

В.Л. Ломтев

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН,
Южно-Сахалинск, Россия

СТРОЕНИЕ СЕВЕРНОГО ФЛАНГА КУРИЛО-КАМЧАТСКОГО ЖЕЛОБА И ПРИЛЕГАЮЩИХ РАЙОНОВ

По данным промера и НСП анализируется строение северного фланга Курило-Камчатского желоба и смежных районов. Показано, что Курило-Камчатский и Алеутский желоба — молодые, наложенные морфоструктуры с элементами виргации, частью заполненные турбидитами каньонов Камчатки. Орографический барьер между желобами и наклонная абиссальная равнина являются частью ложа СЗ Пацифики. Кайнозойский чехол желобов и прилегающего ложа имеет двухъярусное строение и местами избыточно газонасыщен. Его верхняя толща вероятно сформирована турбидитами конусов выноса каньонов Камчатки до заложения Курило-Камчатского желоба в среднем плейстоцене. Океанический чехол прослежен на 10—18 км под внутренний борт Курило-Камчатского желоба (аккреционная призма), что предполагает его покровную, надвиговую структуру. На тихоокеанской окраине Камчатки уточнено соотношение подводных окончаний ее восточных, горных п-овов и батимальных хребтов-барьеров. Намечены связь каньонов Камчатки с разломами северо-западного простирания и разновозрастность абразионно-аккумулятивных равнин шельфа и аванишельфа. Фрагментарность, резкие изменения крутизны и батиметрического положения аванишельфа обусловлены вероятно контрастной тектоникой фокальной зоны Бенъофа — крупнейшего современного разлома Земли.

Ключевые слова: ложе СЗ Пацифики, сочленение Курило-Камчатского и Алеутского желобов, возвышенность Обручева, кайнозойский чехол, каньон, абиссальный канал, оползень.

Памяти член-корр. РАН,
проф., д.г.н. Г.Б. Удинцева — пионера в изучении
строения Курило-Камчатского желоба и многих других
морфоструктур и регионов Мирового океана.

Статья посвящена изучению рельефа северного фланга Курило-Камчатского желоба и прилегающих районов ложа СЗ Пацифики (Тихий океан) с возвышенностью Обручева (гайот Мейджи), западного фланга Алеутского желоба и тихоокеанской окраины Камчатки. Работа основана на материалах прецизионного промера и НСП МОВ. Промер выполнен в рейсе ЭОС КТОФ «Абха-

© В.Л. ЛОМТЕВ, 2018

зия» — 1975 (узколучевой эхолот ГЭЛ-3, спутниковая привязка). На тихоокеанской окраине Камчатки и Курило-Камчатском желобе он проводился по системе параллельных галсов юго-восточной ориентировки с шагом 5 км, а в западной, командорской части Алеутской системы дуга-желоб и прилегающем ложе Пацифики — по системе параллельных галсов юго-западной ориентировки с шагом 10 км. Материалы НСП МОВ получены в рейсах НИС «Бартлетт»—1970 и НИС «Пегас»—1977 [15]. Рассматриваемый регион является крупным входящим структурным углом на северо-западе Пацифики, образованным сочленением Алеутской и Курило-Камчатской систем дуга-желоб (рис. 1, 2). Многие вопросы его геоморфологии, геологии, истории геологического развития до сих пор дискуссионны, например, виргация (ветвление) Курило-Камчатского желоба, подъем его тальвега с 7000 до 5000 м в зоне между Кроноцким п-овом и возвышенностью Обручева [1, 6] или абиссальные каналы ложа океана на продолжении камчатских каньонов. Ниже освещены особенности строения рельефа дна и кайнозойского чехла этого региона, вопросы генетической диагностики, основанной на соотношениях рельефа дна с рельефом более древних, погребенных поверхностей, которые выявляются на профилях НСП МОВ [12].

Фактический материал и его интерпретация

Равнина краевого вала. Фрагмент равнины краевого океанического вала ложа СЗ Пацифики [16] на рис. 2 имеет холмисто-грядовый рельеф с перепадом высот 200—400 м. Глубины дна здесь изменяются от 5000 м у подошвы южного борта возвышенности Обручева до 5600 м в 60 км к югу от нее [14, 15], т.е. наклон равнины достигает $0^{\circ} 30'$. Пологие депрессии шириной до 10—15 км и узкие (до 5—10 км) гряды протяженностью до 50—60 км ориентированы, в основном, субмеридионально. Но с приближением к возвышенности Обручева и бровке внешнего склона Курило-Камчатского желоба депрессии и гряды приобретают субширотную ориентировку. Некоторые крупные депрессии пересекают бровку внешнего склона желоба и продолжаются далее, например абиссальный канал на продолжении Жупановского каньона, следующий к стыку поднятия Шатского, Императорского хребта и зоны разлома Хоккайдо. Следовательно, еще недавно здесь существовала единая долинная сеть тихоокеанской окраины Камчатки и прилегающего ложа Пацифики (включая и район возвышенности Обручева), которая была разорвана после заложения Курило-Камчатского желоба-ловушки придонных турбидитных потоков в среднем плейстоцене [6]. Отметим здесь также конические абиссальные холмы как одиночные, так и осложняющие гряды. Высота холмов достигает 100—300 м при диаметре основания 10—12 км. В плане они имеют изометричную форму. Происхождение этих форм рельефа различное. Гряды и депрессии, пересеченные профилем В-43/2 (рис. 3), конформны выступам и впадинам (рифтограбены) в кровле акустического фундамента и слоям океанического чехла, поэтому их можно считать тектонически обусловленными формами. Вулканическое происхождение и позднеймезозойский возраст конических гор и абиссальных холмов связывают с их морфологией [10]. По данным НСП ИМГиГ и бурения многочисленные неоген-четвертичные конические горы и холмы СЗ плиты ложа Пацифики не имеют признаков подводной вулканической деятельности [4, 7]. Их коническая форма вероятно сформирована бескорневыми гранитными протрузиями из слоя 4.

Изометричные формы рельефа ложа у подошвы возвышенности Обручева созданы, вероятно, подводными оползнями. Здесь наблюдаются дисконформные соотношения рельефа дна и сейсмических границ. По различиям в акустической жесткости, длине и рельефе отражающих границ (см. рис. 3, В-43/2) можно заключить, что кайнозойский чехол равнины краевого вала мощностью 1,1—2,2 с состоит из двух толщ (здесь и далее, а также рис. 3 мощность осадков дана в секундах двойного пробега). С учетом среднечетвертичного возраста Курило-Камчатского желоба [6] верхняя слоистая толща (0,7—1,0 с) прикамчатского ложа Пацифики сложена контрастными турбидитами и контуритами крупного, неоген-раннечетвертичного фана Камчатского и возможно других камчатских каньонов (см. рис. 3, В-43/2). Различия в упорядоченности и протяженности отражающих границ, характерные для верхней толщи чехла, видимо, обусловлены не только механизмом транспортировки и составом материала (тонкозернистые турбидиты, контуриты), но и его избыточной газонасыщенностью [5]. Пологие складки в нижней прозрачной толще (0,4—1,3 с), неповторяющиеся в верхней (В-43/2, пикет 48 км), видимо, связаны с пликативными деформациями, происходившими до накопления верхней толщи.

Подводная возвышенность Обручева (гайот Мейджи). На рис. 2 показана лишь крайняя северо-западная часть возвышенности Обручева с минимальными отметками около 2950 м. Ширина ее изменяется от 80 км у Курило-Камчатского желоба до 120—125 км мористее, а высота над ложем океана превышает 2000—2500 м. Возвышенность отличается как продольной, так и поперечной асимметрией, которая возникает за счет более коротких и крутых северо-западного и юго-западного склонов. Подошва последнего, в среднем, на 300—500 м ниже подошвы северо-восточного склона. Наблюдаемая субпараллельность и спрямленность подошв склонов возвышенности связана вероятно с ограничивающими ее краевыми разломами [16]. Это подтверждается и нашими данными (см. рис. 3, В-43/1, 2). Склоны возвышенности, особенно юго-западный, осложнены узкими впадинами и гребнями высотой 100—200 м, а также ступенями, которые соответствуют ступеням в кровле фундамента. Здесь наблюдаются и инверсионные соотношения кровли фундамента и рельефа дна, которые возникли, вероятно, при сползании кайнозойского чехла. Его мощность на склонах возвышенности весьма изменчива, однако не превышает 0,2—0,5 с на юго-западном и 1,2—1,7 с на северо-восточном склонах. Вершинная поверхность возвышенности представляет собой плато на глубинах 3200—3500 м, над которым возвышаются изометричный абиссальный холм и протяженная гряда, разделенные обширной депрессией (рифтограбен или раздвиг?) глубиной до 300 м (см. рис. 2). Вершинная поверхность сложена толщей преимущественно терригенных осадков мощностью 0,6—1,2 с (абиссальный холм и гряда) и 1,5—1,8 с (депрессия). Бурение скв.192 показало, что мощность кайнозойского чехла здесь составляет 1044 м [21]. С учетом единой долинной сети тихоокеанской окраины Камчатки и прилегающего ложа Пацифики (см. выше) верхнюю контрастную толщу чехла на возвышенности Обручева вероятно слагают турбидиты и контуриты конуса выноса Камчатского каньона в отличие от известной модели нефелойдной седиментации осадочного языка Мейджи [22]. Судя по разрезам В-43/2,1 (см. рис. 3) положительным формам рельефа плато соответствуют не выступы фундамента, а депрессии. Наиболее высокие по гипсометрическому положению выступы фундамента соответствуют внешним краям плато и бров-

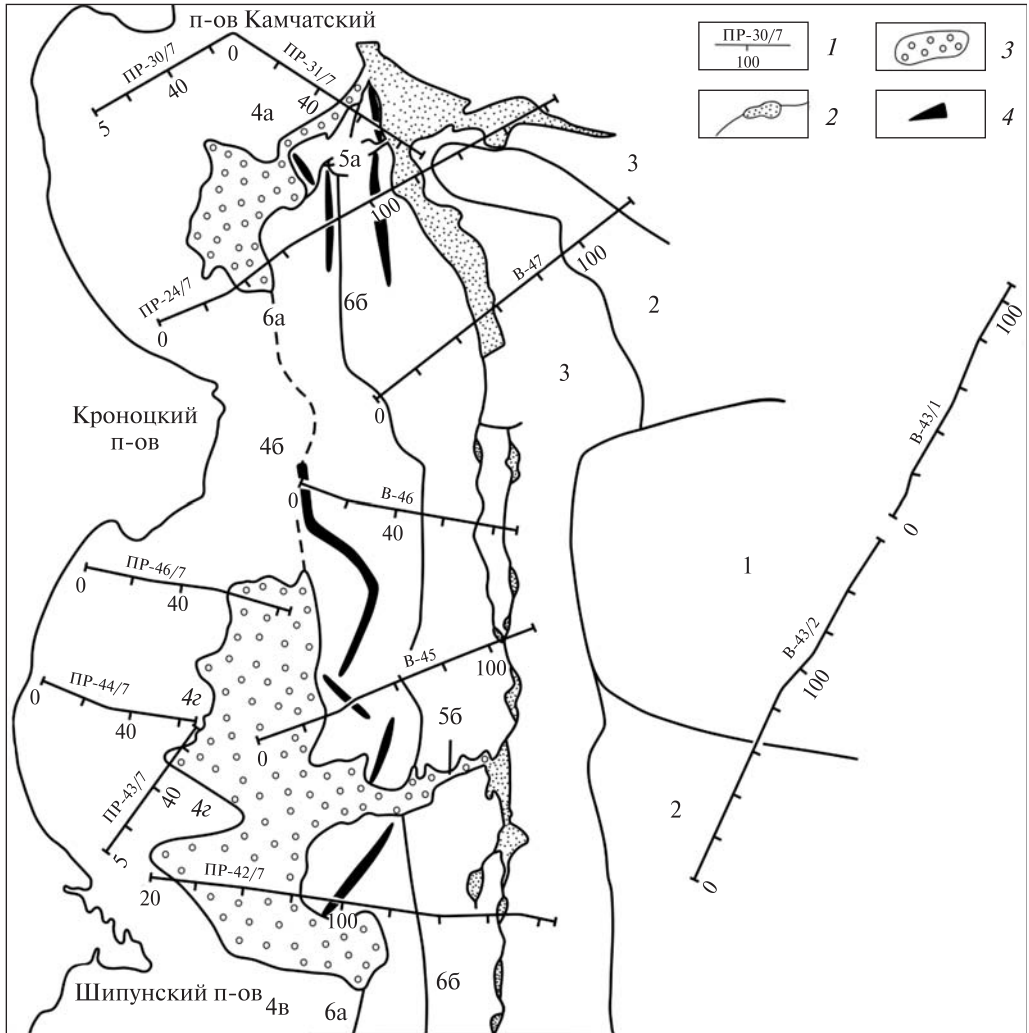


Рис. 1. Схема расположения профилей НСП МОВ с элементами геоморфологического районирования: 1 — положение профилей, их номера и пикеты, км. ПР — профили, выполненные НИС «Пегас», В — профили НИС «Барглетт»; 2 — дно Курило-Камчатского и Алеутского желобов; 3 — впадины тихоокеанского континентального склона Камчатки; 4 — хребты-барьеры. Цифры на схеме: 1 — возвышенность Обручева; 2 — равнина краевого вала; 3 — внешние, океанические склоны Курило-Камчатского и Алеутского желобов; 4а–в — подводные продолжения: 4а — п-ов Камчатский, 4б — п-ов Кроноцкий, 4в — п-ов Шипунский, 4г — хребты-выступы в Кроноцком заливе; 5а, б — подводные каньоны: 5а — Камчатский, 5б — Жупановский, 6а, б — границы тихоокеанского континентального склона Камчатки: 6а — верхней и средней его частей, 6б — средней и нижней (внутренний борт Курило-Камчатского желоба) его частей

кам склонов центральной депрессии. Конформные соотношения наблюдаются лишь в строении депрессии, ограниченной разломами (рифтограбен или раздвиг?). Таким образом, в пределах плато наблюдается инверсия рельефа.

Севернее возвышенности Обручева располагается наклонная ($0^{\circ} 30'$) полого-ступенчатая равнина. Вместе с подводным хребтом, ориентированным в северо-

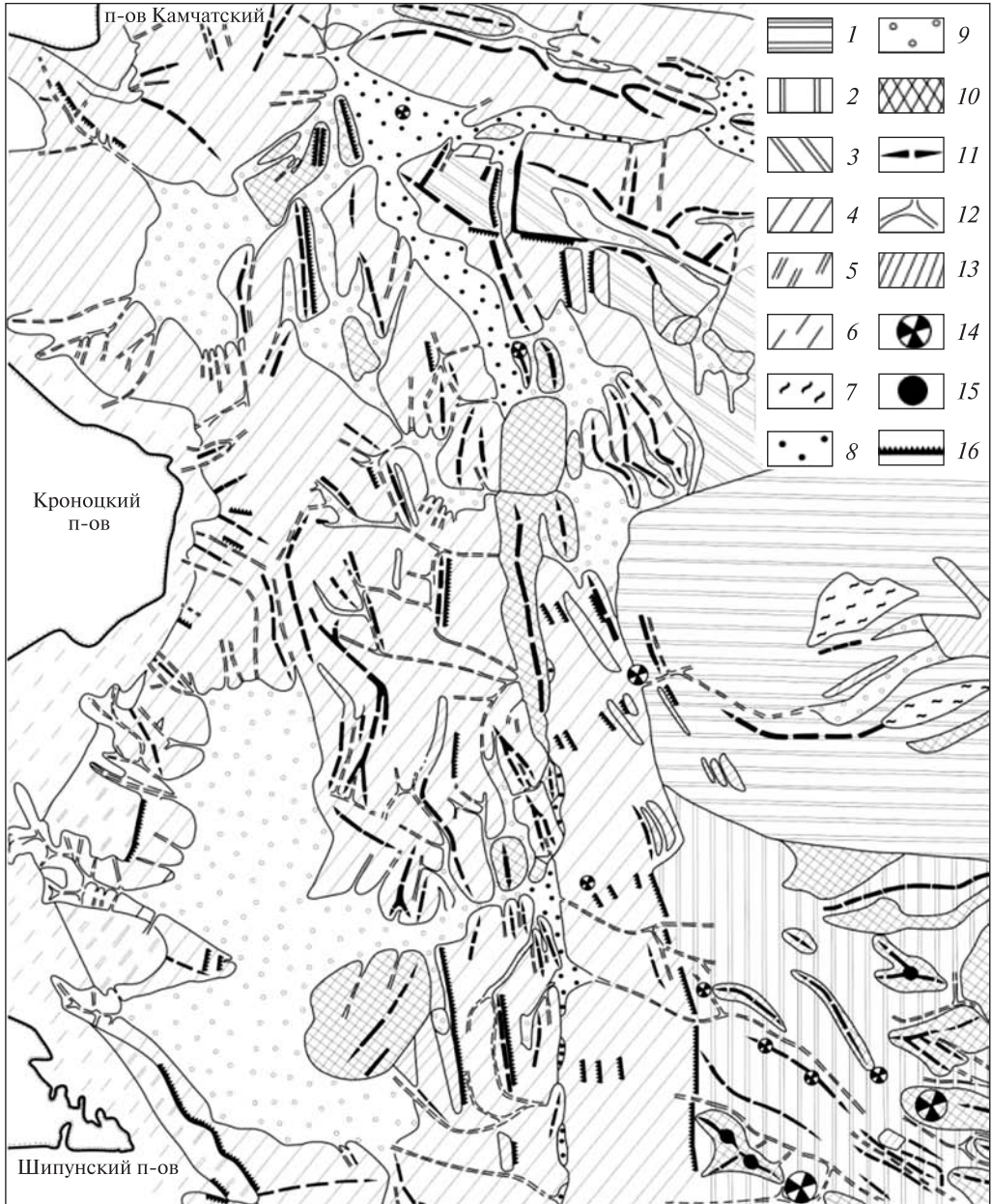


Рис. 2. Морфографическая схема стыка Курило-Камчатского и Алеутского желобов и прилегающих районов: 1 — возвышенность Обручева; 2 — абиссальная равнина; 3 — наклонная равнина и подводный хребет; 4 — тихоокеанские континентальные склоны Камчатки и западного (Командорского) фланга Алеутской островной дуги, включая внутренний и внешний склоны Курило-Камчатского и Алеутского желобов; 5 — аваншельф; 6 — шельф; 7 — субгоризонтальные вершины абиссального холма и гряды на возвышенности Обручева; 8 — плоское аккумулятивное дно глубоководных желобов; 9 — межгорные впадины, внутренние впадины (депрессии) на поверхности тектонических ступеней; 10 — подводные хребты, гряды; 11 — оси хребтов; 12 — тальвеги каньонов и депрессий; 13 — субгоризонтальные ступени; 14 — абиссальные холмы; 15 — вершины подводных гор; 16 — крутые уступы

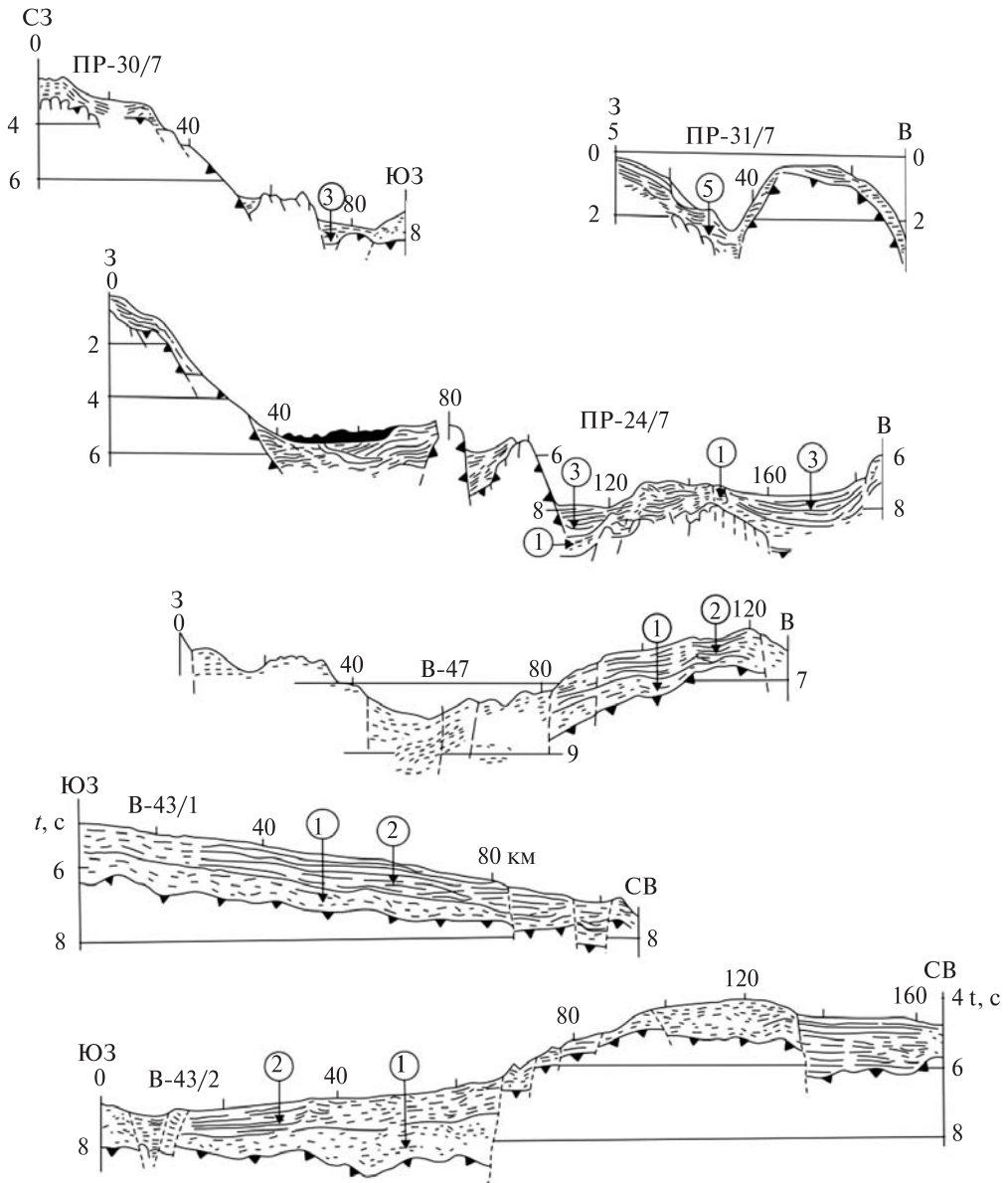


Рис. 3. Подборка интерпретированных временных разрезов НСП МОВ: 1 — кровля акустического фундамента; 2 — разломы; 3 — граница осадочных толщ. Оцифровка на разрезах: по горизонтали — в километрах, по вертикали — в секундах двойного пробега. Цифры в кружках: 1, 2 — нижняя и верхняя осадочные толщи абиссальной и наклонной равнин соответственно; 3 — турбидитная толща в Курило-Камчатском и Алеутском глубоководных желобах; 4, 5 — нижняя и верхняя осадочные толщи тихоокеанского континентального склона Камчатки соответственно. Внизу справа представлена номограмма для определения реальных углов наклона дна и отражающих границ [12] (см. также с. 21)

западном направлении и возвышающимся над дном Алеутского желоба более чем на 1500 м, эту равнину относят обычно к возвышенности Обручева [16, 17]. Рассмотрим правомерность этой точки зрения. Наклонная пологоступенчатая равнина характеризуется довольно спокойным рельефом, изредка нарушаемым изомет-

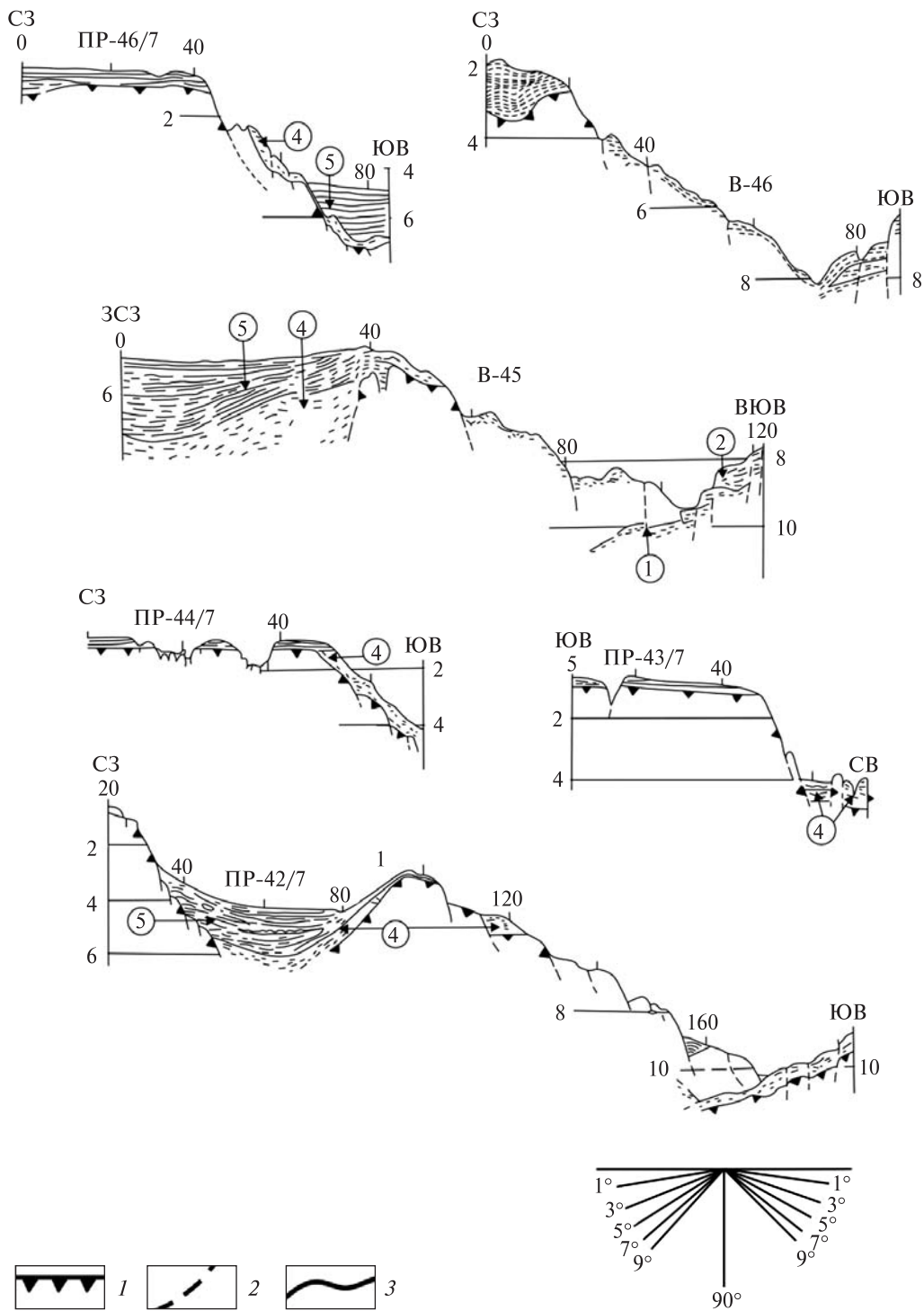


Рис. 3. Окончание

ричными абиссальными холмами высотой 100—300 м и неглубокими депрессиями, открытыми к Алеутскому желобу. Наблюдающееся двухъярусное строение кайнозойского чехла (см. рис. 3, В-43/1) почти идентично кайнозойскому чехлу равнины краевого вала, однако мощность его выдержана (1,3—1,6 с). Наиболее существенные деформации чехла (наличие неглубоких пологовогнутых депрессий и выпуклых барьеров или ступеней и конформных им форм рельефа фундамента) установлены вблизи бровок внешних склонов Курило-Камчатского и Алеутского желобов. Невысокий, асимметричный за счет более крутого, алеутского склона хребет с отметками вершины 4000—4500 м, разделяющий эти желоба, если судить по их продольным профилям в [1, 6], является частью наклонной равнины ложа, что подчеркивается близвысотным (по крайней мере, в его юго-восточной части) положением кровли фундамента и двухъярусным строением чехла, характерным для обеих равнин. По направлению к стыку Курило-Камчатского и Алеутского желобов хребет снижается, и минимальная глубина океана характерна уже не для вершины хребта, а для ступени на его юго-западном склоне. Подобная инверсия рельефа хорошо видна на профиле В-47 (см. рис. 3). Она возникла видимо в результате сползания кайнозойского чехла в Алеутский желоб. Широкой впадиной-седловиной северо-восточного простирания хребет отделен от своего дистального окончания у стыка желобов, который имеет наиболее сложное строение и весьма расчлененную платообразную поверхность (см. рис. 3, ПР-24, 30). Кровля фундамента ступенчато погружается под дно обоих желобов. Наряду со ступенчатыми сбросами наблюдаются и взбросы (частью возможно цилиндрические [18]), которые можно установить по запрокидыванию слоев и особенностям рельефа кровли фундамента. Особенно заметны они на камчатском склоне и на фесе хребта, тогда как на алеутском склоне наблюдаются лишь нормальные сбросы, частью возможно цилиндрические [18]. Первые примеры надвигов и цилиндрических взбросов на глубинных разрезах НСП и МОГТ по внешнему склону юга Курило-Камчатского желоба (рамповый грабен) представлены в [7, 9]. Таким образом, наклонная равнина и хребет, разделяющий упомянутые желоба, не могут быть причислены к возвышенности Обручева, поскольку являются частью абиссальной равнины ложа океана. Обособление хребта произошло благодаря заложению и развитию Курило-Камчатского и Алеутского глубоководных желобов в среднем плейстоцене-голоцене (см. выше).

Алеутский желоб. На рис. 2 показана крайняя, северо-западная часть Алеутского желоба с элементами асимметрии и симметрии в поперечном сечении. Первая из них наблюдается при сопоставлении склонов желоба на уровне между бровкой шельфа западного фланга Алеутского хребта (140—160 м) и перегибом внешнего склона желоба (4500—5000 м), вторая — между перегибом склона Алеутского хребта (4500—5000 м) и бровкой внешнего склона на той же глубине. Желоб имеет как V-, так и корытообразную формы, которые присущи ему в зависимости от ориентировки [1, 5] и мощности кайнозойского чехла. Осадки, залегающие в желобе, представлены двумя толщами. Верхняя, контрастная турбидитная мощностью до 1,0 с (см. рис. 3, ПР-24/7) характеризуется выдержанными слабдеформированными границами и четко отделяется от отложений на склонах. Нижняя, гемипелагическая толща отличается короткими отражающими границами и в пределах океанического склона облекает кровлю фундамента [20]. В осевой части желоба мощность нижней толщи не установлена.

Курило-Камчатский желоб. Северный фланг этого желоба имеет протяженность около 350 км и глубину тальвега от 5600—5700 м у стыка с Алеутским желобом до 7500—7700 м вблизи устья Жупановского каньона (см. рис. 1). Границы желоба — перегибы (бровки) внешнего, океанического и нижней части континентального склонов (внутренний борт) — имеют различный гипсометрический уровень. Так, на участке краевого вала глубина бровки внешнего борта желоба достигает 5500—5600 м, у возвышенности Обручева — 4500—5000 м, на участке наклонной равнины и разделяющего хребта — от 4500—5200 до 5600—5700 м. На тихоокеанском склоне Камчатки бровка внутреннего борта желоба расположена на глубинах, в среднем 4000—5000 м. В указанных пределах ширина Курило-Камчатского желоба достигает 20 км у сочленения желобов, 75—90 км к северу от возвышенности Обручева, 50—65 км на западном фасе возвышенности и 60—70 км к югу от нее. Желоб имеет как V-образную, так и корытообразную формы и асимметричен за счет более крутого (на 1—2°) внутреннего борта. Как и Алеутский желоб, он состоит из системы прямолинейных виргирующих впадин. Наиболее отчетливо виргация (ветвление) желоба наблюдается на участке между возвышенностью Обручева и Кроноцким п-овом, т.е. на южном склоне орографического барьера, разделяющего Курило-Камчатский и Алеутский желоба [1]. Ширина системы составляет 10—20 км, а отдельных впадин — от 2—3 до 10 м—15 км. Днища впадин слегка наклонены к востоку. Таким образом, высота бортов желоба достигает 2000—3000 м. Простираение его изменяется от северо-восточного до север-северо-западного. Наиболее резкое изменение простираения наблюдается в пределах орографического барьера, разделяющего упомянутые желоба. Здесь же отмечается и максимальная ширина желоба (см. рис. 1, 2).

Сочленение Алеутского и Курило-Камчатского желобов происходит примерно под углом 70° на глубине 5500—5700 м и характеризуется равнинным рельефом. На продольных профилях обоих желобов отчетливо проявляется орографический барьер высотой около 2000 м, разделяющий желоба. Как показано выше, он является элементом ложа океана. В рельефе его вершины выделяется замкнутая депрессия, образованная 100-метровыми пологими возвышенностями в днищах желобов. От Командорской котловины Берингова моря, расположенной на глубинах 4380—4420 м, депрессия отделена пологоступенчатым склоном. На продольном профиле Курило-Камчатского желоба Алеутский желоб не отражается и наоборот [1, 6]. Этот факт, наряду с отмеченными ранее резкими изменениями в морфологии желобов вблизи области их сочленения, отражает не только их наложенный характер, но и роль интенсивной турбидитной аккумуляции. Осадки, слагающие депрессию на стыке желобов, состоят из двух толщ: гемипелагической внизу и турбидитной вверху. Однако это соотношение изменяется вблизи устья Камчатского каньона, где турбидиты залегают на акустическом фундаменте (см. рис. 3, ПР-30/7). Характерное притыкание или т.н. налегание осадков, изменение мощности слоев, пологие пликативные деформации чехла свидетельствуют о придонном транзите турбидитов вдоль тальвегов Курило-Камчатского и Алеутского желобов (верхняя толща) и конседиментационном прогибании кровли фундамента. Уже в районе сочленения этих желобов отмечается тектоническое налегание пород внутреннего борта (аккреционная призма) на океанический чехол, характерное для Курило-Камчатского желоба [9, 12, 15, 20].

Океанические склоны желобов. На всем протяжении внешних склонов Курило-Камчатского и Алеутского желобов наиболее широкое распространение получили

субгоризонтальные ступени шириной 2,5—5,0 и протяженностью до 20—30 км и невысокие валообразные барьеры и хребты. Все они ограничены относительно крутыми уступами, связанными со ступенчатыми разломами. Барьеры и хребты обрамляют пологие депрессии со стороны желоба. Ширина депрессий в Курило-Камчатском желобе (см. рис. 2) варьирует от менее 0,5 до 15—20 км. Почти на всем протяжении внешний склон сложен двухъярусным чехлом за исключением участка к юго-западу от двуглавой подводной горы Павловского (см. рис. 2—4, ПР-24/7, 42/7, В-47, 46, 45). Это связано, видимо, с перехватом осадков с севера, где надстраивался конус выноса Камчатского каньона (возвышенность Обручева) абиссальным каналом на продолжении Жупановского каньона (см. рис. 3, В-43/1). Строение системы виргирующих впадин Курило-Камчатского желоба у западного фаса возвышенности Обручева и разделяющих их пологовыпуклых барьеров видно на разрезах В-46, 47 (рис. 3), где они представляют собой внутренние впадины на поверхности сместившихся крупных масс осадочного чехла. При этом наблюдается заметная идентичность продольных профилей обеих впадин [1]. Погружение океанического чехла под континентальный склон Курило-Камчатского желоба установлено на многих разрезах НСП и МОГТ [9, 12, 13, 20]. Здесь оно варьирует от 10 до 18 км и определяется глубиной НСП и низкоскоростным разрезом аккреционной призмы [9]. Наиболее отчетливо налегание осадков, слагающих внутренний склон (аккреционная призма), отмечается на ПР-42/7, В-47,45 (см. рис. 3).

Чехол внешних склонов Курило-Камчатского и Алеутского желобов отличает слабая дислоцированность, значительная степень конформности отражающих границ, рельефа дна и кровли фундамента, что отчасти наблюдается и на юге Курило-Камчатского желоба [9, 12, 15].

Тихоокеанский склон Камчатки. От бровки шельфа или аваншельфа (глубина 160—1000 м) до дна желоба выделяются два основных перегиба, разделяющие тихоокеанский континентальный склон Камчатки на три части: верхнюю, среднюю и нижнюю или внутренний склон желоба. Верхняя часть склона включает в себя подводные окончания Камчатского, Кроноцкого и Шипунского горных п-овов, платообразных хребтов-выступов в Кроноцком заливе, а также склон от внешнего края шельфа или аваншельфа до днища батинальных впадин Камчатского и Кроноцкого заливов (рис. 1; [8]). К средней части склона относятся упомянутые впадины, смежные хребты-барьеры до перегиба нижней части склона и ступенчатый склон к востоку от мыса Кроноцкий.

Нижняя часть склона отличается широким распространением узких линейных продольных и поперечных склонов депрессий шириной до 1—7 км и глубиной до 100—500 м. Наиболее крупные из них (Камчатский и Жупановский каньоны) достигают дна Курило-Камчатского желоба. Поэтому горизонтальная и вертикальная расчлененность его внутреннего борта гораздо выше, чем океанического. Ступени и внешние барьеры, ограничивающие продольные депрессии с мористой стороны, как правило, осложнены крутыми уступами с углами наклона более 20—30°. Протяженность депрессий 20—50 км при ширине до 2—5 км, простирание — северо-восточное (продольное) и северо-западное (поперечное). Характерны колленчатые изгибы почти под прямым углом (см. рис. 2). Более мелкие формы рельефа зачастую отклоняются от этих двух основных направлений. Существование этих направлений отражает взаимодействия системы продольных, ступенчатых

разломов с системой северо-западных разломов. На рис. 3 в этой части склона наблюдаются депрессии от некомпенсированных до компенсированных или перекompенсированных осадками с образованием инверсионного соотношения рельефа дна и кровли фундамента (ПР-42/7). Большая акустическая жесткость, короткие отражающие границы, высокая степень дислоцированности затрудняют анализ структуры и мощности отложений аккреционной призмы. Линзы контрастных турбидитов с четкими протяженными границами имеют фрагментарное распространение и заполняют в той или иной степени днища депрессий.

Средняя часть континентального склона включает в себя батиальные впадины Камчатского и Кроноцкого заливов, открытые к желобу, смежные сложнопостроенные хребты-барьеры и участок ступенчатого склона между ними (см. рис. 1). Субгоризонтальное дно впадин полого поднимается по направлению к их краям. Глубина днища впадины Камчатского залива составляет 4000—4500 м, Кроноцкого залива — 3000—3500 м. Размеры впадин достигают 50×35 и 150×50 км соответственно. Обе впадины выполнены мощными (не менее 2,0—2,5 с) толщами слоистых, вероятно вулканогенно-терригенных, осадков. По характеру сейсмической записи во впадине Кроноцкого залива выделяются две осадочные толщи, залегающие на фундаменте. Верхняя толща мощностью до 1,5—2,0 с имеет протяженные отражающие границы и в целом конформна кровле нижней. Нижняя толща меньшей мощности и с короткими отражающими границами выполняет неровности кровли фундамента. Характер контакта осадков с бортами батиальных впадин Камчатского и Кроноцкого заливов существенно различен: на склонах хребтов-барьеров имеет место постепенное выклинивание обеих, особенно верхней, толщ (см. рис. 3, ПР-24/7, 42/7, В-45), тогда как у противоположного борта слои притыкаются. Примечательная черта впадины Кроноцкого залива — миграция ее батиметрической оси (см. рис. 3, ПР-42/7) для нижней толщи с востока на запад, а для верхней толщи — наоборот. В результате, батиметрическая ось имеет в разрезе форму дуги, вершина которой приурочена к границе нижней и верхней толщ. Исключение составляет самая верхняя часть разреза — наклонный аккумулятивный шлейф мощностью до 0,2—0,6 с, где широко развиты оползни.

Хребты-барьеры, ограничивающие с востока обе впадины, расположены на глубине от 2000—2500 до 3000—3500 м (Кроноцкий залив) и 3500—4000 м (Камчатский залив), т.е. их высота превышает 1000 м. В тектоническом плане они представляют собой шарьяжи фундамента на выходе фокальной зоны Беньюфа, ограничивающие с запада клинья низкоскоростных аккреционных призм океанического чехла [9, 14]. По материалам прецизионного промера хребет-барьер впадины Камчатского залива является самостоятельным образованием, тогда как хребет-барьер Кроноцкой впадины — составная часть Кроноцкого хребта, претерпевшего значительную структурную перестройку, видимо связанную с формированием Курило-Камчатского желоба (см. рис. 1, 2). Вершина хребтов и их склон, обращенный к Камчатке, покрыты кайнозойским чехлом, в частности, нижней толщей, иногда значительной мощности (см. рис. 3, В-45), тогда как склон, обращенный к желобу, местами лишен осадков верхней толщи. Судя по конформности границ верхней и нижней осадочных толщ, а также по уменьшению их мощности от оси впадины к батиальным хребтам-барьерам, последние были областью сноса при формировании кайнозойского чехла. Одновременно с накоплением осадков нижней толщи хребты-барьеры испытывали воздымание, о чем свидетельствует

миграция оси впадины в сторону континента, а в период накопления верхней — опускание. Движения контролировались региональными разломами. После накопления нижней толщи осадков началось воздымание хребтов-выступов. Они достигли уровня моря, и напластования нижней толщи частью были абрадированы (см. рис. 3, ПР-44/7). Рассматривая вопрос о происхождении морских олигоцен-нижне- и среднемиоценовых отложений в районе Кроноцкого перешейка, М.Н. Шапиро [19] пришел к выводу, что снос материала происходил с суши, расположенной восточнее Кроноцкого п-ова. Увеличение мощности и глубоководности этих отложений с юго-востока на северо-запад показывает, что снос осуществлялся вероятно из района расположения хребтов-выступов (палеосуша).

Верхняя часть тихоокеанского склона Камчатки включает в себя подводные окончания горных восточных п-овов, платообразные хребты-выступы в вершине Кроноцкого залива и склон, опирающийся на днище упомянутых выше впадин. Его высота колеблется от 3500 м (Камчатский залив) до 1000—2000 м (Кроноцкий залив) при ширине от 30—35 до 5—15 км, средняя крутизна — соответственно 5—7°. На верхнем склоне отмечается широкое развитие разномасштабных эрозионно-оползневых форм рельефа (см. рис. 3, ПР-31/7, 43/7, 44/7). Глубина вреза отдельных каньонов превышает 300—700 м. Кайнозойский чехол имеет фрагментарное распространение, особенно в Кроноцком заливе, а в Камчатском заливе он развит почти повсеместно, достигая наибольшей мощности (1,0—1,2 с.) вблизи устья р. Камчатка (ПР-24/7, 31/7). Чехол имеет двухъярусное строение, причем нижняя толща с короткими отражающими границами (описана выше) образует серию оползневых ступеней. Профилем ПР-31/7 (см. рис. 3) пересечен крупный блоковый оползень (длина по падению склона около 10 км) слоистых отложений верхней толщи. Подводные продолжения восточных п-овов и хребты-выступы в Кроноцком заливе (см. рис. 1) представляют собой выступы фундамента в той или иной степени перекрытые осадками и ограниченные разломами северо-западного простирания. В рельефе последние дренируют подводные каньоны (ПР-30/7, 31/7, 43/7, 44/7, 42/7). Фасы хребтов ограничены разломами северо-восточного простирания. Обращает на себя внимание разное гипсометрическое положение двух частей Кроноцкого хребта, разделенных 200-метровой впадиной-седловиной шириной 5 км (см. рис. 2, 3 В-46). Последняя открыта к впадинам Камчатского и Кроноцкого заливов и представляет собой внутреннюю депрессию, образованную опусканием восточной части Кроноцкого хребта по продольному разлому. Инверсия рельефа, наблюдаемая здесь, вызвана, вероятно, одновременным оползанием кайнозойского осадочного чехла.

Шельф и аваншельф Восточной Камчатки. Шельф имеет повсеместное распространение (см. рис. 2). Глубина его внешнего края 140—160 м, уклон 0° 30'. Ширина меняется от 20—30 км у вершин заливов до 1—10 км у полуостровов. Аваншельф распространен более фрагментарно. Ширина его 15—20 км в пределах хребтов-выступов и Шипунского подводного хребта, наклон поверхности составляет от 2 до 4°, глубина внешнего края 300—1000 м и более [2, 3]. С поверхности он сложен слоистыми отложениями, полого выклинивающимися к бровке континентального склона (средняя мощность 0,2—0,5 с). Мощность кайнозойского чехла в пределах шельфа, по-видимому, значительно выше (рис. 3, ПР-31/7). На аваншельфе наблюдаются конформные соотношения рельефа дна, границ слоев осадочного чехла и кровли фундамента (см. рис. 3, ПР-43/7, 44/7). Размыв ниж-

ней толщи свидетельствует об абразионном выравнивании, причем более раннем, вероятно плиоценовом по сравнению с ранне-среднеплейстоценовым возрастом шельфа [11, 12]. Погружение внешнего края аваншельфа на глубину более 1000 м — результат тектонических опусканий (юго-западная часть Кроноцкого залива), а более высокое гипсометрическое его положение (менее 1000 м, вершина Камчатского подводного хребта) — результат поднятия [2, 3] в зоне выхода фокальной зоны Беньофа — крупнейшего современного разлома Земли [14].

Подводные каньоны. Тихоокеанский склон Камчатки (рис. 2) изрезан подводными каньонами. Однако лишь наиболее крупные из них (Камчатский и Жупановский) с глубиной вреза до 800 м достигают дна Курило-Камчатского желоба. Более мелкие каньоны длиной до 10—20 км (морские овраги по Ф. Шепарду) приурочены лишь к верхней части континентального склона. Их устья располагаются у его подошвы. Базисной поверхностью этих каньонов является дно впадин обоих заливов. Форма поперечного профиля у них, как правило, V-образная, особенно в верховьях и вблизи перегиба склона. Ближе к устью она изменяется до трапециевидной или корытообразной (рис. 3, ПР-43/7). На разрезах ПР-44/7, 43/7, 46/7, 31/7 (см. рис. 3) видно, что крупные и мелкие каньоны приурочены к зонам разрывных нарушений северо-западного простирания. Некоторые из каньонов соответствуют грабенам в кровле фундамента, однако по размерам значительно уступают таковым в южной части желоба, например, Буссоль [15]. Крупнейшими эрозионно-аккумулятивными системами являются Камчатский и Жупановский каньоны. В пределах шельфа, аваншельфа и континентального склона они развиваются по-разному, поэтому их по морфологии, морфометрии и батиметрии можно разделить на несколько частей сверху вниз. Для каждой части характерен свой рисунок дренажной сети и уклон. В частности, в пределах шельфа и аваншельфа наблюдаются циркообразные депрессии и обилие притоков, образующих в плане древовидный рисунок долинной сети. В верхней части склона выделяются одно-два главных глубоко врезанных русла, а в нижней — одно глубокое русло с открытыми к нему узкими продольными депрессиями. Продольные профили этих каньонов не выработаны, о чем свидетельствует наличие ступеней, некоторые из них оползневые. По данным гидрологических ежегодников за 20-летний период количество взвешенных наносов, выносимых р. Камчатка в залив и отчасти перехватываемых Камчатским подводным каньоном, составляет в среднем 2 млн т/год [8]. Наличие столь мощного источника наносов отчасти объясняет повышенную мощность кайнозойского чехла в Камчатском заливе. Заполнение впадин осадками верхней толщи было возможным лишь при существовании хребтов-барьеров, окаймляющих впадины со стороны желоба.

Выводы

Таким образом, анализ данных прецизионного промера и НСП МОВ позволяет заключить, что Курило-Камчатский и Алеутский желоба являются молодыми, наложенными морфоструктурами с элементами виргации (ветвления), частью заполненными турбидитами подводных каньонов Камчатки. Подводный орографический барьер, разделяющий оба желоба и прилегающая наклонная абиссальная равнина являются частью ложа СЗ Пацифики, а не возвышенности Обручева, как считалось ранее. Кайнозойский чехол желобов и приле-

гающего ложа океана имеет двухъярусное строение и местами газонасыщен. Его верхняя толща вероятно сформирована турбидитами и контуритами конусов выноса каньонов Камчатки до заложения Курило-Камчатского желоба-ловушки в среднем плейстоцене. Океанический чехол прослежен на 10—18 км под внутренний борт Курило-Камчатского желоба (аккреционная призма), что предполагает его покровную, надвиговую структуру, например, региональный шарьяж фундамента, формирующий хребты-барьеры в средней части тихоокеанского склона Камчатки. Отмечена разновозрастность абразионно-аккумулятивных равнин шельфа и аваншельфа на тихоокеанской окраине Камчатки. Фрагментарность, резкие изменения крутизны и батиметрического положения последнего обусловлены вероятно контрастными тектоническими движениями в зоне выходе фокальной зоны Беньофа — крупнейшего современного разлома Земли.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воробьев В.М., Ломтев В.Л. Особенности рельефа и магнитного поля дна Курило-Камчатского и Алеутского желобов в области их сочленения. Геофизические поля островных дуг Востока Азии. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1979. С. 24—30.
2. Ильин А.В. Рельеф дна Камчатского залива. М.: Тр. Института океанологии АН СССР, 1961. Т. 50. С. 21—28.
3. Канаев В.Ф. Рельеф дна Кроноцкого залива. М.: Тр. Института океанологии АН СССР, 1959. Т. 36. С. 5—20.
4. Ломтев В.Л. Абиссальные холмы СЗ плиты Пацифики: особенности строения и относительный возраст. *Геол. и полезн. ископ. Мирового океана*. 2016. № 2. С. 57—75.
5. Ломтев В.Л. Газоносность ложа СЗ Пацифики. *Геол. и полезн. ископ. Мирового океана*. 2014. № 1. С. 69—80.
6. Ломтев В.Л. К строению и истории Курило-Камчатского глубоководного желоба. *Геол. и полезн. ископ. Мирового океана*. 2012. № 3. С. 36—47.
7. Ломтев В.Л. Новые данные по тектонике и магматизму СЗ Пацифики. *Геол. и полезн. ископ. Мирового океана*. 2008. № 4. С. 93—105.
8. Ломтев В.Л. Рельеф и структура тихоокеанского континентального склона Камчатки. Рельеф и структура осадочного чехла акваториальной части Дальнего Востока. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1981. С. 45—52.
9. Ломтев В.Л., Патрикеев В.Н. Структуры сжатия в Курильском и Японском желобах. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1985. 141 с.
10. Менард Г.У. Геология дна Тихого океана. М.: Мир, 1966. 273 с.
11. Мысливец В.И., Соловьева Г.Д. Береговые линии Мирового океана и геохронология плейстоцена. Вестник МГУ. Серия геогр. 1976. № 1. С. 57—62.
12. Сваричевский А.С., Ломтев В.Л., Патрикеев В.Н. Новые данные о рельефе тихоокеанского склона южной части Курильской гряды. Структура осадочных отложений Курило-Камчатского желоба. Ю-Сахалинск: СахКНИИ ДВНЦ АН СССР, 1979. С. 37—50.
13. Селиверстов Н.И. Строение дна прикамчатских акваторий и геодинамика зоны сочленения Курило-Камчатской и Алеутской островных дуг. М.: Научный мир, 1998. 164 с.
14. Селиверстов Н.И. Структура сейсмофокальной зоны Камчатки. *Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле*. 2007. № 1. Вып. № 9. С. 10—26.
15. Тектоника Курило-Камчатского глубоководного желоба. М.: Наука, 1980. 179 с.
16. Удинцев Г.Б. Рельеф Курило-Камчатской впадины. Исследования Курило-Камчатской впадины. *Тр. ИО АН СССР*, Т. 12. М.: Изд-во АН СССР, 1955. С. 16—61.
17. Удинцев Г. Б. Геоморфология и тектоника дна Тихого океана. М.: Наука, 1972. 394 с.
18. Хиллс Е. Очерки структурной геологии. М.: ИЛ, 1954. 174 с.
19. Шапиро М.Н. Тектоническое развитие восточного обрамления Камчатки. М.: Наука, 1976. 123 с.

20. Шолл Д. Осадочные толщи в глубоководных желобах северной части Тихого океана. Геология континентальных окраин. М.: Мир, 1978. Т. 2. С. 192—206.
21. Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project. Site 192. Washington: U.S. Government Printing office, 1973. Vol. 19. 913 p.
22. Scholl D.W., Hein J.R., Marlow M., Buffington E.C. Meiji sediment tongue: North Pacific evidence for limits movement between the Pacific and North American plates. *Bull. Geol. Soc. Amer.* 1977. Vol. 87, No 4. P. 1567—1576.

Статья поступила 24.01.2017

В.Л. Ломтев

БУДОВА ПІВНІЧНОГО ФЛАНГУ КУРИЛО-КАМЧАТСЬКОГО ЖОЛОБУ І ПРИЛЕГЛИХ РАЙОНІВ

За даними проміру і НВХ аналізується будова північного флангу Курило-Камчатського жолобу і суміжних районів. Показано, що Курило-Камчатський і Алеутський жолоби — молоді, накладені морфоструктури з елементами віргачії, частиною заповнені турбідитами каньйонів Камчатки. Орографічний бар'єр між жолобами і похилою абісальною рівниною є частиною ложа ПнЗх Пасифіки. Кайнозойський чохол жолобів і прилеглої ложа має двоярусну будову і місцями надмірно газонасичений. Його верхня товща ймовірно сформована турбідитами конусів виносу каньйонів Камчатки до закладення Курило-Камчатського жолобу в середньому плейстоцені. Океанічний чохол простежено на 10—18 км під внутрішній борт Курило-Камчатського жолобу (акреційна призма), що передбачає його покривну, насувну структуру. На тихоокеанській околиці Камчатки уточнено співвідношення підводних закінчень її східних, гірських п-ів і батіальних хребтів-бар'єрів. Намічено зв'язок каньйонів Камчатки з розломами північно-західного простягання і різновікових абразійно-аккумулятивних рівнин шельфу і аваншельфу. Фрагментарність, різкі зміни крутизни і батиметричне положення аваншельфу обумовлені ймовірно контрастною тектонікою фокальної зони Бенюфа — найбільшого сучасного розлому Землі.

Ключові слова: ложе ПнЗх Пасифіки, зчленування Курило-Камчатського і Алеутського жолобів, підняття Обручева, кайнозойської чохол, каньйон, абісальний канал, зсув.

V.L. Lomtev

THE STRUCTURE OF NORTHERN KURIL-KAMCHATKA TRENCH AND ADJACENT AREAS

The structure of northern Kuril-Kamchatka trench and adjacent areas are analysed by sounding and SCP data. It is showed, that Kuril-Kamchatka and Aleutian trenches are young, imposed morphostructures with elements of virgation, partly filled turbidites of Kamchatka canyons. Orographic barrier between trenches and inclined abyssal plain are the part of NW Pacific abyssal floor. Cenozoic cover of trenches and adjacent abyssal floor are two-story structure and here gas bearing. Its upper strata probably composed turbidites of Kamchatka canyon fans before Kuril-Kamchatka trench formation in the Middle Pleistocene. Oceanic cover observe at 10—18 km under the inner side of Kuril-Kamchatka trench (accretionary prism), that supposed its nappe, thrust structure. The correlation between submarine terminations of eastern peninsulas and bathyal ridge-barriers make on the Pacific margin of Kamchatka. The tie of Kamchatka canyons with NW faults and different ages of abraded-accumulative plains of shelf and avanshelf are projected. The fragmentation, sharp changes of steepness and bathymetric position of avanshelf send probably contrast tectonics of Benioff focal zone — greatest recent fault of the Earth.

Key words: NW Pacific abyssal floor, joint of Kuril-Kamchatka and Aleutian trenches, Obruchev rise, Cenozoic cover, canyon, abyssal channel, slide.