

**RELIEF-FORMING ACTIVITY
OF THE ROSS
AND MCMURDO SHELF GLACIERS, THE ANTARCTIC**

S. M. MYAGKOV

Summary

The author describes the mechanism of exaration (glacial erosion) at the sea floor by shelf glaciers, the latter differing in mass budget (Ross glacier freezes and melts at its base, McMurdo glacier actively freezes at the base). The exaration rate is calculated to be not less than 1 cm per year at loose sediments and 1,0 to 1,5 mm per year at rock floor. Typical features of exaration topography are stated, which has been formed by shelf glaciers and emerged due to tectonic uplift of the Transantarctic Mountains (sub-horizontal exaration terraces, crossing flatbottomed valleys, now situated above mountain glaciers' surface). A classification is developed of loose deposits formed by shelf glaciers.

УДК 551.462.32(268.6)

Н. Г. ПАТЫК-КАРА, Л. Н. МОРОЗОВА, В. Ю. БИРЮКОВ,
В. Н. НОВИКОВ

**НОВЫЕ ДАННЫЕ ПО СТРУКТУРНО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКОМУ
СТРОЕНИЮ ПРИМОРСКИХ РАВНИН И ШЕЛЬФА
ВОСТОЧНО-АРКТИЧЕСКИХ МОРЕЙ СССР**

Согласно современным взглядам, шельфовые равнины Восточно-Арктических морей СССР, смыкающиеся с обширными приморскими равнинами Северо-Востока, представляют эпимезозойскую платформу, перекрытую мощным чехлом осадков, формирование которых началось, по-видимому, в конце меловой эпохи (Гапоненко, 1973). Структуры чехла в значительной мере формировались под влиянием блоково-глыбовых движений; значительная часть их, согласно геофизическим данным, унаследована по отношению к структурам фундамента (например, Южно-Чукотский прогиб и Врангелевское поднятие на шельфе Чукотского моря), другие же не имеют полных аналогов в структуре складчатого основания.

Анализ рельефа приморских равнин в сопоставлении с геофизическими данными свидетельствует о том, что большинство структур, заложившихся в позднеорогенный этап развития мезозой и наложенных структур посторогенного этапа находят прямое или косвенное отражение в рельефе равнин, свидетельствуя таким образом о высокой степени унаследованности основных тенденций развития наложенных впадин. Как показывает структурно-геоморфологический анализ, наиболее четко трассируются зоны разрывных нарушений, ограничивающие блоки с различной тенденцией развития, а также локальные сводовые и купольные структуры, обусловленные унаследованным дифференцированным воздыманием частично или полностью захороненных под рыхлым чехлом интрузивных массивов мелового возраста.

Каждому типу структур свойственны определенные формы проявления в поверхностном рельефе в виде характерных геоморфологических аномалий в распространении аккумулятивного, эрозионного и криогенного рельефа. Значительная часть этих аномалий, расположенных вблизи береговой зоны, прослеживается и в пределы шельфа. При

современном уровне изученности шельфа восточной Арктики геоморфологическое картирование представляет важнейший метод его познания (Ласточкин, 1978). Генетическая интерпретация общей картины рельефа шельфа, полученной на основе промерных данных с привлечением материалов по геологии, тектоники и геоморфологии прилегающей суши, позволяет выделить в его пределах закономерные сочетания различных типов разновозрастного реликтового субаэрального и морского рельефа. Как тот, так и другой образуют единый ряд с рельефом прилегающих приморских равнин. На шельфе морей Лаптевых, Восточно-Сибирского и Чукотского, относящихся к шельфам трансгрессивного типа (Леонтьев, 1968), наряду с погруженными под ур. моря субгоризонтальными аккумулятивными равнинами, сформированными в ходе развития последнедниковой трансгрессии, сохранились участки вторично расчлененных, относительно приподнятых наклонных волнистых равнин субаэрального аллювиально-озерного, пролювиального и ледникового происхождения. Характерную особенность рельефа шельфа составляют также реликтовые измененные абразией денудационные равнины, островные и частично затопленные низкогорные массивы и возвышенности. Именно такой комплекс типов рельефа свойствен и обширным приморским равнинам, опоясывающим область восточно-арктического шельфа на суше, где наряду с субаэральными геоморфологическими комплексами (озерно-аллювиальные равнины, переработанные термокарстом, реликты береговых линий или аккумулятивных равнин лагунно-дельтового генезиса) сохранился рельеф, созданный в ходе четвертичных трансгрессий.

В настоящее время не только удастся проследить единство крупных долинных систем, продолжающихся с суши, восстановить положение затопленных водоразделов, границ древних бассейнов аккумуляции, но и провести районирование шельфа с учетом развития определенных типов рельефа. Наиболее четко картируются поверхности, затопленные морем в ходе последнедниковой трансгрессии и вовлеченные в переработку при стабилизации уровня на отметках —50, —42÷—44, —33÷—40, —30÷—35, —25÷—27, —18÷—22, —15 м. Верхней границей этих поверхностей в каждом случае служат древние береговые линии, восстанавливаемые по реликтовым комплексам абразионных и аккумулятивных береговых форм. В пределах этих поверхностей довольно четко просвечивают, а на отдельных участках выделяются как самостоятельный тип рельефа, фрагменты субаэрального рельефа — участки озерно-аллювиальных, ледниковых, денудационных равнин, лишь незначительно измененных в ходе трансгрессии.

В затопленных речных долинах Яны, Колымы, Оленека, Лены, Хатанги-Анабара обнаружен хорошо выраженный ряд террас, откартированы участки развития внутренних дельт, образование которых связано со стабилизацией ур. моря (Creager, McManus, 1965; Holmes, Creager, 1974).

Следует подчеркнуть, что, несмотря на выравнивающую роль абразионно-аккумулятивной деятельности моря, структурный план в рельефе шельфа «просвечивает» достаточно ясно. На участках шельфа, представляющих блоки относительного опускания, в рельефе прослеживаются наиболее крупные, региональные черты структурного плана (по изгибам и сгущению изобат, реликтам затопленных долин и пр.). Участки относительно воздымающихся блоков характеризуются среди прочих признаков более резкой прорисовкой структур, которые подчеркиваются не только лучшей сохранностью и препарировкой форм субаэрального генезиса, но и более сложным пространственным размещением различных типов древнего берегового и донного рельефа.

Особенности рельефа приморских равнин и шельфа Восточно-Арктических морей позволяют рассматривать их как единую структурную

область с общими тенденциями истории их геотектонического и геоморфологического развития (Ляцкий, 1974). В строении этой области удастся проследить две группы структурных элементов, активно проявляющихся в рельефе и строении рыхлого чехла: 1) структуры, простирающиеся в область периконтинентальных (шельфовых) прогибов из прилегающих складчато- и сводово-глыбовых областей («собственно материковые структуры»); 2) структуры, непосредственно связанные с заложением и развитием наложенных впадин континентальной окраины («собственно шельфовые структуры»).

Среди морфоструктур материкового ряда в пределах восточно-арктического шельфа и примыкающих приморских равнин особенно четко выражены структурные элементы, связанные с поздне- и посторогенными этапами развития мезозой и синхронной им активизацией прилегающих щитов и древних платформ. Согласно геофизическим данным и современным представлениям о тектоническом строении приморских и шельфовых впадин (Виноградов и др., 1974), эти структуры четко трассируются под чехлом осадков и находят свое отражение в особенностях распределения его мощностей. Среди линейных структур, продолжающихся в область наложенных приморских и шельфовых впадин, наиболее отчетливо выражены зоны структурных швов и секущих разломов длительного заложения. Таковы Западно-Верхоянский, Центральноворхоянский, Куйгинский, Юкагирский и прочие разломы, прослеживающиеся на шельфе моря Лаптевых. На шельф Восточно-Сибирского моря продолжают Хромский, Берелехский, Малоанюйский, Ярканский, Ковоаамский, Аттыквеемский и другие разломы. Аналогичная картина характерна и для шельфа Чукотского моря.

Среди унаследованно развивающихся морфоструктур материкового типа на шельфе и прилегающих равнинах выделяются: а) крупные сводовые поднятия (о. Врангеля, банки Геральда, Новосибирское, Ляховское, Хаарстанское, Улахан-Сисское), по своему рангу соответствующие аналогичным сводам горного обрамления; б) позднеорогенные прогибы (Анюйский, Раучуанский, Ванкаremo-Колючинский). Крупнейшую материковую структуру первого порядка представляет также поднятие Чохчуро-Чокурдахского вала — Новосибирских островов.

Наряду с указанными морфоструктурными элементами, которыми определяется значительная неоднородность шельфовых и приморских равнин, в рельефе последних выражена также группа структурных элементов, не имеющих аналогов в предшествующих этапах развития данной территории. Среди них важнейшей является выраженная в виде четких линеаментов система циркумполярных дугообразных разломов, простирающихся по внешнему и внутреннему обрамлению впадин не согласно по отношению к структурам, описанным выше. Протяженность отдельных разломов достигает нескольких сотен — полутора тысяч км. Сложная виргация разломов придает системе нарушений чечевицеобразное строение, в результате чего ширина зоны в целом меняется от 50—70 до 200 км и более (рис. 1).

Система этих нарушений либо располагается в пределах суши, ограничивая собственно периконтинентальную впадину от внутриконтинентальных депрессий (Яно-Индибирская низменность), либо смещена в сторону шельфа (Чукотский сектор), свидетельствуя об активном расширении шельфового прогиба на последних этапах истории его развития. На отдельных отрезках ось циркумполярной системы разломов совпадает с положением современной береговой линии.

По мере продвижения в область шельфа контрастность разломов циркумполярной системы ослабевает, однако они сохраняют главенствующую роль в качестве границ морфоструктур, выделяющихся в рельефе дна. Именно этими разломами ограничены центральная впа-

дина Восточно-Сибирского шельфа и Чукотская впадина, имеющие характерную лопастную форму за счет сочленения отдельных сегментов нескольких дугообразных разломов с поперечными структурами (рис. 2). Системой субширотных нарушений ограничены и более мелкие морфоструктуры, в частности линейные прогибы проливов Дмитрия Лаптева, Санникова и др. Этим же структурам принадлежит центральное место и в крупных субширотных поднятиях Новосибирских островов и о. Врангеля — банки Геральда (рис. 1). Отрывочные данные по рельефу внешнего края шельфа позволяют с известной степенью

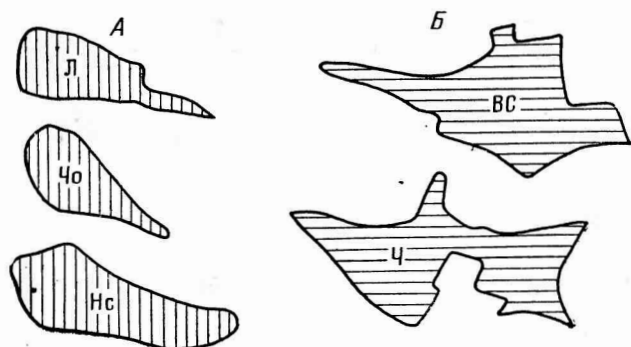


Рис. 2. Характерная конфигурация продольных поднятий (А) и впадин (Б) в рельефе шельфовых прогибов

Л — Ляховское, Чо — Чокурдахское, НС — Новосибирское поднятия; ВС — Восточно-Сибирская, Ч — Чукотская впадины

достоверности полагать, что здесь контрастность циркумполярных элементов морфоструктуры снова возрастает. Приведенная на рис. 2 характерная конфигурация продольных поднятий и впадин на шельфе позволяет сделать также выводы о динамике этих структур на последнем этапе их развития. Более «массивные» очертания поднятий по сравнению с лопастными контурами впадин, соединяющихся узкими прогибами-перемычками, свидетельствуют об относительном росте и расширении продольных поднятий и происходящем сокращении площадей прогибов. Особенно отчетлива эта картина в Восточно-Сибирском секторе шельфа.

В этой связи важно подчеркнуть, что система структур с субширотными ограничениями устанавливается по геофизическим данным и в строении рыхлого чехла (Виноградов и др., 1974; Полькин, 1975). Так, например, в осадочном чехле Восточно-Сибирского шельфа фиксируется субширотная Новосибирская впадина (синеклиза), осложненная срединным мегавалом того же простираения. Важнейшими элементами структуры Чукотского бассейна, по данным геофизики, также являются три зоны субширотного простираения — два прогиба, разделенные центральным поднятием о. Врангеля — банки Геральда.

В Чукотском секторе циркумполярная система линеаментов делится на две самостоятельные ветви, из которых северная, собственно широтная, фиксирует поднятие Врангеля-Геральда, а другая, отворачивающаяся на юго-восток, ограничивает Чукотскую впадину от горных сооружений Чукотского мегасвода и поднятия п-ова Сьюард. Продолжение северной субширотной ветви хорошо читается в рельефе арктических предгорий Аляски. Здесь ее выражением является крупный дугообразный уступ, отделяющий прибрежную аккумулятивную равнину, занимающую окраину эпигерцинской плиты, от денудационно-эрозионного уровня Лисберн-Коюкук, имеющего, по данным А. А. Наймарка (1977), неогеновый возраст и выработанного в слабодислоцированных породах мелового предгорного прогиба Колвилл.

Характерный элемент циркумполярной системы дугообразных разломов, развитой по материковому ограничению шельфовых прогибов, составляют также поперечные валообразные поднятия, приуроченные к центральным частям описанных выше чечевицеобразных расширений (рис. 1). Таковы (с запада на восток) Омолойская, Берелехская, Чукотья, Айонская, Лонговская, Колючинская поперечные структуры, размещение которых подчеркивает ритмичность строения системы в пределах единой структурной области, составляя для области погружения структур Яно-Колымской ветви около 500 км, а в Чукотской складчатой области — 335—350 км. На арктическом побережье Аляски, как следует из карты Т. Пэйна, приводимой Б. Х. Егизаровым (1969), такими секущими элементами являются поднятия Тигара, включающее массив мыса Лисберн, и поднятие Бэрроу-Мид, пересекающее арктическую прибрежную аккумулятивную равнину междуречья рек Мид и Икпиклук и уходящее в область прилегающего шельфа. Расстояние между обоими поперечными поднятиями составляет около 350 км.

Перечисленные поперечные структуры имеют преобладающее северо-северо-восточное простирание. В Колымском сегменте намечается поперечное поднятие, образующее меридиональную зону, ограничивающую с востока центральную впадину Восточно-Сибирского шельфа.

Анализ строения системы циркумполярных ограничений шельфовых структур позволяет говорить о том, что наряду с вертикальными движениями, обусловившими отчетливое морфологическое оформление шельфового прогиба, в ее формировании значительную роль сыграли субширотные горизонтальные усилия, обусловившие развитие левостороннего сдвига на границе шельфа и материка. Сопоставление деталей ее строения с моделью сдвига (Гзовский, 1975) позволяет рассматривать материковое ограничение периконтинентального прогиба арктического шельфа в качестве крупной сдвиговой зоны с левым направлением сдвига. Об этом, в частности, свидетельствуют и детали строения Колючинского поперечного поднятия на шельфе Чукотского моря, где конфигурация отдельных блоков также позволяет предположить левый сдвиг.

По-видимому, горизонтальные движения характерны и для внутренней области шельфа, в частности для структурных ограничений субширотных поднятий. К такому выводу на основании анализа сейсмичности приходит и Г. П. Аветисов (1975), который подчеркивает повышенную сейсмоактивность разломов, ограничивающих широтные прогибы, соединяющие Лаптевский и Восточно-Сибирский бассейны (прогибы проливов Санникова, Этерикан, Дмитрия Лаптева). Придавая ведущую роль горизонтальным подвижкам в этих зонах, он подчеркивает, что ранее известные своей повышенной сейсмичностью близмеридиональные структуры на шельфе моря Лаптевых, например внутрикоровая флексура у западного подножия о. Бельковский, разломы, ограничивающие прогиб пролива Заря и др., сейсмичны «...лишь на участках пересечения с этими проливами...» (стр. 32).

В свете приведенных данных представляет интерес морфологическое единство полусвода о. Врангеля и банки Геральда, разделенных одним из дугообразных разломов циркумполярной системы. Поднятия островов Котельного, Фаддеевского и Новая Сибирь также можно трактовать как смещение относительно друг друга частей крупного сводово-глыбового поднятия, по своему рангу аналогичного Улахан-Сисскому своду, расположенному у материковой границы периконтинентального шельфового прогиба.

При значительной общности морфоструктурных элементов, выделяющихся в пределах шельфовых прогибов восточно-арктического сектора, в строении отдельных бассейнов проявляется отчетливо выраженная индивидуальность. В пределах рассматриваемой области она наи-

более четко выражена в Лаптевском бассейне, который помимо отмеченного выше характерного центрального строения представляет область развития активных структур рифтового типа, лежащих на продолжении хребта Гаккеля и простирающихся, согласно современным представлениям, далеко в глубь континента (Момо-Селенняхский рифт). Морфологическим выражением указанных структур служат субмеридиональные цепочки четко оформленных впадин, выраженных в изобатах —60÷—30 м, или зоны линеаментов, сопровождаемые сгущением изобат, цепочками мелких западин или резкими изгибами погруженных береговых линий. При пересечении со сводово-купольными структурами Центральнoлаптевского поднятия происходит дробление впадин и они приобретают характерное «клавишное» строение, аналогичное описанному нами ранее для области пересечения материкового продолжения указанной рифтовой зоны с поднятием хр. Полоусного. Структурно-геоморфологический анализ не только позволил проследить выражение рифтовых структур в донном рельефе, но и выявить некоторые ранее не описанные детали их строения. Помимо ранее известных ветвей рифтовой зоны, одна из которых упирается в Верхоянский мега-свод, а вторая простирается в область Момо-Селенняхского рифта, удалось проследить восточную ветвь пучка рифтовых структур, разделяющих Центральнoлаптевское поднятие и крупные асимметричные поднятия Чокурдахско-Ляховско-Новосибирской области. Эта ветвь частично затухает при пересечении с проливом Санникова, а частично прослеживается вдоль западного подножия о. Бельковский и в области Селенняхского залива. На суше ее возможным продолжением, вероятно, является Селенняхско-Шангинская система разломов северо-западного простиранья, окаймляющая северо-восточный фланг Полоусного свода и уходящая в пределы Колымской низменности.

ВЫВОДЫ

1. Изложенный материал свидетельствует, что при существующем уровне изученности арктического шельфа структурно-геоморфологический анализ может служить важным и достаточно надежным источником информации о происхождении, возрасте, соподчинении и исторической преемственности структур, лежащих в основании современных периконтинентальных шельфовых прогибов.

2. Детальный структурно-геоморфологический анализ приморских равнин и шельфа восточно-арктического сектора СССР позволил выделить в их пределах четыре группы структур: унаследованно развивающиеся сводово-купольные поднятия; структуры, обусловленные дифференцированным опусканием шельфовой впадины (продольные прогибы и поднятия); блоковые структуры в зонах сдвиговых напряжений; структуры рифтового типа.

3. Геологическая и географическая позиция циркумполярных структур лишний раз подчеркивает структурно-геоморфологическое единство субаквальной и субаэральной области арктической окраины континента. Особенности строения зоны циркумполярных нарушений, прослеженной по внутренней границе шельфовой области, и характер их сопряжения с более древними материковыми структурами позволяют считать эту зону фрагментом структуры планетарного ранга и свидетельствуют, что помимо вертикальных движений, способствующих обособлению шельфовых впадин, существенная роль в оформлении арктической окраины континента принадлежала также горизонтальным движениям сдвигового типа.

- Аветисов Г. П. Сейсмичность моря Лаптевых и ее связь с сейсмичностью Евразийского бассейна. В кн. «Тектоника Арктики», вып. 1. Л., 1975.
- Виноградов В. А., Гапоненко Г. И., Рукавов И. М., Шимараев В. Н. Тектоника Восточно-Арктического шельфа СССР. Л., «Недра», 1974.
- Гапоненко Г. И. Глубинное строение земной коры и мощность койлогенного чехла Восточно-Сибирского — Аляскинского шельфа по гравиметрическим данным. В сб. «Геофизические методы разведки в Арктике», вып. 8. Л., 1973.
- Гзовский М. В. Основы тектонофизики. М., «Наука», 1975.
- Егизаров Б. Х. Геологическое строение Аляски и Алеутских островов. Л., «Недра», 1969.
- Ласточкин А. Н. Структурно-геоморфологические исследования на шельфе. Л., «Недра», 1968.
- Леонтьев О. К. Дно океана. М., «Мысль», 1968.
- Ляцкий В. Б. Теоретические основы геологического изучения и картирования шельфа. В сб. «Картирование шельфов». Л., 1974.
- Наймарк А. А. Поверхности выравнивания и кайнозойская история Северной Аляски. «Изв. вузов. Геология и разведка», № 4, 1977.
- Полькин Я. И. Особенности аномального магнитного поля и тектонического развития шельфа Чукотского моря и прилегающей суши. В сб. «Тектоника Арктики», вып. 1. Л., 1975.
- Creager J. S., McManus D. A. Pleistocene drainage patterns on the floor of the Chukchi Sea. «Marine Geology», v. 3, 1965.
- Holmes M. L., Creager J. S. Holocene History of the Laptev Continental Shelf. «Marine Geology and Oceanography of the Arctic Seas». Berlin, e. a., 1974.

Московский государственный
университет
Географический факультет

Поступила в редакцию
19.II.1979

NEW DATA ON STRUCTURAL GEOMORPHOLOGY OF COASTAL PLAINS AND SHELF OF THE EAST ARCTIC SEAS OF THE USSR

N. G. PATYK-KARA, L. N. MOROZOVA, V. Ya. BIRYUKOV, V. N. NOVIKOV

Summary

A detailed structural-geomorphological analysis of coastal plains and shelf at East Arctic sector of the USSR allows to distinguish four group of structures, including: arch-dome uplifts inherited from late orogenous stage; structures due to differentiated down-warping of the shelf; block structures at the zone of shear stress; rift structures. The delineated system of circumpolar faults shows similarity of submerged and emerged parts of the arctic margin of the continent, the system itself being a structure of planetary rank. Its special features and contacts with more ancient continental structures indicate that besides the shelf down-warping lateral shear movements were of importance.

УДК 551.435.55 (575.2)

А. Г. ТАРАКАНОВ

КАМЕННЫЕ СОЛИФЛЮКЦИОННЫЕ ФОРМЫ РЕЛЬЕФА НА ТЯНЬ-ШАНЕ

С явлением солифлюкции в перигляциальных условиях связано образование и развитие многих форм рельефа. Однако в отечественной и зарубежной литературе наибольшее внимание традиционно уделялось мелкоземистым задернованным формам рельефа. О каменных солифлюкционных образованиях (КСО) встречаются лишь отрывочные све-