

## ПОГРЕБЕННАЯ ПАЛЕОДОЛИННАЯ СЕТЬ ЧУКОТСКОГО ШЕЛЬФА

*инженер Е.А. ЗЫКОВ, канд. геол.-минерал. наук Е.А. ГУСЕВ*

*ФГУП «ВНИИОкеангеология им. И.С. Грамберга», Санкт-Петербург, e-mail: evgenmcmillan@gmail.com, gus-evgeny@yandex.ru,*

В пределах Чукотского шельфа выявлена сеть плиоцен-четвертичных погребенных палеодолин. Они имеют преимущественно северо-западное простирание и характеризуют направление речного стока во время регрессий моря. Положение и направление погребенных палеодолин отличаются от подводных долин, выраженных в современном рельефе дна. Погребенные палеодолины прерывисто прослеживаются до современных 100-метровых глубинных отметок. В пределах палеодолин зафиксированы переуглубления, образование которых, возможно, связано с неотектоническими процессами, осложнившими структуру древней речной сети.

*Ключевые слова:* Чукотское море, погребенные палеодолины, Берингия, сейсмоакустические исследования.

### ВВЕДЕНИЕ

Мелководный шельф Чукотского моря в периоды регрессий становился частью древней материковой суши, известной как Берингия. При этом прерывалось сообщение водных масс Тихого и Северного Ледовитого океанов. В расшифровке истории позднекайнозойского осадконакопления Чукотского шельфа важную роль играет определение периодов раскрытия и закрытия Берингова пролива. Таких этапов, по всей видимости, было несколько, а самое первое соединение вод Северной Пацифики и Северного Ледовитого океана произошло в позднем миоцене — плиоцене (Гладенков, Гладенков, 2004; Петров, 1976; Полякова, 1997; Свиточ, Талденкова, 1994; Hokin, 1959). К востоку от Чукотского моря, в районе дельты Маккензи, выделяется поверхность несогласия, следящаяся от гор Ричардсона на суше в область шельфа и континентального склона. Ее образование связано, по всей видимости, с периодом низкого стояния уровня моря от позднего миоцена до раннего плиоцена (McNeil et al., 2001). Последнее, окончательное соединение вод Северного Ледовитого и Тихого океанов произошло около 10,5 тыс. лет назад (Elias et al., 1997). Периоды регрессий характеризовались интенсивным речным врезом в пределах осушенного шельфа. Палеодолины, заполненные древним аллювием и перекрытые четвертичными морскими осадками, легко идентифицируются по данным сейсмоакустического профилирования. Попытка стратиграфической привязки сейсмоакустических горизонтов, выделяемых на профилях в восточной (американской) части Чукотского шельфа внутри плиоцен-четвертичной толщи, выше коренных пород мела, предпринята совсем недавно (Hill, Driscoll, 2008; 2010; Hill et al., 2007; Keigwin et al., 2006). Однако возраст нижних сейсмоакустических комплексов определен предположительно из-за недостаточной глубины проникновения грунтовых трубок, позволяющих произвести

непосредственное изучение вещественного состава, биостратиграфических и изотопных характеристик осадков. Бурение, проведенное силами ВНИИОкеангеология в 2006 г. в проливе Лонга, показало, что голоценовые морские илы несогласно перекрывают песчано-алевритовые отложения плиоцена — эоплейстоцена (Gusev et al., 2009).

Целью данной работы являлась реконструкция погребной речной сети на шельфе Чукотского моря по накопленным к настоящему времени сейсмоакустическим профилям.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В статье использованы материалы сейсмоакустических исследований разных лет, полученные по шельфу Чукотского моря. Верхняя часть осадочного чехла исследовалась с помощью спаркера и бумера в 1960–1980-е гг. (Павлидис, 1982; Creager, McManus, 1965; Grantz et al., 1978; Phillips et al., 1988), затем в 2005 г. с применением высокочастотной сейсмоакустики (Hill, Driscoll, 2008; 2010; Hill et al., 2007). В 2006 г. нами при геологической съемке шельфа масштаба 1:1 000 000 использовались спаркер и гидролокатор бокового обзора, совмещенный с гидроакустическим профилографом

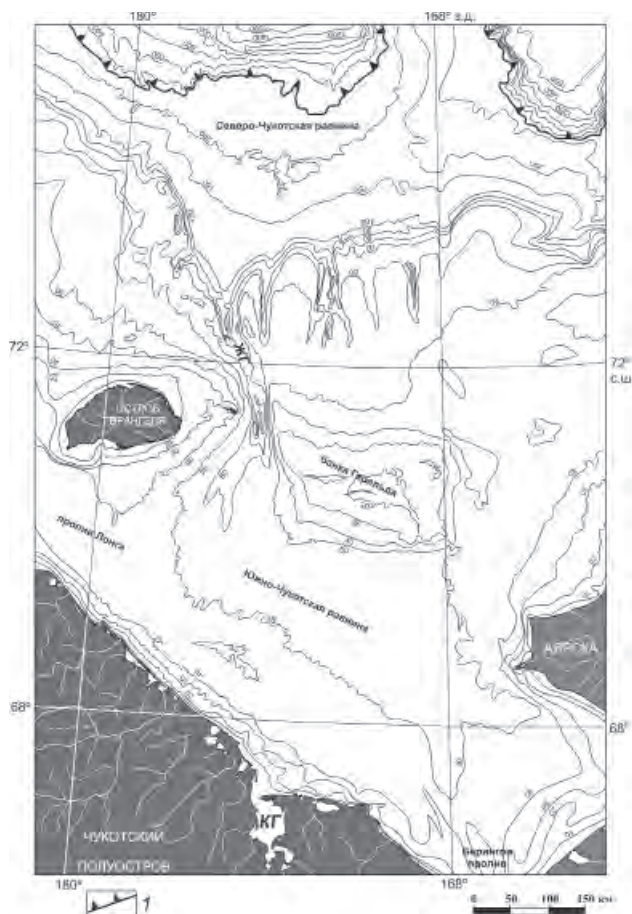


Рис. 1. Батиметрическая карта Чукотского шельфа: *I* — бровка шельфа; *ЖГ* — желоб Геральда; *КГ* — Колючинская губа.

(Gusev et al., 2009). Суммарная протяженность сейсмоакустических профилей, использованных нами для построений, составила около 5000 км, треть этого количества представлена собственными данными ВНИИОкеангеология.

Интерпретация сейсмоакустических данных проводилась в среде программного пакета *The Kingdom Suite*, версия 7.6. Основные отражающие горизонты и сейсмofации были откартированы, а затем вдоль линий сейсмоакустических профилей были вынесены значения мощности верхнего сеймостратиграфического комплекса. Дальнейшая интерпретация и прослеживание палеоврезов проводились вручную, на батиметрической основе, подготовленной для листов R-1,2 и S-1,2 Государственной геологической карты РФ масштаба 1:1 000 000 (Бондаренко и др., 2014; Государственная геологическая карта..., 2005) (рис. 1). Для пересчета скоростных разрезов в глубинные принималась скорость распространения волн в воде 1460 м/с, а в осадках — 1700 м/с.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

*Реликтовая долинная сеть в современном рельефе Чукотского шельфа.* Современный рельеф Чукотского шельфа характеризуется общей выровненностью, прослеживаются отдельные положительные и отрицательные формы рельефа. Обширная аккумулятивная Южно-Чукотская равнина находится к югу от банки Геральда и прослеживается от пролива Лонга на западе до залива Коцебу у побережья Аляски на востоке (рис. 1). Глубины здесь колеблются в пределах 40–50 м. К северу от зоны поднятий банки Геральда, характеризующейся нечетко выраженным грядово-холмистым рельефом, и вплоть до бровки континентального шельфа располагается Северо-Чукотская равнина. Поверхность дна в ее пределах также в значительной степени выровнена и очень постепенно понижается в сторону бровки шельфа. Диапазон глубин 100–350 м.

Отчетливо выраженные в рельефе дна подводные долины в пределах Чукотского шельфа распространены в его северной части, в диапазоне глубин 60–100 м. Самым крупным образованием является каньон Геральда, протяженностью около 200 км, шириной 40–60 км с относительной глубиной 30–40 м. На обзорной геоморфологической карте Арктики (Harris et al., 2014) каньон Геральда показан как шельфовая долина. Вершина каньона находится в области 60-метровых глубинных отметок, устье — на глубине около 100 м. Каньон врезан в область поднятий, протягивающихся от Аляски до острова Врангеля. К западу от него возвышается поднятие дна, увенчанное скалистым островом Геральда (Зинченко, 2000). К востоку от каньона расположена мелководная банка Геральда с минимальными глубинами около 20 м. К востоку от устья каньона Геральда в диапазоне глубин 60–100 м нижняя часть пологого склона банки Геральда осложнена узкими (шириной до 10 км) неглубокими (врез не более 20 м) субмеридиональными подводными долинами.

*Погребенная эрозионная сеть Чукотского шельфа.* Коренные породы в пределах Чукотского шельфа на сейсмоакустических разрезах представлены осадочной толщей с ярко выраженной слоистостью. Часто можно увидеть внутреннее строение коренной толщи, осложненной складчатостями и разрывными структурами. Кровля коренных пород изрезана эрозионными врезами — древними речными долинами.

В структуре осадочного чехла Чукотского шельфа по сейсмоакустическим данным выделяется верхний сейсмокомплекс, подошвой которого является резкое угловое несогласие, прослеживающееся по всему региону и совпадающее с эродированной

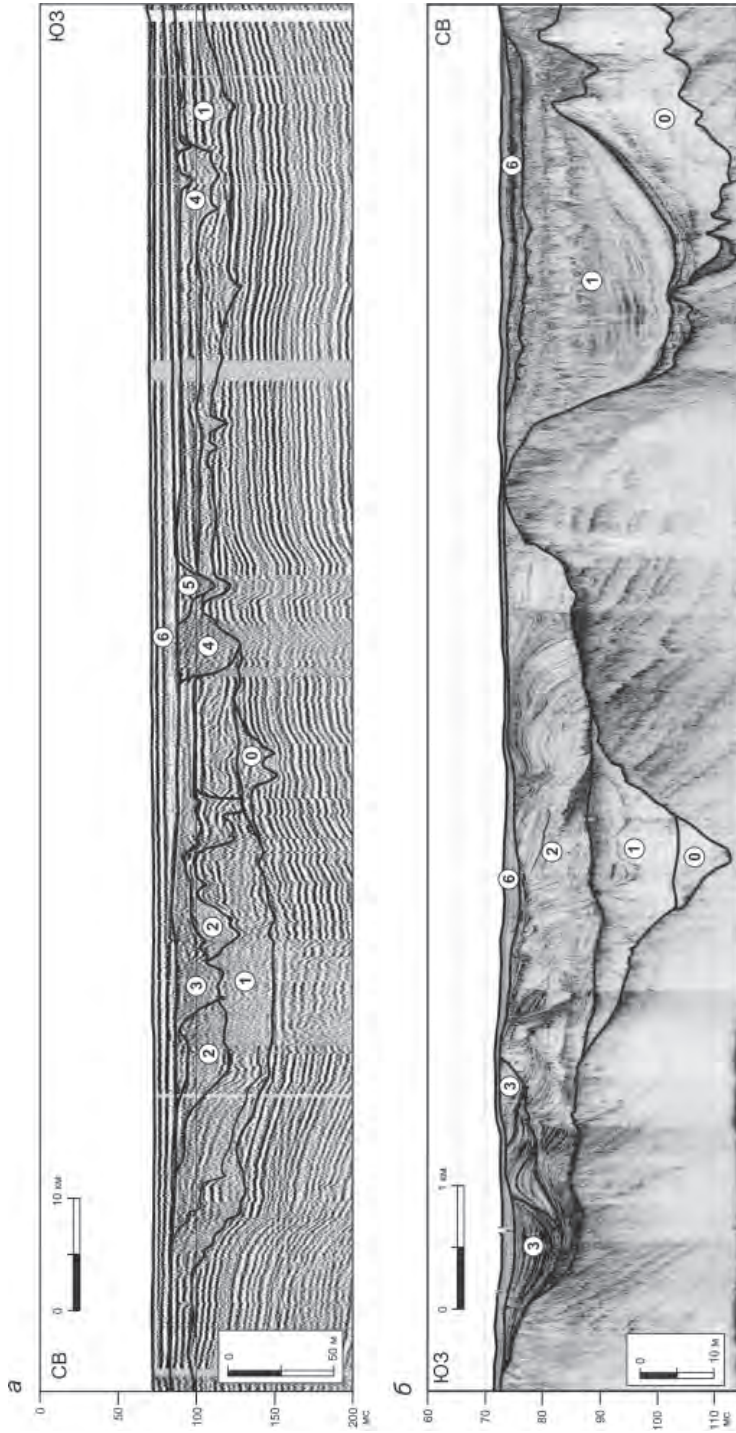


Рис. 2. Строение отложений, заполняющих палеодолины: *а* — сейсмоакустический профиль по Южно-Чукотской равнине, выполненный спаркером; *б* — сейсмоакустический профиль по восточной части Чукотского шельфа, выполненный профилографом (Нил, Driscoll, 2010). Положение профилей показано на рис. 5.

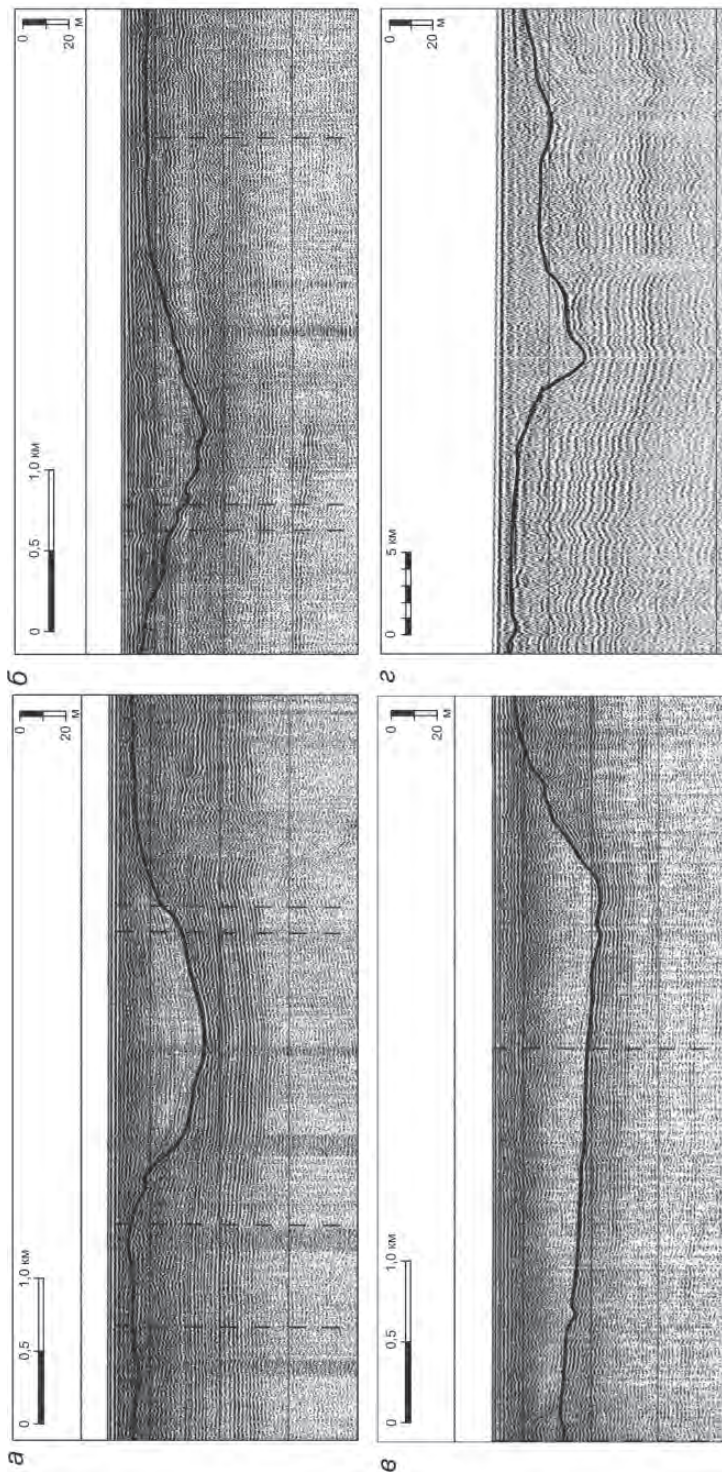


Рис. 3. Фрагменты сейсмоакустических профилей, пересекающих палеодолины в пределах банки Геральда: а-в — профили, выполненные с помощью бумера (Grantz et al., 1978); г — фрагмент профиля, выполненного спаркером. Положение фрагментов показано на рис. 5.

поверхностью литифицированных пород осадочного чехла. Этот сейсмокомплекс имеет сложную внутреннюю структуру, подразделяется на несколько подкомплексов, имеющих то горизонтально-слоистую, то клиноформную структуру заполнения. Сейсмоакустическими исследованиями американской части Чукотского шельфа (Phillips et al., 1988) было определено четырехчленное строение толщи заполнения палеоврезов: а) самая нижняя клиноформная толща определена как аллювиальная; б) выше по разрезу залегает морская горизонтально-слоистая толща, в) перекрывающая ее косослоистая толща определена как аллювиальная, г) венчающая разрез самая верхняя толща — снова морская. Проведенные позже высокоразрешающие сейсмоакустические исследования (Hill, Driscoll, 2008; 2010; Hill et al., 2007) позволили расчленить разрез на шесть комплексов. Эти генерации выполнения палеодолин идентифицируются и в западной, и в восточной частях Чукотского шельфа (рис. 2). В восточной части шельфа рыхлые отложения заполняют глубокие узкие палеодолины, врезанные в меловые породы, дислоцированные или моноклинально залегающие (Hill et al., 2007; Phillips et al., 1988). В западной части шельфа рыхлые осадки также выполняют понижения в древнем рельефе, выработанные в меловых, палеогеновых и миоценовых породах. Однако эти долины и обширные депрессии характеризуются гораздо большими размерами и располагаются на субгоризонтально залегающих породах. Самой крупной структурой является бассейн стока, занимающий всю Южно-Чукотскую равнину к югу от банки Геральда. Истоки этой части древней речной сети находятся в понижении Берингова пролива и в корытообразном понижении залива Коцебу Саунд у побережья Аляски, где оно носит название «долины Хоуп» (Keigwin et al., 2006). Не исключено, что вся область понижений в юго-западной части Чукотского шельфа была выработана в периоды раскрытия Берингова пролива, не речными, а морскими водами. В периоды регрессий эта область представляла собой озерно-аллювиальную равнину.

Остальные палеодолины имеют меньшие размеры и характеризуются различным поперечным профилем: *U*- и *V*-образным, симметричным и асимметричным (рис. 3). Некоторые из них, возможно, имеют более молодой возраст, так как толща заполнения подразделяется на четыре или два подкомплекса.

*Мощность верхнего сейсмоакустического комплекса.* Интерпретация всех доступных сейсмоакустических материалов позволила получить картину распределения осадков верхнего сейсмоакустического комплекса в южной части Чукотского моря (рис. 4). При этом наибольшие его мощности в основном контролируются древней сетью узких палеодолин и широких плоскодонных впадин, имеющих в основном северо-западное простирание. Кроме того, увеличение мощностей связано иногда с областями лавинной седиментации в пределах маргинального фильтра, находившиеся в эпохи морских регрессий к северу от острова Врангеля. В отдельных случаях неравномерность распределения четвертичных осадков контролируется течениями. Так, в верховьях желоба Геральда, в пределах его центральной части, западный склон каньона сложен скальными коренными породами, а восточный — аккумулятивной толщей новейших осадков.

Некоторые из палеодолин и современных подводных долин приурочены к разрывным нарушениям. Это видно на сейсмических (МОВ ОГТ) и сейсмоакустических профилях. Кроме того, это подтверждается данными геологического опробования. Так, изучение осадков в желобе Геральда и на его бортах выявило повышенные фоновые содержания и аномалии металлов-сульфофилов, металлов группы железа

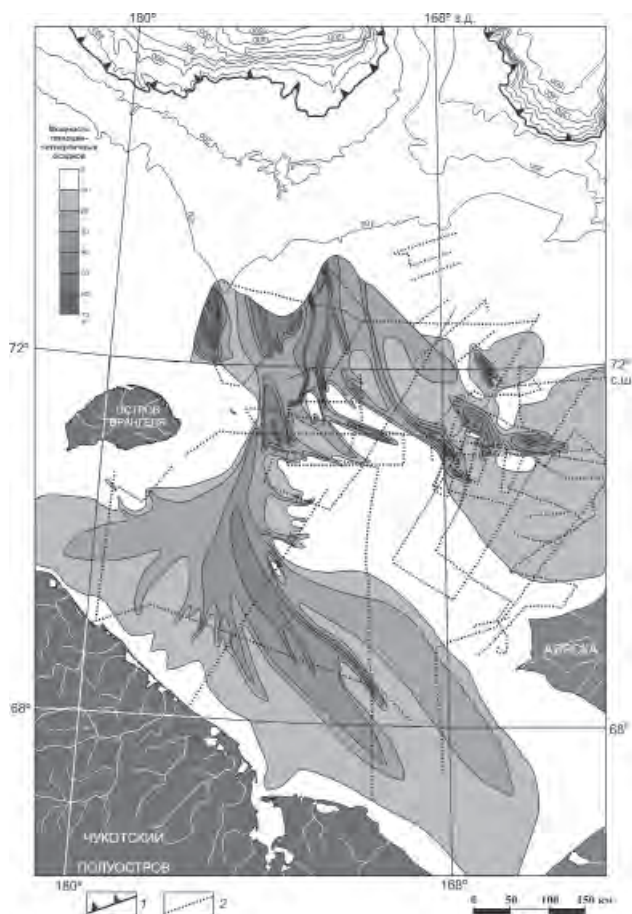


Рис. 4. Карта изопакит верхнего сейсмокомплекса осадочного чехла Чукотского шельфа: 1 — бровка шельфа; 2 — использованные сейсмоакустические профили.

и некоторых платиноидов (Астахов и др., 2013). Большинство же палеодолин никак не связано с разломами и имеет чисто экзогенное происхождение.

Обращает на себя внимание широкая полоса мощного чехла позднекайнозойских отложений в пределах Южно-Чукотской равнины. Не исключено, что эта область в периоды регрессий была обширной озерно-аллювиальной равниной. Есть мнение, что в сартанское время (морская изотопная стадия (МИС) 2) эта область представляла собой морской залив, контуры которого совпадают с современной 50-метровой изобатой (Морозова, 1985).

Неясную природу имеют переуглубления с замкнутыми контурами изопакит в восточной части Чукотского шельфа. Некоторые палеодолины фиксируются в виде отдельных фрагментов. Проследить направление древней речной долины, соединив подобные «бессточные» переуглубления, подчас трудно или вовсе невозможно. Такие переуглубления широко распространены на северном шельфе Евразии, и их образование обычно объясняют изменением направлений стока древних рек, искривлением продольных профилей рек в результате тектонических движений и т.д. (Возраст..., 1984; Зархидзе, 1992).

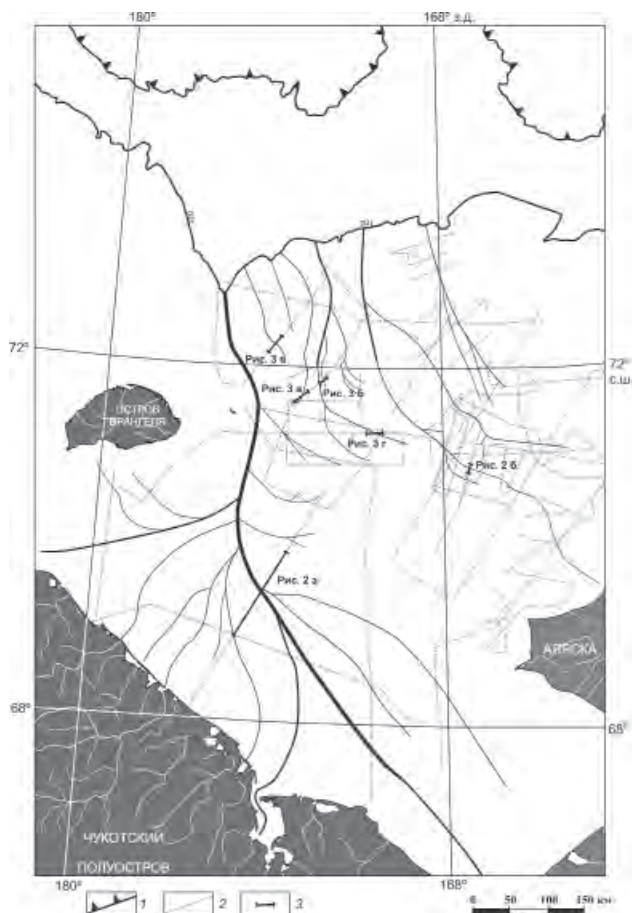


Рис. 5. Погребенные палеодолины Чукотского шельфа: 1 — бровка шельфа; 2 — использованные сейсмоакустические профили; 3 — фрагменты сейсмоакустических профилей, представленных на рис. 2 и 3.

*Распространение погребенной речной сети.* Выявленные на сейсмоакустических разрезах врезы палеодолин были прослежены по всему шельфу от современной береговой линии до 100-метровой изобаты. Севернее, в пределах Северо-Чукотской наклонной равнины, к сожалению, не проводилось сейсмоакустических исследований. Возможно, 100-метровый уровень является пределом распространения плейстоценовых палеоврезов и совпадает с одной из древних береговых линий Арктического бассейна (Морозова, 1985; Стрелков, 1961). Во внешней части Чукотского шельфа, в области сочленения с Чукотским плато мощность четвертичных осадков исчисляется первыми метрами, либо они вовсе отсутствуют, обнажая изрезанную поверхность коренных пород (Polyak et al., 2007).

Прямым признаком эрозионного происхождения погребенных палеодолин является их плановая сопряженность с речными долинами современной суши. Такие продолжения есть у крупных рек Чукотского полуострова (Амгуэма, Экиатап, Койвельхвээргин и т.д.), Аляски (Кукповрук, Утукок, Коколик и др.). Крупные погре-



бенные палеодолины имеют истоки в современной Колючинской губе и Беринговом проливе (Дунаев, 1985).

Для всех погребенных палеодолин, крупных и мелких, имеющих в основном северо-западное простирание, характерно полное несоответствие направлению подводных долин, выраженных в современном рельефе, ориентированных либо субмеридионально, как на северном склоне банки Геральда, либо в северо-восточном направлении, в сторону каньона Барроу. Таким образом, составленная нами карта погребенных палеодолин Чукотского шельфа (рис. 5) отличается от рисунка речной сети, наблюдающегося в современном рельефе дна, составленного ранее по батиметрическим данным (Ласточкин, 1977).

*Возраст тощи выполнения врезов.* Американские исследователи считают, что все шесть комплексов, заполняющих палеодолины в восточной части Чукотского шельфа, накопились за последние 200 тыс. лет (Hill, Driscoll, 2008). Ранее специалистами высказывалось мнение о третично-четвертичном возрасте осадков, заполняющих врезы (Phillips et al., 1988). Мы, с учетом результатов изучения скважин в проливе Лонга (Gusev et al., 2009), пришли к выводу о плиоцен-четвертичном возрасте осадков, заполняющих палеодолины. К сожалению, для определения возраста каждого из шести подкомплексов заполнения пока нет данных. Можно с определенной долей уверенности говорить о времени начала формирования речной палеосети в позднем плиоцене. С плиоцен-четвертичными аллювиальными и прибрежно-морскими осадками Чукотского шельфа связаны перспективы россыпной золотоносности (Флеров и др., 2011). Что касается современной долинной сети, выраженной в рельефе дна, ее возраст можно оценить как позднеплейстоцен-раннеголоценовый.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В пределах Чукотского шельфа закартирована древняя сеть палеодолин, имеющих в основном эрозионный генезис. Древние погребенные долины имеют в основном северо-западное простирание и характеризуют направление речного стока во время морских регрессий. Простирание погребенных палеодолин отличается от подводных долин, выраженных в современном рельефе дна. Погребенные палеодолины прерывисто прослеживаются до современных 100-метровых глубин. В пределах погребенных палеодолин зафиксированы переуглубления, образование которых, возможно, связано с неотектоническими процессами, осложнившими структуру древней речной сети. Возраст речных и морских осадков, заполняющих погребенные палеодолины, определяется как плиоцен-четвертичный.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

*Астахов А.С., Гусев Е.А., Колесник А.Н., Шакиров Р.Б.* Условия накопления органического вещества и металлов в донных осадках Чукотского моря // Геология и геофизика. 2013. Т. 54. № 9. С. 1348–1365.

*Бондаренко С.А., Виноградов В.А., Горячев Ю.В., Гусев Е.А. и др.* Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Чукотская. Лист R-1, 2 – остров Врангеля. Объяснительная записка. СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2014. 144 с.

Возраст и генезис переуглублений на шельфах и история речных долин. М.: Наука, 1984. 215 с.

Гладенков А.Ю., Гладенков Ю.Б. Начало формирования межконтинентальных связей Пацифики и Арктики через Берингов пролив в неогене // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2004. Т. 12. № 2. С. 72–89.

Государственная геологическая карта РФ. Масштаб 1:1 000 000 (новая серия). Лист S 1,2 – Чукотское море (отв. ред. В.А. Виноградов). Объяснительная записка. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2005. 60 с.

Гусев Е.А., Аникина Н.Ю., Деревянко Л.Г., Ключиткина Т.С., Поляк Л.В., Полякова Е.И., Рекант П.В., Степанова А.Ю. Развитие природной среды южной части Чукотского моря в голоцене // Океанология. 2014. Т. 54. № 4. С. 505–517.

Дунаев Н.Н. Морфоструктура Берингова пролива // Геология и геоморфология шельфов и материковых склонов. М.: Наука, 1985. С. 77–85.

Зархидзе В.С. Палеогеновая и неогеновая история развития Северного Ледовитого океана // Геологическая история Арктики в мезозое и кайнозое: Материалы чтений памяти В.Н. Сакса. Кн. 2. СПб.: ВНИИОкеангеология, 1992. С. 6–28.

Зинченко А.Г. Новая орографическая схема арктического шельфа России // Геолого-геофизические характеристики литосферы Арктического региона. СПб.: ВНИИОкеангеология, 2000. Вып. 3. С. 39–56.

Ласточкин А.Н. Подводные долины северного шельфа Евразии // Известия всесоюзного географического общества. 1977. Т. 109. № 5. С. 412–417.

Морозова Л.Н. Уровень позднелайстоценовой (сартанской) регрессии на шельфе Восточно-Арктических морей // Геология и геоморфология шельфов и материковых склонов. М.: Наука, 1985. С. 85–88.

Павлидис Ю.А. Обстановка осадконакопления в Чукотском море и фациально-седиментационные зоны его шельфа // Проблемы геоморфологии, литологии и литодинамики шельфа. М.: Наука, 1982. С. 47–76.

Петров О.М. Геологическая история Берингова пролива в позднем кайнозое // Берингия в кайнозое. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1976. С. 28–32.

Полякова Е.И. Арктические моря Евразии в позднем кайнозое. М.: Научный мир, 1997. 146 с.

Свиточ А.А., Талденкова Е.Е. Новейшая история Берингова пролива // Океанология. 1994. Т. 34. № 3. С. 439–443.

Стрелков С.А. Развитие береговой линии Арктических морей СССР в четвертичном периоде // Труды института геологии Академии наук Эстонской ССР. 1961. Т. 8. Морские берега. С. 133–146.

Флеров И.Б., Дундо О.П., Гусев Е.А., Сухорослов В.Л. Геологические предпосылки богатых россыпей золота на шельфе Чукотского моря // Руды и металлы. 2011. № 3–4. С. 165–166.

Creager J.S., McManus D.A. Pleistocene drainage patterns on the floor of the Chukchi Sea // Marine Geology. 1965. Vol. 3. № 4. P. 279–290.

Elias S.A., Short S.K., Nelson C.H., Birks H.H. Life and times of the Bering Land Bridge // Nature. 1997. Vol. 382. P. 60–63.

Grantz A., Mann D.M., May S.D. Multichannel seismic-reflection data collected in 1978 in the Eastern Chukchi Sea. US Geological Survey Open File Report 86–206. 1988. 4 p.

Gusev E.A., Andreeva I.A., Anikina N.Y., Bondarenko S.A., Derevyanko L.G., Iosifidi A.G., Klyuitkina T.S., Litvinenko I.V., Petrova V.I., Polyakova E.I., Popov V.V., Stepanova A.Y. Stratigraphy of Late Cenozoic sediments of the western Chukchi Sea: New results from shallow drilling and seismic-reflection profiling // Global and Planetary Change. 2009. Vol. 68. № 1–2. P. 115–131.

Harris P.T., Macmillan-Lawler M., Ruppel J., Baker E.K. Geomorphology of the oceans // Marine Geology. 2014. Vol. 352. P. 4–24.

- Hill J.C., Driscoll N.W., Brigham-Grette J., Donnelly J.P., Gayes P.T., Keigwin L. New evidence for high discharge to the Chukchi shelf since the Last Glacial Maximum // *Quaternary Research*. 2007. Vol. 68. № 2. P. 271–279.
- Hill J.C., Driscoll N.W. Paleodrainage on the Chukchi shelf reveals sea level history and meltwater discharge // *Marine Geology*. 2008. Vol. 254. № 3–4. P. 129–151.
- Hill J.C., Driscoll N.W. Iceberg discharge to the Chukchi shelf during the Younger Dryas // *Quaternary Research*. 2010. Vol. 74. № 1. P. 57–62.
- Hopkins D.M. Cenozoic history of the Bering Land Bridge // *Science*. 1959. Vol. 129. № 3362. P. 1519–1528.
- Keigwin L.D., Donnelly J.P., Cook M.S., Driscoll N.W., Brigham-Grette J. Rapid sea-level rise and Holocene climate in the Chukchi Sea // *Geology*. 2006. Vol. 34. № 10. P. 861–864.
- McNeil D.H., Duk-Rodkin A., Dixon J., Dietrich J.R., White J.M., Miller K.G., Issler D.R. Sequence stratigraphy, biotic change,  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  record, paleoclimatic history, and sedimentation rate change across a regional late Cenozoic unconformity in Arctic Canada // *Canadian Journal of Earth Sciences*. 2001. Vol. 38. № 2. P. 309–331.
- Phillips R.L., Barnes P., Hunter R.E., Reiss T.E., Rearik D.M. Geological investigations in the Chukchi Sea, 1984, NOAA ship Surveyor cruise. U.S. Geological Survey open-file report 88-25. 1988. 82 p.
- Polyak L., Darby D.A., Bischof J.F., Jakobsson M. Stratigraphic constraints on late Pleistocene glacial erosion and deglaciation of the Chukchi margin, Arctic Ocean // *Quaternary Research*. 2007. Vol. 67. № 2. P. 234–245.

E.A. ZYKOV, E.A. GUSEV

## BURIAL PALEOVALLEYS OF CHUKCHI SHELF

In the Chukchi shelf revealed a network of Pliocene-Quaternary buried paleovalleys. They are predominantly north-west strike and characterize the direction of river flow during the regression of the sea. The position and direction of buried paleovalleys different from submarine valleys, expressed in modern relief bottom. Buried paleovalleys intermittently traced to the modern 100-meter deep marks. Within paleovalleys fixed overdeepened, the formation of which is related to neotectonic processes complicate the structure of an ancient river network.

*Keywords:* Chukchi Sea, burial paleovalleys, Beringia, seismoacoustic studies.