Союза входит почти половина арктических пространств. Советскими исследователями достигнуты и наиболее значительные результаты в геологическом изучении Севера. Большая роль в этом отношении принадлежит сотрудникам Института геологии Арктики, в котором недавно была составлена обзорная геологическая карта Советской Арктики, обобщившая огромный фактический материал.

Интересные работы по геологическому исследованию различных районов Арктики выполнены учеными Финляндии, Швеции и Норвегии. Геологическое строение Гренландии, Канады и Аляски освещено в литературе менее полно, но за последние десять лет и по этим территориям публикуются интересные и важные материалы.

Для понимания структуры земной коры в Арктике большое значение имеют данные о рельефе дна ее морских и океанических пространств. Одним из важнейших достижений в этой области явилось открытие советскими исследователями огромного подводного хребта Ломоносова, протягивающегося от района Новосибирских островов, через район Северного полюса, к островам Канадского арктического архипелага.

РАЗЛИЧНЫЕ ВЗГЛЯДЫ

О структуре земной коры в арктической части нашей планеты виднейшими геологами различных стран высказано много гипотез. Один из классиков геологии австрийский ученый Э. Зюсс предполагал, что складчатые структуры Верхоянской горной страны погружаются под воды Северного Ледовитого океана и проходят под ними к берегам Земли Гранта (север Канадского арктического архипелага). Крупнейший французский геолог Г. Э. Ог считал, что Северный Ледовитый океан — это древнейшая, как бы извечно существовавшая впадина в земной коре.

Известный немецкий геолог А. Вегенер и его последователи утверждали, что образование глубоководных впадин Полярного бассейна произошло в результате разрушения ранее единого континента и последующего дрейфа его частей от полюса к югу.

В более поздний период появились идеи о том, что структура земной коры, скрытой под водами Северного Ледовитого океана, до относительно недавнего геологического времени была сходна с той, которую мы наблюдаем в настоящее время на континентах, но впоследствии произошло опускание этой области и образование здесь океанических впадин.

Наиболее ярко такая концепция была развита советским ученым акад. Н. С. Шатским в 1935 г., и в советской литературе она имеет наибольшее распространение.

ЧТО ПОКАЗАНО НА НОВОЙ КАРТЕ?

Сотрудники Геологического института Академии наук СССР изобразили структуру Арктики на большой тектонической карте.

Как известно, строение земной коры очень неоднородно. Одни ее части представляют собой так называемые платформенные области, обычно равнинные, где пласты горных пород залегают горизонтально или с очень небольшими наклонами. Другие зоны, обычно горные, отличаются от платформ составом слагающих их пород и характеризуются резкими углами падения слоев. Их называют складчатыми зонами. Это две основные категории тектонических структур континентов, каждая из которых состоит из более мелких. На общих тектонических картах

и отображаются прежде всего именно эти особенности строения земной коры.

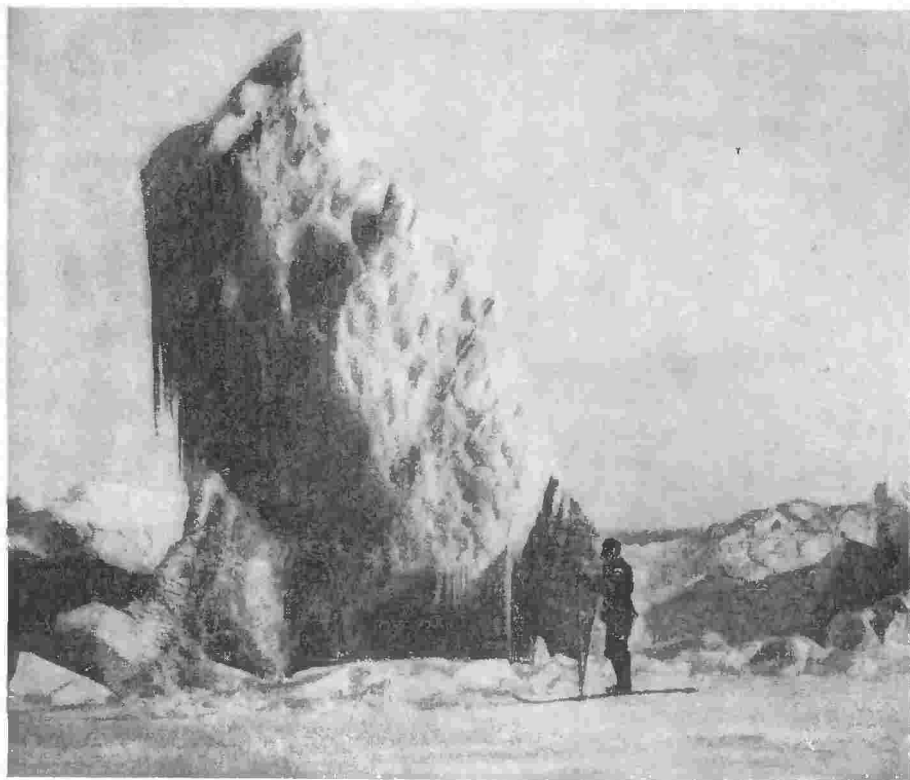
Карта Арктики составлена в масштабе 1 : 7 000 000 в полярной картографической проекции (Северный полюс находится в центре). Такая проекция, при достаточно большой детальности изображения крупной части земной поверхности, позволяет увидеть некоторые новые тектонические связи и закономерности. Как же изобразить главнейшие особенности строения обширной области земного шара? При составлении карты Арктики были использованы те же основные принципы, что и на широко известной тектонической карте СССР, изданной в 1956 г. и удостоенной Ленинской премии в 1958 г. Поясним их вкратце.

Все участки суши проходили стадию складчатого развития, но образовывались такие складчатые структуры в разное геологическое время. Одни из них сравнительно молодые, другие, наоборот, очень древние. Поэтому участки земной коры различаются



Советская Арктика. Морской берег у входа в бухту Провидения (полуостров Чукотский)

Фотохроника ТАСС



Айсберг близ Земли
Франца-Иосифа
Фотохроника ТАСС

по относительному возрасту складчатости. Уточним, что и платформенные области ранее также испытывали складчатость, о чем свидетельствует изучение структур их основания — фундамента. Разделение земной коры на участки, отличающиеся возрастом складчатости, и составляет основу упомянутых принципов. Такой методикой, разработанной советскими тектонистами, в настоящее время широко пользуются геологи.

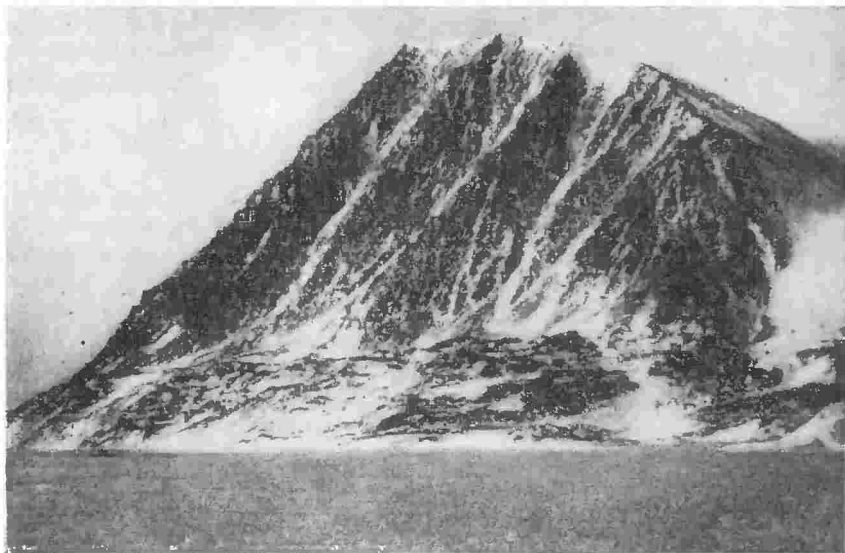
Области с тем или иным возрастом складчатости показаны на карте Арктики различными цветами. Они очень резко отделяются друг от друга. Наиболее древние складчатости запечатлены в выступах фундамента на платформах — Русской, Сибирской, Северо-Американской. Однако этот складчатый фундамент лишь в некоторых местах выходит на поверхность. Чаще же древние смятые в складки породы фундамента перекрыты толщами слабо нарушенных пород, образующих так называемую покрывку или чехол. Все перечисленные платформы относятся к областям древнейших дорифейских складчатостей, имеющих возраст более миллиарда лет. Значительно моложе байкальская складчатость, выделяющаяся на севере Русской

платформы, ее возраст около 500 млн. лет. Далее следуют каледонская, герцинская, мезозойская и кайнозойская складчатости. Последняя в районе Тихого океана называется камчатской, развитие ее продолжается и в настоящее время.

Складчатые зоны развивались длительно и сложно. Здесь можно выделить ранние, средние и поздние стадии развития. Каждой из таких стадий отвечает определенный комплекс горных пород. Накладываясь один на другой, они образуют так называемые структурные ярусы в складчатых зонах. Геологи выделяют нижний, средний и верхний структурные ярусы, которые наглядно иллюстрируют главные черты не только строения, но и развития той или иной складчатой зоны. На тектонической карте структурные ярусы складчатых зон показаны оттенками соответствующих цветов.

Важная роль в структуре земной коры принадлежит разломам, по которым происходило или происходит движение отдельных ее участков-блоков один относительно другого. Некоторые из этих разломов показаны на карте красными линиями.

В области мезозойской и кайнозойской



Советская Арктика. Северная Земля

Фотохроника ТАСС

складчатости показаны массивы гранитов, расположение которых подчеркивает крупные структурные элементы этих областей.

ПЛАТФОРМЫ И СКЛАДЧАТЫЕ ЗОНЫ АРКТИКИ

Огромные площади принадлежат в Арктической области (до 60° с. ш.) древним платформам. Здесь расположен величайший Канадский щит, а также значительная часть Русской и больше половины Сибирской платформы. Древние платформы занимают, по-видимому, обширные пространства и под водами Полярного бассейна. Одна из таких подводных платформ — Гиперборейская — расположена, по нашим представлениям, в восточном секторе Северного Ледовитого океана. Существование этой платформы к северу от Аляски доказывается присутствием на мысе Барроу, на глубине 720 м, древних кристаллических пород, т. е. ее фундамента. В Азии

Гиперборейская платформа выступает на островах архипелага Де-Лонга. Западная окраина платформы определяется положением полосы резко расчлененного рельефа дна, проходящей через центральную часть океана и разделяющей его на две глубоководные впадины.

Другая платформенная структура располагается, как можно думать, под водами Баренцева моря и, возможно, достигает района архипелага Северной Земли. Древний кристаллический фундамент этой платформы, перекрытый местами осадочными породами, выступает на северо-востоке Шпицбергена, а также на о-ве Белом. Аналогичной структурой, очевидно, обладают о-в Виктория, архипелаг Земли Франца-Иосифа и о-ва Визе и Ушакова, где известен только чехол платформы. Таким образом, в Арктическом секторе земного шара наблюдается сосредоточение древних платформ.



На дрейфующей научной станции Северный Полюс-3. Вода подступает к жилым палаткам

Фото Е. Яцуна (ТАСС)

Что касается складчатых областей, то на карте видно, как в направлении от Атлантического океана к Тихому возраст их становится все моложе. Возникает вопрос, не отражает ли этот факт не подмеченную еще учеными особенность эволюции земной коры в Арктическом районе нашей планеты? Мы уверены, что дальнейший анализ данного явления вскроет новые и существенные закономерности в теории развития Земли. Типичные складчатые зоны в общем не распространяются севернее 84° с. ш. Поскольку обычно складчатые пояса располагаются по периферии древних платформ, такая закономерность, при наличии других фактов, подтверждает присутствие древних платформ в Северном Ледовитом океане.

В РАЙОНЕ ПОЛЮСА

Как оказалось, полосе океанического дна, разделяющей обе подводные арктические платформы, свойственны резкие колебания глубин. В смежных областях океана таких контрастов в рельефе дна не наблюдается, что наводит на мысль о различном строении этой зоны и смежных участков. Столь же резки отличия и по геофизическим данным. Но как же выяснить тектоническую природу этой зоны? Возможность для этого открывает сравнение геологического строения Северной Азии и Канадского арктического архипелага, так как непосредственных данных о составе горных пород подводных структур (в том числе хребта Ломоносова) мы не имеем. Выясняется чрезвычайно большое сходство в строении северной группы островов Канадского архипелага и Северо-Востока Азии, а также частично и Таймырского полуострова. В особенности это касается



На дрейфующей научной станции Северный полюс-4. Торосы вблизи лагеря
Фото И. Соловьева (ТАСС)

палеозойских отложений, которые образовались 500—200 млн. лет тому назад. В палеозойскую эру геологическая история этих участков земной коры была очень сходной. Есть поэтому основания считать, что полоса контрастных глубин центральной части Полярного бассейна обладала в палеозое принципиально сходным строением с теми областями суши, которые ныне находятся на ее окончаниях. Длина этой полосы свыше 1400 км, а ширина в два раза меньше. Она протягивается примерно в меридиональном направлении. Однако у о-вов Канадского архипелага ее структуры поворачивают и гармонично увязываются с простираниями тектонических зон самого архипелага, что еще более подчеркивает родственность этих тектонических образований. Очень интересно, что и для более позднего, мезозойского времени находится целый ряд общих признаков в геологическом развитии интересующих нас областей. Все изложенное с большой определенностью указывает, что в прошлом существовали прямые геологические связи между Канадским арктическим архипелагом и Северной Азией.

Может возникнуть вопрос, почему же в таком случае Верхояно-Чукотская область и северная группа островов Канадского архипелага закрашены на карте разными красками? Дело в том, что в первой из этих областей чрезвычайно мощно проявилась мезозойская складчатость, в то время как в Канадском архипелаге она захватила лишь очень ограниченное пространство. На значительной территории выходят здесь более древние складчатые породы — палеозойские, что дает основание трактовать возраст складчатости в этой области скорее как герцинский. Однако надо сказать, что это весьма необычные герциниды и этот термин применяется в данном случае лишь условно. Геология канадского архипелага резко отличается от типичных складчатых зон, где много пород вулканического происхождения и деформации земной коры более сложные. То же относится и к палеозойским отложениям Северо-Восточной Азии, родственными канадским. В обоих случаях мы по существу встречаемся с особым геологическим типом развития земной коры,

который не похож ни на платформенный, ни на геосинклинальный (т. е. такой, в результате которого образуются складчатые зоны типичного характера). Интересно, что такие тектонические области образовывались в палеозойскую эру там, где древние платформы сближены между собой. Тем самым дается естественное объяснение структурного положения таких своеобразных областей.

Области складчатости одинакового возраста могут носить различный характер. Это относится, например, к мезозоидам Северной Америки и Северо-Восточной Азии. Для исследователей, работающих в области теории развития земной коры, такие случаи имеют огромное значение. В североамериканских мезозоидах, расположенных в Кордильерах, широко распространены горные породы вулканического происхождения, образовавшиеся в течение огромного промежутка времени в палеозойскую и мезозойскую эры. Этот тип мезозоид на карте выделен особой штриховкой и назван невадийским. Он широко развит по перифе-



Летние разводья в районе дрейфа научной станции Северный полюс - 3

Фото Е. Якуна (ТАСС)

ОБЛАСТИ ДОРИФЕЙСКОЙ СКЛАДЧАТОСТИ ДРЕВНИХ ПЛАТФОРМ

Платформенный чехол		Выступы складчатого основания древних платформ
		Мощность до 2000 м
		Мощность более 2000 м
		Без разделения по мощностям (преимущественно рифей и нижний палеозой)
		Средне- и верхнепалеозойский, местами триасовый
		Мезозойский (в Гренландии частично на эпикаледонской платформе)
		Предположительные границы древних платформ в акваториях

ОБЛАСТИ БАЙКАЛЬСКОЙ СКЛАДЧАТОСТИ

	Докембрийские складчатые комплексы
	Платформенный чехол эпирифейских платформ

ОБЛАСТИ КАЛЕДОНСКОЙ СКЛАДЧАТОСТИ

	Выступы дорифейского складчатого основания и нижний структурный ярус (рифей, местами кембрий)
	Средний структурный ярус (О-S)
	Верхний структурный ярус, внутренние впадины (D-C)
	Зоны затухания каледонид
	Предполагаемые границы каледонид в акваториях

ОБЛАСТИ ГЕРЦИНСКОЙ СКЛАДЧАТОСТИ

Верхний структурный ярус		Выступы складчатого основания
		Нижний и средний структурный ярусы (рифей-палеозой)
		Внутренние впадины
Зоны затухания герцинид и сходные с ними образования		Краевые прогибы
		Нижний и средний структурные ярусы (рифей-палеозой)
Платформенный чехол на эпипалеозойских платформах		Верхний структурный ярус (P-T ₁)
		Мощность до 3000 м
		Мощность более 3000 м
		Чехол без разделения по мощностям
		Предполагаемые границы герцинид в акваториях

ОБЛАСТИ МЕЗОЗОЙСКОЙ СКЛАДЧАТОСТИ

Выступы основания		Сложенные складчатыми породами докембрия, а на Аляске и в западной Канаде и рифей
		То же с платформенным чехлом палеозоя, местами также рифей
Нижний структурный ярус		Сложенные складчатыми, но не геосинклинальными породами нижнего и среднего палеозоя, а местами и рифей
		Нижний подъярус (C ₃ -T ₁)
		Средний и верхний подъярусы (T ₂ -J ₂)
Верхний структурный ярус		Невадийский тип развития в мезозондах
		Внутренние впадины (J ₃ -Cr; местами Tr)
		Краевые прогибы (J ₃ -Cr)
		Внутренние кайнозойские впадины

ОБЛАСТИ КАМЧАТСКОЙ СКЛАДЧАТОСТИ

	Выступы докембрийского и палеозойского складчатого основания и нижний структурный ярус (Pz ₂ -Cr)
	Средний структурный ярус (Cr ₂ -Pg)
	Верхний структурный ярус (N-Q)
	Вулканогенный комплекс окраинного пояса кайнозойской складчатости
	Мезозойские и кайнозойские гранитоиды, связанные с областями мезозойской и кайнозойской складчатостей
	Области крупных опусканий (глубоководные впадины)

ДРУГИЕ ЗНАКИ

	Контуры крупных тектонических структур
	Некоторые разломы
	Соляные купола
	Вулканы действующие
	Вулканы потухшие

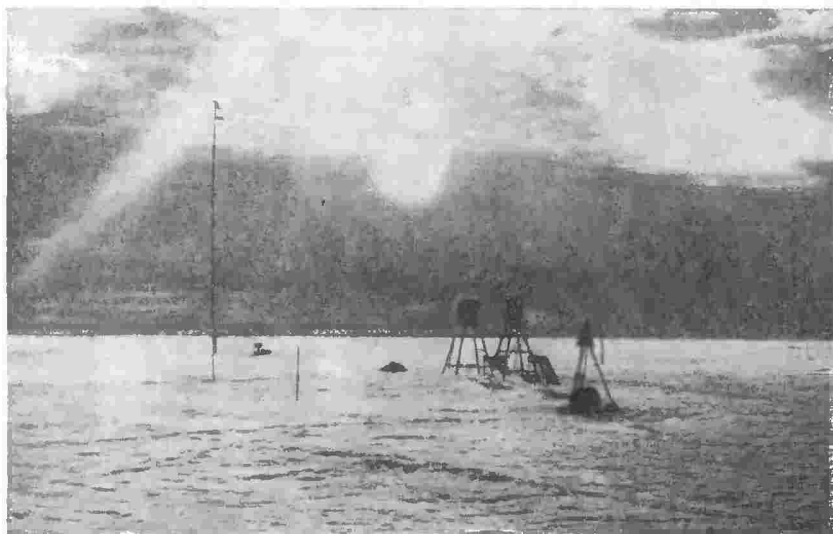
рии Тихого океана, протягивается через южную часть Аляски в Корякско-Камчатскую зону и далее на территорию Японии, располагаясь в основании областей самой молодой кайнозойской складчатости. Противопоставляется ему так называемый колымский тип строения мезозойд.

КОГДА ВОЗНИК СЕВЕРНЫЙ ЛЕДОВИТЫЙ ОКЕАН?

Общий анализ строения земной коры в Арктике помогает выяснить происхождение ее океанических глубин. Впадины Северного Ледовитого океана в настоящее время имеют типично океанический характер (глубины превышают 3000—4000 м). Геофизические свойства земной коры в этих впадинах в сущности такие же, как и в Тихом океане. Вместе с тем, на значительном протяжении геологического времени в районе Северного Ледовитого океана, как уже говорилось, существовали платформы и иные геологические образования, сходные с теми, которые сейчас можно видеть на континентах. Очевидно, Северный Ледовитый океан представляет собой относительно недавнее, молодое образование, возникшее на структурах материкового типа и в этом смысле вторичное. Подобных случаев «океанизации» частей материков в настоящее время становится известно науке все больше и больше. Глубины Черного, Каспийского, Средиземного, Японского морей, Мексиканского залива и ряд других возникли таким же образом.

ХРЕБЕТ ЛОМОНОСОВА

Необычайно резкий рельеф имеет подводный хребет Ломоносова, вытянутый в линейном направлении с высотами над ложем океана 2500—3000 м. Рельеф его сильно расчленен подобно молодым горным зонам на суше, образовался хребет, очевидно, также на структурах материкового типа.



Метеоплощадка дрейфующей научно-исследовательской станции Северный полюс - 6

Фотохроника ТАСС

Когда же произошло погружение хребта Ломоносова под уровень моря и «океанизация» области Полярного бассейна? По этому поводу высказываются разные гипотезы. С нашей точки зрения, образование глубоких впадин Северного Ледовитого океана началось во вторую половину мезозойской эры — примерно 130 млн. лет тому назад. В это время на огромных территориях Северо-Восточной Азии и на западе Северной Америки происходили грандиозные тектонические процессы. В частности, образовывались необычайно крупные и притом разнотипные внутриконтинентальные впадины. Можно предположить, что в связи с упомянутыми процессами находится и формирование глубоководных впадин Полярного бассейна. Механизм подобного превращения еще не ясен, но можно допустить, что образование впадин в океане связано с большими разломами земной коры. Это подтверждается присутствием в рельефе дна Северного Ледовитого океана линейно вытянутых зон, с резкими контрастами глубин одних участков океана по отношению к другим.

Дальнейшие исследования рельефа океанического дна, а также геофизические наблюдения будут все больше приближать нас к пониманию интереснейших научных проблем, которые ставит перед учеными геология Арктики.