

## НАУЧНЫЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 551.462.34(99)

АГАПОВА Г. В., ВОЛОКИТИНА Л. П.

ПОДВОДНЫЕ ДОЛИНЫ МАТЕРИКОВОЙ ОКРАИНЫ  
АНТАРКТИДЫ

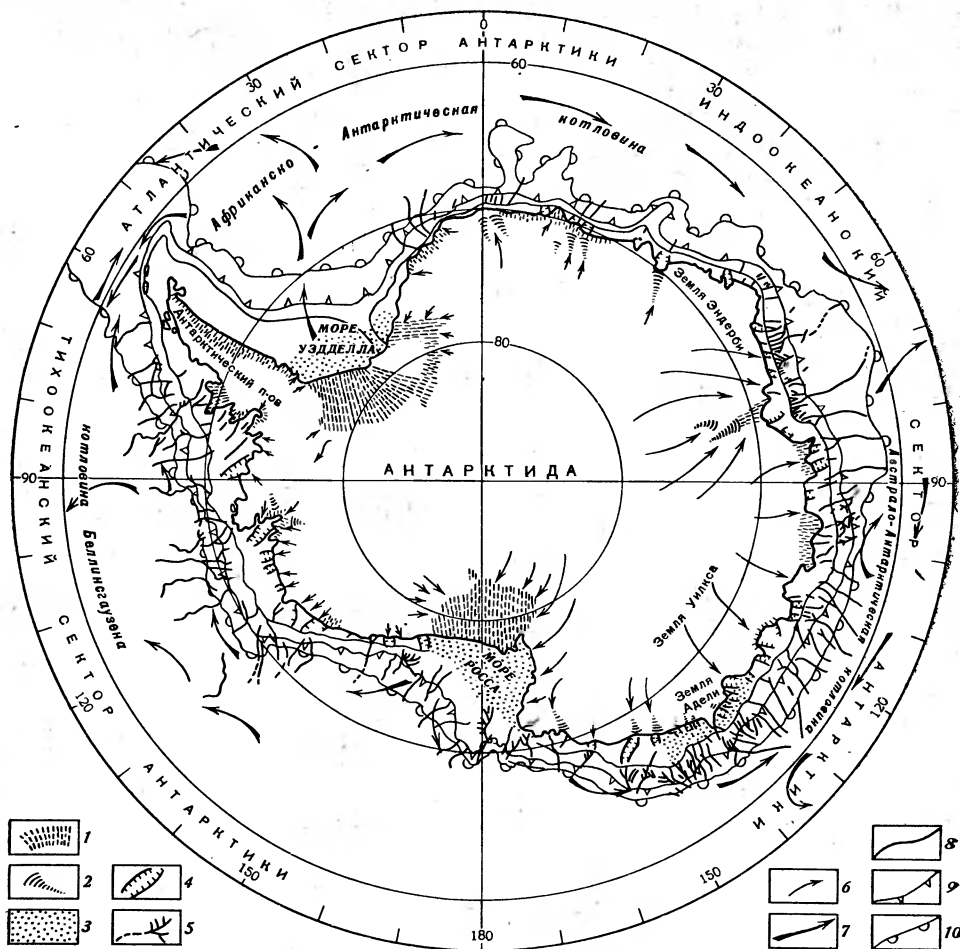
На дне Мирового океана широко развиты долинные формы рельефа. По протяженности, ширине и глубине вреза подводные долины и каньоны сопоставимы с речной сетью и каньонами суши, а иногда значительно превосходят их. Давно известно о затопленных речных и ледниковых долинах и промоинах шельфов. Детально изучены многие каньоны материковых склонов. В последние десятилетия обнаружены системы подводных долин в глубоководных котловинах. В плане такие долины похожи на крупные речные системы платформенных равнин суши. Подводноэрозионные формы привлекают внимание исследователей не только масштабами и своеобразием расположения, но и той ролью, которую они играют в транспортировке осадочного материала на значительное расстояние и в формировании аккумулятивных образований.

Происхождение подводных долин рассмотрено в работах Шепарда и Дилла [1], Леонтьева и Сафьянова [2]. Накопленные к настоящему времени новые данные, в особенности открытие долин на материковом подножии и в океанических котловинах, потребовали пересмотра существующих представлений о типах и распространении этих эрозионных форм. Классификация долин, разработанная ранее Шепардом и Диллом [1], была положена в основу типизации, предложенной О. К. Леонтьевым [3]. В ней долины выделены на основании генетических признаков, морфологии и закономерностей распространения.

Изученность подводных долин различного типа в Мировом океане остается еще крайне неравномерной. Хорошо изучены каньоны центральной части Атлантического океана [4], северо-восточной части Тихого океана и северной части Индийского океана. Детально исследованы некоторые долины арктических морей [5, 6, 7]. В то же время в высоких широтах южного полушария подводноэрозионные формы исследованы слабо, хотя по ряду косвенных признаков можно считать, что на подводной окраине Антарктиды и в прилегающих глубоководных котловинах они представлены достаточно широко. Так, например, конусы выноса на материковом подножии и мощные аккумулятивные образования на дне глубоководных котловин свидетельствуют об интенсивности подводноэрозионных процессов, протекающих в этом регионе на более высоких батиметрических уровнях. В настоящей статье, пользуясь в основном картографическими и литературными источниками, мы попытались осветить ряд особенностей образования и развития подводноэрозионной системы в Южном океане и дать схему распространения подводных долин (рисунок).

Как и в других районах Мирового океана, здесь четко прослеживается зависимость распределения типов подводных долин от типа основных морфоструктур океанического дна.

На отмели, окружающей материк, преобладают гляциальные формы рельефа. Среди них множество поперечных трогообразных депрессий, которые являются затопленными ледниковыми долинами. Такие долины представляют прямое продолжение долин выводных ледников. Долины выводных ледников приурочены к орогенным областям или связаны с обширными тектоническими понижениями поверхности материка. Лежащие на их продолжении затопленные долины имеют глубину вреза бо-



### Распространение долинных форм на материковой окраине Антарктики

1 — шельфовые ледники; 2 — выводные ледники; 3 — основные области формирования Антарктических придонных течений; 4 — наиболее крупные долины шельфа; 5 — подводные каньоны и русла мутьевых потоков; 6 — основные направления стока льда; 7 — главные направления Антарктических течений; 8 — край шельфа; 9 — внешняя граница материкового склона, 10 — внешняя граница материкового подножия

более 500 м и ширину более 5 миль. Иногда их называют поперечными желобами шельфа. В их формировании основную роль сыграли тектоника и экзарация, а своим дальнейшим существованием они обязаны подводноэрозийным процессам.

Наиболее крупные желоба-долины с глубинами более 1000 м находятся на продолжении депрессий материка (заливы Лютцов-Хольм, Лена, Алашеева и др.). Они имеют крутые склоны, ширину 5—10 миль и переходят в пределы материкового склона. Днища таких долин осложнены небольшими замкнутыми котловинами и промоинами. Подводная долина Ванденерфорд в Индоокеанском секторе прослеживается до глубин более 2000 м [8].

На шельфе, особенно в его внутренней части, помимо крупных затопленных ледниковых долин, развиты короткие, глубоко врезанные долины, которые представляют каналы стока талых и переохлажденных вод. Они проходят между небольшими поднятиями и заканчиваются в средней части отмели у аккумулятивных гряд или в продольных желобах и котловинах, где разгружают часть осадочного материала. В море Дейвиса изучены две поперечные долины. Они неглубокие, имеют сравнительно простой продольный профиль. В местах слияния долин с продольными желобами нет четких границ [9]. Вдоль побережья Земли

Грейама поверхность шельфа расчленена долинами, которые можно считать затопленными трогами [10].

На внешней отмели долин стока меньше. Здесь они либо разделяют древние гряды конечных морен, либо проходят между островами коренных пород (Западная Антарктика).

Можно считать установленным, что долины Антарктического шельфа являются каналами стока талых ледниковых вод. Часть содержащегося в этих водах осадочного материала откладывается в замкнутых котловинах и продольных желобах шельфа. Так, в средней части шельфа моря Беллинсгаузена расположена котловина с глубинами 500—585 м, мощность гляциальных осадков в которой достигает 2,5 км [11, 12]. Погребенные депрессии и долины расположены вдоль края шельфового ледника Росса и побережья Земли Виктории; мощности осадков в них составляют 1 км, а в восточной части моря Росса обширная котловина заполнена осадками мощностью от 1 до 4 км [13].

Непрерывное сейсмическое профилирование шельфа морей Росса и Беллинсгаузена выявило подводные долины, заполненные осадками и не выраженные в современном рельефе. Можно предположить, что долины стока существуют некоторое время и по мере их заполнения отмирают. Захоронение старых и возникновение новых долин может быть вызвано как изменением направления, скорости и силы придонных течений на отдельных участках шельфа, так и изменением количества проходящего осадочного материала. По-видимому, в пределах шельфа Антарктики можно выделить два основных типа долин. К первому относятся крупные затопленные ледниковые трогаобразные долины, лежащие на продолжении материковых депрессий. Такие долины преобладают в Восточной Антарктиде. Они могут оканчиваться в средней части шельфа или достигать края отмели и заменяться каньонами. В их пределах отмечены следы интенсивной подводной эрозии в виде промоин, многочисленных борозд и выходов коренных пород. К другому типу относятся небольшие долины (каналы стока), развитые в понижениях рельефа в основном в пределах прибрежной части шельфа.

Материковый склон Антарктиды расчленен многочисленными каньонами (рисунок). Известно, что все типы долин и временных потоков используются в качестве русел тектонические прогибы, разломы, трещины. Материковый склон на большей части разбит разломами на отдельные блоки. К этим разломам, в основном радиального простирания, приурочены подводные каньоны. Фактором, определяющим существование каньона как подводноэрозионной системы, являются мутьевые потоки, плотностные и донные течения [3]. На материковом склоне Антарктиды существуют чрезвычайно благоприятные условия, способствующие подводной эрозии в каньонах. Над верхней крутой частью склона охлажденные шельфовые воды смешиваются с водами подстилающих горизонтов и формируют холодное антарктическое придонное течение, отличающееся повышенной плотностью воды [4]. Придонные течения зарождаются в море Уэдделла, море Росса, у побережья Земли Адели [14]. Водные массы этих течений имеют низкую температуру (не более 0,7° С), высокое содержание кислорода (более 66%), значительную соленость (море Росса 34,38—34,75, побережье Адели — 34,65‰) [15]. Обладая повышенной скоростью (до 20 см/с), эти воды быстро движутся по дну, распространяясь на большие расстояния. Антарктические течения содержат много взвешенных частиц и имеют высокую эродирующую способность.

В пределах склона отмечены активные каньоны с различной формой поперечного профиля: V, U- и ящикообразной. Некоторые каньоны имеют боковые притоки, заложенные в тектонических депрессиях и на ступенях склона. Большая часть каньонов характеризуется уменьшением крутизны тальвега от верховья к устью, более глубокому врезом верхней части и формированием конусов выноса в устье. Глубина вреза каньонов от 300 до 1500 м.

На склоне Индоокеанского сектора Антарктиды обнаружены как прямолинейные каньоны, не имеющие притоков (Сомов, Моусон), так

и каньоны с извилистыми руслами и многочисленными притоками (Мерц, Леонард, Д'Юрвиль) [16]. Широкие каньоны с плоским дном начинаются с глубин 500—1000 м и прослеживаются до глубин 2500—3500 м. В районе Земли Уилкса каньоны имеют ширину днища от 10 до 25 миль и асимметричный профиль. Многие каньоны лежат на продолжении поперечных желобов шельфа. Крупный каньон, расположенный в восточной части моря Беллинсгаузена, имеет ветвистое строение и связан с шельфовым желобом пролива Шокальского. Непрерывное сейсмическое профилирование через каньон, расположенный вдоль 137° в. д., показало, что каньон здесь при глубине вреза 1500 м имеет U-образный поперечный профиль и крутые, до 20°, асимметричные склоны. На дне каньона отмечены неглубокие эрозионные промоины [17]. Большинство подводных каньонов Индоокеанского сектора на участке от 100 до 150° в. д. и в восточной части Тихоокеанского сектора имеет признаки современного размыва [17, 18]. Изученность подводных каньонов склона еще недостаточна для того, чтобы определить, какой из типов преобладает на подводной окраине Антарктиды. Наиболее изучены каньоны в морях Беллинсгаузена, Амундсена, Дейвиса и в районе Земли Уилкса.

Широкое развитие подводных каньонов многие исследователи связывают со значительным поступлением осадочного материала с материков [19]. Особое значение это приобретает в высоких широтах, где современное оледенение способствует активизации мутьевых потоков, подводноэрозионной деятельности и формированию каньонов. С материка Антарктиды ежегодно выносятся ледниками 1050 млн. т терригенного материала [20]. В транспортировке этого материала подводноэрозионная долинная сеть и особенно каньоны играют ведущую роль, видимо, значительно большую, чем плавающие льды.

Хизен и Тарп [21] полагают, что часть антарктических каньонов представляет реликты догляциального периода. Некоторые каньоны, сформированные в догляциальный период, полностью захоронены гляциальными отложениями.

У основания материкового склона и на материковом подножии происходит перестройка долинной сети. При этом в устьях большинства каньонов образуются конусы выноса. Вся нижняя часть материкового подножия сформирована конусами выноса — гигантскими подводными аккумулятивными формами, образующими вокруг Антарктиды единый шлейф. Мощность осадочного чехла в пределах этого района достигает 2—5 км [17]. Заметное воздействие на поверхность дна здесь оказывают подводные течения вдоль материковой окраины со скоростью до 12 см/с. Они характеризуются высоким содержанием взвешенных частиц и способствуют размыву и перераспределению осадков на материковом подножии. В нижних частях конусов выноса и у основания материкового подножия каньоны сменяются руслами абиссальных долин. При этом наиболее значительные каньоны часто дают начало крупным руслам с многочисленными веерообразно расходящимися по конусу выноса протоками. Если каньоны врезаны в основном в скальные или консолидированные осадочные породы материкового склона, то русла абиссальных долин углублены только в рыхлые отложения. Глубина вреза абиссальных долин в конусах выноса составляет 150—100 м и постепенно уменьшается на материковом подножии и ложе, где составляет несколько десятков метров [3].

На выровненном дне Африканско-Антарктической котловины на глубине 4500—5000 м обнаружены веерообразные долины шириной 30—40 миль с глубиной вреза 15—25 м. Для русел долин характерны значительные протяженность и извилистость. Почти все обследованные русла окаймлены аккумулятивными образованиями — прирусловыми валами. Крупная дендровидная абиссальная долина расположена у 86° з. д. Сила Кориолиса в сочетании с высокими скоростями суспензионных потоков обуславливают отклонение русел некоторых абиссальных долин к западу. Отмечены признаки миграции русел, о чем свидетельствуют

погребенные осадками древние русла, иногда пересеченные перекрывающими их новыми долинами.

Известно, что обилие русел во многом зависит от близости источников питания и обилия поступающего терригенного материала. Долинная сеть гуще и протяженнее обычно против районов распространения выводных ледников, так как здесь интенсивность поступления осадочно-материала с материка наиболее высокая [22]. Материал, поступающий в суспензионные потоки с материка, дополняется взвешенными частицами, содержащимися в плотностных придонных течениях.

На абиссальных равнинах осадочный чехол представлен отложениями турбидитов, перекрывающими расчлененную поверхность фундамента, а также пелагическими осадками, мощность которых составляет 100—200 м. Очевидно, что в период активизации мутьевые потоки могли выходить далеко за пределы конусов выноса. В скважинах 322—325, пробуренных в котловине Беллинсгаузена, все разрезы содержат следы активности суспензионных потоков, которые действуют здесь с начала миоцена. В разрезе осадков, слагающих абиссальную равнину Беллинсгаузена, выделена толща турбидитов мощностью около 1 км [23].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Шепард Ф., Дилл Р. Подводные морские каньоны. Л.: Гидрометеоздат, 1972, 147 с.
2. Леонтьев О. К., Сафьянов Г. А. Каньоны под морем. М.: Мысль, 1973, 261 с.
3. Леонтьев О. К. Типы подводных долин.— Геоморфология, 1979, № 4, с. 3.
4. Emery K. O., Uchupi E. Western North Atlantic Ocean. USA, Tulsa, 1972, 63 p.
5. Матишов Г. Г. Геоморфологическое строение материкового склона северной Атлантики.— Тр. ПИНРО, 1975, вып. 35, 124 с.
6. Матишов Г. Г. Геоморфология дна и проблема плейстоценового оледенения баренцево-морского шельфа.— Геоморфология, 1977, № 2, с. 53.
7. Ласточкин А. Н., Федоров Б. Г. Рельеф и новейшая история развития северного шельфа Евразии.— Геоморфология, 1978, № 3, с. 48.
8. Cameron R. L. The vanderford submarine valley Vincennes bay, Antarctica.— Antarc. Res. Ser., 1965, v. 6, p. 21.
9. Береснев А. Ф. Геоморфология дна моря Дейвиса.— В кн.: Океанологические исследования. М., 1962, № 5, с. 82.
10. Живаго А. В. Структура и рельеф дна Южного океана. Атлас Антарктики. М.: Гидрометеоздат, 1969, т. 2, 265 с.
11. Tucholke B. E., Houtz R. E. Sedimentary framework of the Bellingshausen basin from seismic profiler data.— In: Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project., U. S. Washington, 1976, v. 35, p. 197.
12. Tucholke B. E. Sedimentation processes and acoustic stratigraphy in the Bellingshausen basin.— Marine Geology, 1977, v. 25, N 1/3, p. 209.
13. Houtz R., Davey F. J. Seismic Profiler and Sonobuoy Measurements in Ross Sea, Antarctica.— J. Geophys. Res., 1973, v. 78, N 17, p. 3448.
14. Gordon A. L., Tchernia P. Waters of the continental margin off Adelle coast, Antarctica.— Antarc. Res. Ser., 1972, v. 19, p. 59.
15. Eotthreim S., Eruchhausen P., Weing M. Vertical distribution of turbidity in the South Indian and South Australian basins.— Antarc. Res. Ser., 1972, v. 19, p. 51.
16. Grinnell D. V. Physiography of the continental margin of Antarctica from 125° E to 150° E.— Antarc. J. U. S., 1971, v. 6, N 5, p. 114.
17. Houtz R., Markl R. Seismic profiler data between Antarctica and Australia.— Antarc. Res. Ser., 19. Amer. Geophys. Union, 1972, p. 147.
18. Vanney G. R., Johnson G. L. The Bellingshausen-Amundsen Basin (southeastern Pacific): major sea-floor units and problems.— Marine Geology, 1976, v. 22, № 2, p. 71.
19. Ильин А. В., Лисицын А. П. Происхождение подводных каньонов в связи с особенностями их распространения в Атлантическом океане.— Докл. АН СССР, 1968, т. 183, № 3, с. 693.
20. Лисицын А. П. Осадкообразование в океанах. М.: Наука, 1974, 437 с.
21. Heezen B. C., Sharp M. Morphology of the sea floor.— Antarc. Map. Folio Series. Folio 16, Amer., Geogr. Society, 1972, p. 119.
22. Значко-Яворский Г. А., Равич М. Г. Рельеф дна и условия формирования донных осадков восточно-антарктических морей. Л.: Гидрометеоздат, 1968, т. 38, 103 с.
23. Ewing M., Houtz R., Ewing J. South Pacific sediment distribution.— J. Geophys. Res., 1969, v. 74, N 10, p. 2174.

Институт физики Земли АН СССР  
Институт океанологии АН СССР

Поступила в редакцию  
3.IV.1980

## Summary

Types of submarine valleys are discussed on the basis of reference and cartographic materials as well as the valleys distribution within separate morphostructural units of the submerged continental margin of Antarctic. When continental shelf changes into continental slope and this one to continental rise, different types of submarine valleys network change correspondingly. The submarine valleys seem to be of more importance for debris-removal and distribution than the ice rafting. The most mature submerged erosional forms are near outlet glaciers of the continental ice sheet. Changes of submarine erosional systems at the morphostructures' boundaries are associated with thick aggradation formations. Such formations include sedimentary series at linear troughs at the shelf, submarine fans and continental rise near the foot of the continental slope, as well as sedimentary series within adjacent deep sea depressions.

УДК 551.435.5(470.5)

БУТАКОВ Г. П., ИЛЛАРИОНОВ А. Г.

### ОСНОВНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗВИТИЯ ПЕРИГЛЯЦИАЛЬНЫХ ЯВЛЕНИЙ НА РАВНИНАХ ПРЕДУРАЛЬЯ И ЗАУРАЛЬЯ

Исключительная роль климата ледниковых эпох в лито- и морфогенезе обширной внеледниковой территории, известной под названием перигляциальной зоны, в настоящее время не вызывает сомнений. В отдельные фазы ледниковых эпох перигляциальная зона, а точнее — гиперзона [1], простиралась от края ледников вплоть до современной границы аридной климато-ландшафтной зоны. В эту зону полностью входили и территории рассматриваемых регионов. Процессы перигляциального лито- и морфогенеза проявились на всех элементах рельефа пластовых равнин — на междуречьях, склонах и в речных долинах.

**Междуречные пространства.** В пределах междуречий сформировались специфические генетические типы континентальных отложений: криоэлювий, песчаные и лессовидные покровы эоловой аккумуляции. Независимо от состава исходных пород морозное выветривание сопровождалось образованием значительного количества мелкозема. По карбонатным и песчано-карбонатным верхнепалеозойским породам Предуралья формировался маломощный (до 1,5 м) суглинисто-щебнистый криоэлювий (рисунок). На менее литифицированных мезозойских (Предуралье) и палеоген-неогеновых (Зауралье) глинистых осадках образовался суглинистый криоэлювий, имевший в значительной мере лессовидный облик и большую (до 2 м) мощность. Источники эоловых песков — аллювиальные отложения, реже — коренные породы субстрата. Материал транспортировался в основном западными и юго-западными ветрами, о чем свидетельствуют контуры песчаных покровов. Они имеют вид обширных полос, отходящих от источников питания на восток [2]. Наиболее крупные из них, развитые на Ветлуго-Камском междуречье и на Убаган-Тобольском водоразделе, хорошо видны даже на мелкомасштабных космических снимках. Пески имеют плащеобразный характер залегания и иногда образуют типичные формы эолового рельефа. Мелкоземистая фракция аллювия и криоэлювия, выносимая ветром, откладывалась на более возвышенных элементах плейстоценового рельефа (лессовидные покровы Высокого Заволжья и Тургайского плато). Области преимущественно субаквального осадконакопления на водоразделах отмечаются только в Зауралье. Они связаны с контурами обширных подпрудных водоемов Обь-Иртышского бассейна [3].

В морфогенезе доминирующими были собственно криогенные процессы. Почти повсеместно проявилось морозобойное растрескивание с