

doi: <https://doi.org/10.15407/gpimo2018.03.037>

В.Л. Ломтев

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

К СТРОЕНИЮ И ИСТОРИИ КАМЧАТСКОГО КАНЬОНА (ВОСТОЧНАЯ КАМЧАТКА)

Даны результаты исследования строения и истории Камчатского каньона (Восточная Камчатка) по данным промера и непрерывного сейсмического профилирования (НСП). Обнаружены региональная газонасыщенность кайнозойского чехла на шельфе и прилегающем континентальном склоне; оползни чехла на левом (протяженность ~55 км, западный склон п-ова Камчатского мыса) и правом (протяженность более 25 км, склон авандельты р. Камчатка) бортах каньона и уточнены их размеры; висячие оползни на левом борту связаны с переуглублением каньона на 100—150 м; на среднем склоне описан крупный (28 км) блоковый оползень, сошедший по Камчатскому каньону, его почти компенсированное палеоруло и субширотный поворот, с которым связано смещение устья каньона к северу на 70 км при воздымании хребта-барьера в среднем плейстоцене-голоцене. Материалы промера и НСП, представленные в статье, позволяют оконтурить оползневые массивы на бортах Камчатского каньона, выбрать для численного моделирования оползневых цунами наиболее опасные места (висячие оползни в полосе верхнего склона) и подготовить связанные с этим рекомендации для строителей нового международного морского порта Усть-Камчатск.

Ключевые слова: активная окраина, каньон, осадочный чехол, оползень, палеоруло, газ.

Введение

Камчатский подводный каньон протяженностью 162 км (175 км [39]) является одним из крупнейших в Курило-Камчатском регионе (рис. 1; [13, 30]). Он открыт по материалам промера в рейсах НИС «Витязь» в 1950—1955 гг. [7, 31]. Каньон дренирует приглубый (до ~200 м) шельф вершины Камчатского залива и, огибая подошву западного подводного склона п-ова Камчатский (Камчатского мыса [35]), выходит на глубоководную (5500—5700 м) аккумулятивную равнину на стыке тальвегов Курило-Камчатского и Алеутского желобов [11, 12, 24—27]. Интерес к нему связан с планами строительства нового международного порта Усть-Камчатск, которому могут угрожать обвально-оползневые (висячие оползни на левом борту каньона) и сейсмотектонические цунами

© В.Л. ЛОМТЕВ, 2018

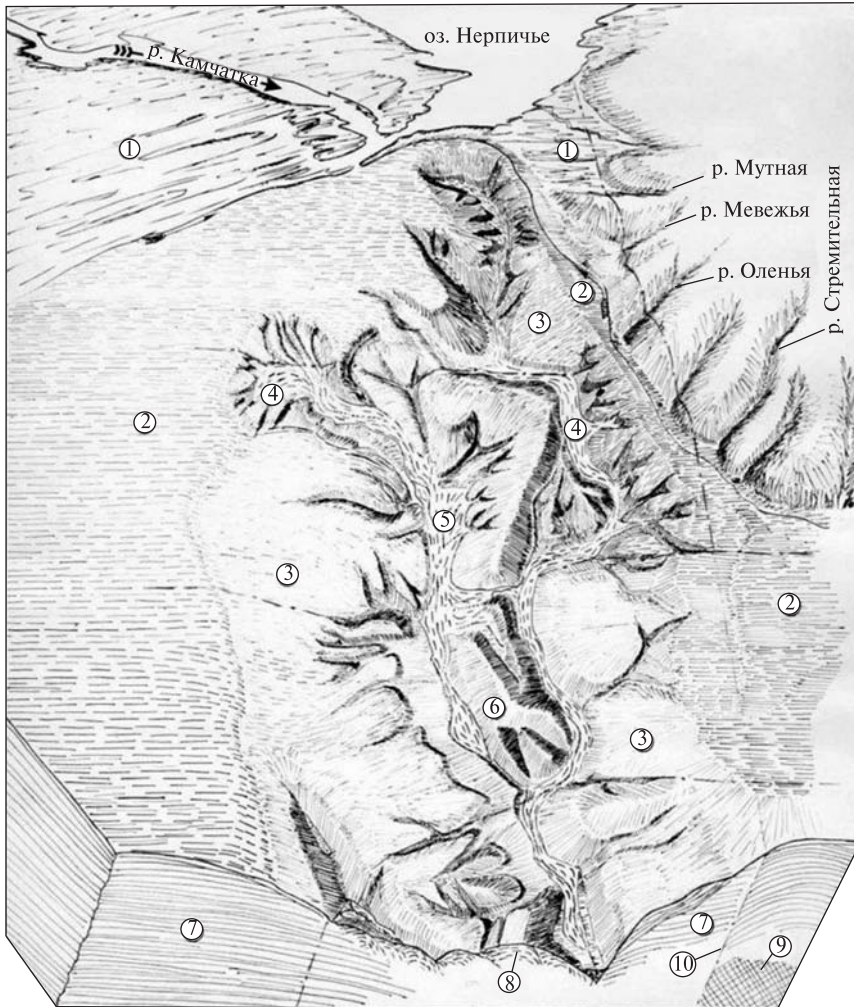


Рис. 1. Блок-диаграмма Камчатского каньона (сост. О.С. Корнев [8, 13]): 1 — низкая приморская равнина; 2 — шельф Камчатского залива; 3 — склоны каньона; 4 — эрозионно-оползневой (?) цирк в вершине Западной долины; 5 — дно каньона; 6 — блоковый оползень; 7 — стратифицированные кайнозойские отложения; 8 — породы предположительно доверхнемелового возраста; 9 — кайнозойские отложения с нарушенной слоистой текстурой; 10 — предполагаемый разлом на южной окраине горного массива Камчатского мыса

на северном фланге камчатского сегмента зоны Беньюфа [4, 13, 19]. Об активной литодинамике Камчатского каньона свидетельствует постоянный микросейсмический шум на частотах 0,15–0,40 Гц, фиксируемый сейсмостанциями в пп. Крутоберегово и Ключи (Н.И. Селиверстов, личное сообщение, 1980), а также цунами после сильного землетрясения с магнитудой 7,2 в районе Камчатского каньона 14.04.1923 г., которое подошло к устью р. Камчатка через 15–20 минут и имело высоту заплеска от 1 до 11 м (см. рис. 3, в [4]). Хотя на с. 40 в [28] сообщается, что один из катеров рыбозавода Ничиро на побережье Камчатского залива «...был переброшен через низкую прибрежную террасу шириной около 1 км и закинут на склон на высоту около 20 м».

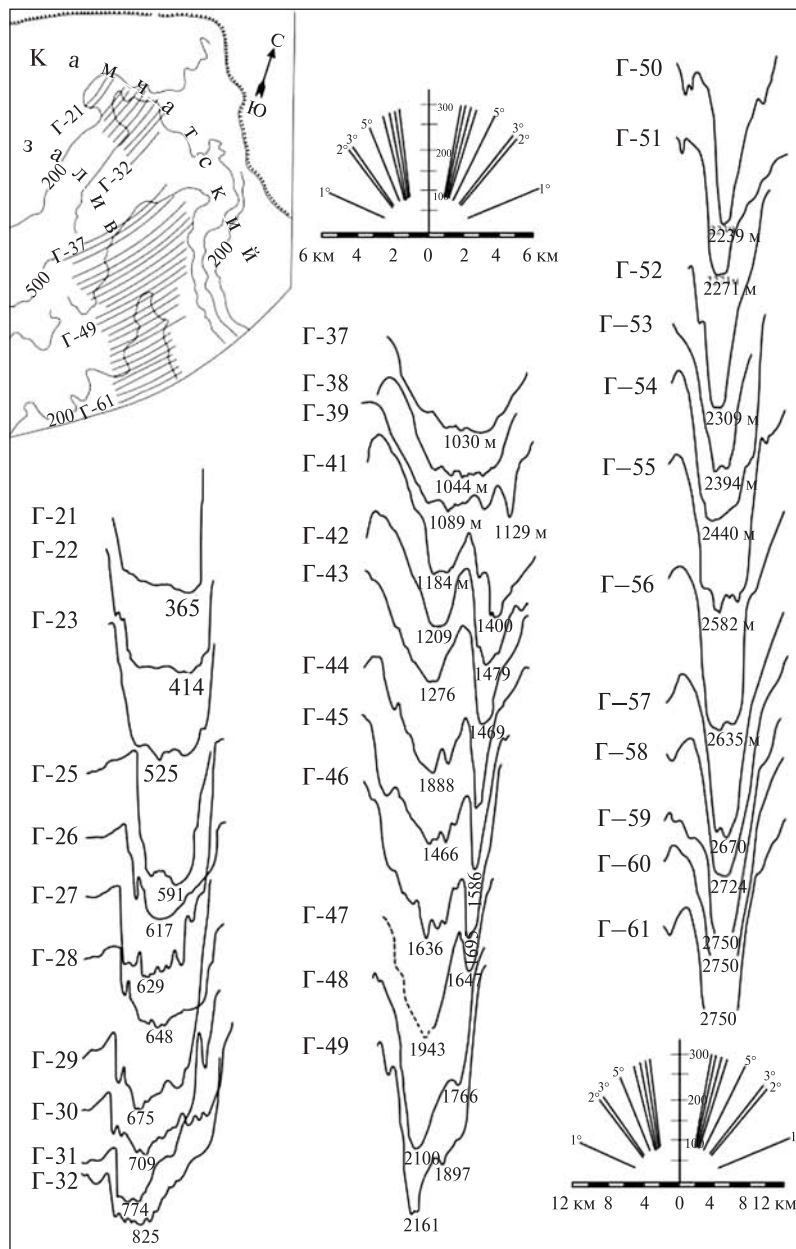


Рис. 2. Блок батиметрических профилей Камчатского каньона (сост. Л.В. Сваричевская [13]). Соотношение вертикального масштаба к горизонтальному 1:30. На врезках — истинные углы наклона дна и положение профилей СРТР «Тымень»-1978

Батиметрия исследуемого региона СЗ Пацифики известна по материалам прецизионного промера с узколучевым эхолотом ГЭЛ-3 и спутниковой привязкой в рейсе ЭОС «Абхазия»-1975 (КТОФ СССР) [11, 30], а также НСП, отработанных с частотой 200—250 Гц, в ряде рейсов НИС «Вулканолог» ИВиС [24—27]. Верхняя часть Камчатского каньона по системе дуговых галсов (рис. 2) детально изучалась сотрудниками СахКНИИ в рейсе СРТР «Тымень»-1978 ПО Сахалинры-

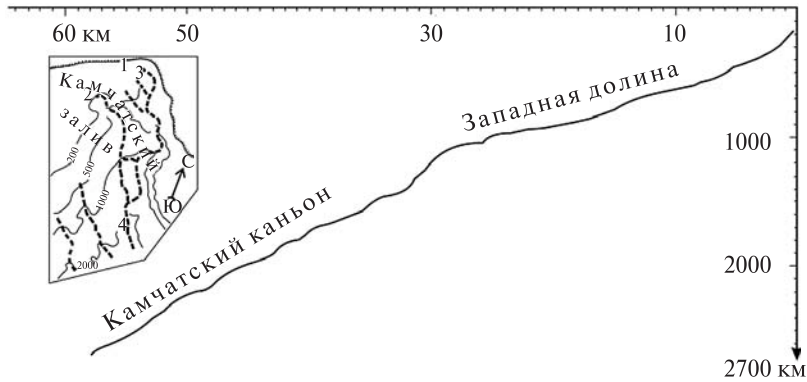


Рис. 3. Продольный профиль верхней части Камчатского каньона (сост. Л.В. Сваричевская [13]). Соотношение вертикального масштаба к горизонтальному 1:10. На врезке — положение тальвега каньона, его Западной и Восточной долин

бпром (эхолоты НЭЛ-5, «Палтус» и «Кальмар») с радионавигацией 23 экспедиции 2-го предприятия ГУГК СССР с точностью привязки ± 5 м [13]. По результатам проведенных исследований (промер, пробоотбор, сухопутные геологические наблюдения и сверх программы — гидролокация бокового обзора) установлено довольно сложное строение этого каньона, имеющего многочисленные притоки, несколько пережимов, коленчатые изломы русла, оползни, разную ширину и форму поперечного сечения (рис. 3, 4). Верховья Камчатского каньона образуют Западная и Восточная долины, которые на расстоянии 10 и 3,5 км соответственно подходят к устью прорыва р. Камчатки (см. рис. 1, 2), крупнейшей на Камчатке (площадь водосбора 56,4 тыс. км², протяженность 750 км). Среднемноголетний расход воды в ее устье составляет около 950 м³/с. По наблюдениям на гидропосту «Урочище Большие щеки», что в 65 км от устья и замыкающего 91,5 % площади водосбора реки, за период 1959—1975 гг. среднегодовой расход взвешенных наносов составил 95,9 кг/с или 28,4 млн тонн за 17 лет. С учетом ошибки метода расчета ± 20 % он может составить 2 млн т/год. Из соотношения стока влекомых и взвешенных наносов горных рек 1:5 (по Г.Ф. Мандычу), объем влекомых наносов р. Камчатки за упомянутый период превысит 6,8 млн тонн или 0,4 млн т/год в среднем. Река прорывает низкую прибрежно-морскую равнину шириной 10—15 км, образованную береговыми валами и лагунными понижениями. Самой большой лагуной является озеро Нерпичье площадью 516 км² и глубиной 13 м, которое с р. Камчаткой соединяет протока Озерная. Протоку и озеро от океана защищает невысокая Дембиевская песчаная коса [4, 20].

В геологии и геоморфологии Камчатского и других крупных каньонов тихоокеанской окраины Курило-Камчатской островной дуги почти не исследованы проблемы, связанные с их дочетвертичным возрастом и формированием неоген-раннечетвертичного гемитерригенного плаща на прилегающем ложе СЗ Пацифики (фаны каньонов и Камчатский контурный мегафан [11, 17, 18]). Проградация фанов прекратилась в среднем плейстоцене 0,5—1,0 млн лет т.н. (реликтовые формы) благодаря заложению Курило-Камчатского желоба, перехватившего придонные турбидитные и обломочные потоки по каньонам и с

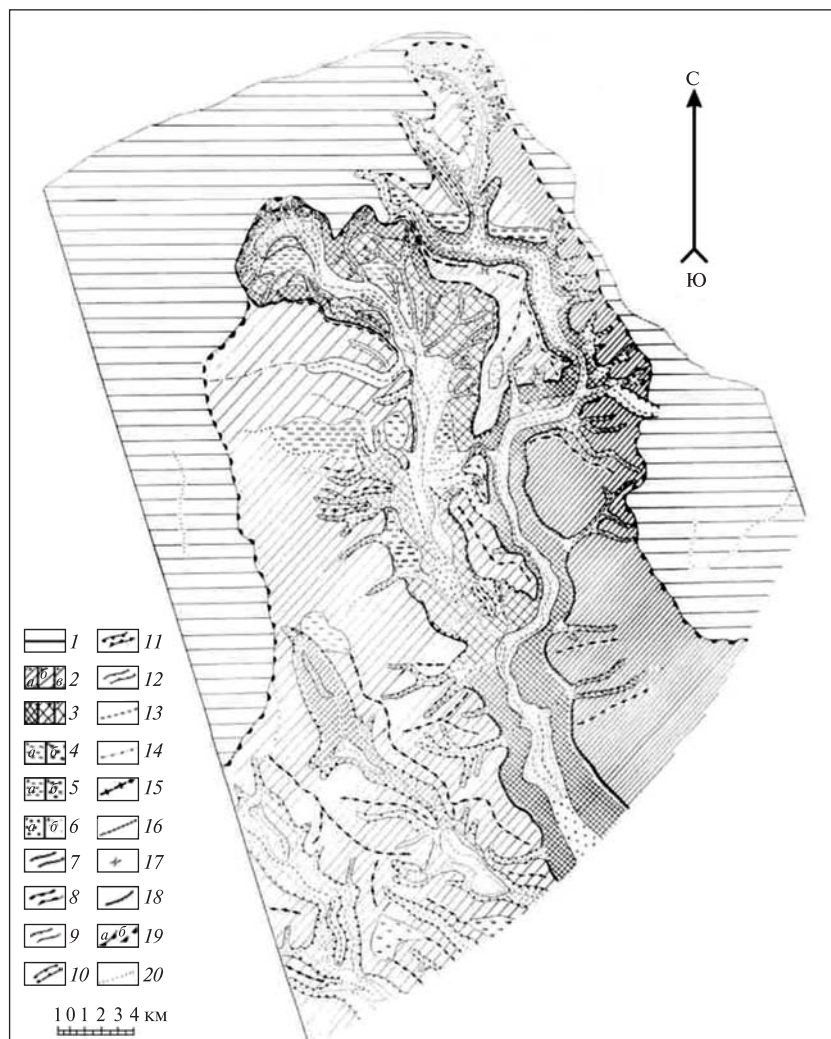


Рис. 4. Геоморфологическая схема верхней части Камчатского каньона (сост. Л.В. Сваричевская [13]). Шельф и аваншельф: 1 — равнины абразионно-аккумулятивные и абразионные. Тихоокеанский континентальный склон: 2 — склоны гравитационно-оползневые: а — крутые ($9-18^\circ$), б — средней крутизны ($3-9^\circ$), в — пологие ($1-3^\circ$). Камчатский каньон: 3 — склоны долин эрозийные и обвально-оползневые: а — крутые ($\geq 9-20^\circ$), б — средней крутизны, в — пологие ($1-3^\circ$). Выровненные поверхности: 4 — вершины хребтов, а — ровные, б — волнистые; 5 — оползневые ступени: а — ровные, б — бугристые; 6 — дно долин: а — ровное, б — бугристо-грядовое. Формы долин в поперечном сечении: 7 — каньонообразные (основной каньон), 8 — трогеобразные, 9 — трапециевидные, 10 — U-образные, 11 — V-образные; 12 — ложбины и борозды (овраги). Прочие обозначения: 13 — тальвеги долин, 14 — оси депрессий, 15 — гребни хребтов, 16 — вершины эрозийно-оползневых гряд, 17 — седловины, 18 — бровки оползневых ступеней; 19 — внешний край или бровка шельфа и аваншельфа: а — достоверная, б — предполагаемая; 20 — резкие перегибы поверхностей

открытых склонов (подводные лавины). По этой причине в приосевой части Курило-Камчатского и Алеутского желобов близ зоны их сочленения накопилось до 1 км молодых турбидитов, вероятно в основном Камчатского каньона [24—27, 30]. Другими важными проблемами являются возможная миграция Камчатского каньона во время формирования Курило-Камчатского желоба при

надвиге смежной островной дуги по зоне Беньофа и аккреции кайнозойского чехла перед и под фронтом регионального шарьяжа в среднем плейстоцене-голоцене [11, 15], газонасыщенность кайнозойского чехла [5, 24, 25], механизм формирования висячих оползней на левом борту каньона и их возможная цунамигенность [10, 13].

Рельеф

Тихоокеанская окраина Камчатки. По данным промера ее образуют шельф, фрагментарно аваншельф (термин В.Д. Дибнера) и тихоокеанский континентальный склон [6, 7, 12, 24—27, 31]. Шельф шириной от 0,5—1,5 до 30—60 км представлен пологоволнистыми, местами ступенчатыми абразионно-аккумулятивными равнинами. Бровка шельфа располагается на глубине 110—160 м. Глубины менее 140—160 м характерны для уплощенных, абразированных вершин Камчатского, Кроноцкого и Шипунского хребтов, указывая тем самым на их поднятие [7]. Тихоокеанский склон Камчатки крутизной 2—4° и шириной 60—150 км в среднем разделяет абразионно-аккумулятивные равнины шельфа и аваншельфа и аккумулятивную равнину на стыке тальвегов Курило-Камчатского (глубины 5500—5700 м) и Алеутского желобов [11]. По своей морфологии его подразделяют на верхнюю, среднюю и нижнюю части (следуя Г.Б. Удинцеву [31]). Последняя одновременно является внутренним склоном Курило-Камчатского желоба [13, 15]. Верхний склон шириной 5—35 км и крутизной 5—10° образован подводными продолжениями горных, вулканических полуостровов Восточной Камчатки. В депрессиях Авачинского, Кроноцкого и Камчатского заливов он опирается на дно батимальных впадин среднего склона, располагающихся на глубинах 2500—3000, 3000—3700 и 4000—4500 м соответственно. В рельефе верхнего склона обнаружены линейные и дугообразные узкие ступени, ограниченные нередко крутыми уступами, а также каньоны и мелкие врезы (морские овраги [38]). В основании склона почти повсеместно обнаруживаются обширные аккумулятивные шлейфы с грядово-холмистым микрорельефом эрозионно-оползневого происхождения. Шлейфы вероятно образуются при слиянии многочисленных конусов выноса каньонов и, возможно, оврагов. Ступенчатость верхнего склона по данным НСП в основном связана с оползнями [13]. Средний склон включает в себя батимальные впадины и обрамляющие их со стороны океана хребты-барьеры (Прикамчатский хребет [30]), а также восточную часть Кроноцкого подводного хребта. Ширина ее не превышает 40—90 км, а высота хребтов-барьеров над дном впадины — 500—2000 м. Их ориентировка несколько отличается от генерального простираения желоба, а сочленение с подводными продолжениями п-овов Восточной Камчатки видимо происходит под тупыми углами и контролируется разломами. Дно впадин представляет собой аккумулятивную поверхность, местами с ложбинно-грядово-холмистым микрорельефом, которая за счет осадочных шлейфов полого поднимается по направлению к краям [12, 13, 24—27]. Через Авачинский, Жупановский и Камчатский каньоны, пересекающие континентальный склон, впадины открыты в Курило-Камчатский желоб. Выделим асимметрию впадин и хребтов-барьеров, мористые восточные склоны которых круче и короче западных. Склоны хребтов местами обрывистые, возможно даже с нависающими карнизами. Нижний склон или

внутренний борт желоба начинается на глубинах 4000—5000 м и опирается на дно желоба на глубинах 5500—7700 м [11, 30]. Ширина его достигает 20—50 км, крутизна — 4—11°. Здесь распространены линейные депрессии на площадках тектонических ступеней, со стороны океана ограниченных крутыми, до 20—30°, уступами.

Тихоокеанская окраина Камчатки дренируется многочисленными каньонами, крупнейшими из которых являются Авачинский (Авачинский залив), Жупановский, Кроноцкий и Ольга (Кроноцкий залив), Кубовой (Кроноцкий п-ов), Чажма, Сторож и Камчатский (Камчатский залив [24—27, 40]). Они начинаются на глубинах порядка 40—60 м и менее. Их верховья имеют в плане древовидный рисунок, образованный многочисленными притоками. Глубина вреза изменяется от 300—500 м на шельфе и аваншельфе до 1000—2000 м на континентальном склоне. Заметно изменяется форма каньонов в поперечном сечении: от трапециевидной на шельфе до V-образной на склоне. Крутизна бортов каньонов может достигать 15—30°. Эти изменения обусловлены разными уклонами их продольных профилей и обвальными-оползновыми явлениями, широко распространенными на их бортах.

Камчатский подводный каньон. Вершину каньона образуют Восточная и Западная долины, которые начинаясь вблизи устья р. Камчатка, сливаются по широте Камчатского мыса на глубине 1400 м (рис. 1). Отсюда основное русло Камчатского каньона следует в субмеридиональном направлении вдоль западного подножия одноименного подводного хребта. Протяженность Восточной долины достигает около 39 км. Она подходит с юго-востока к устью р. Камчатки на расстояние 3,5 км. Верхняя часть долины с глубинами 63—400 м имеет слегка асимметричную V-образную форму шириной около 1 км. Начинаясь на глубине 63 м слабо выраженной ложбиной долина к изобате 400 м увеличивает свой врез до 60 м (рис. 2). Уклон русла долины составляет 1°48'. На этом отрезке ее осложняют короткие, неглубокие притоки субширотных направлений, особенно многочисленные на склоне Камчатского п-ова. Своими вершинами они подходят к бровке узкого шельфа и, возможно, пересекают его. Средняя часть Восточной долины с глубинами 400—500 м имеет трапециевидный профиль в поперечном сечении, широкое днище и невысокие крутые склоны. Такую форму она принимает на глубине 400 м после подхода двух правых V-образных ответвлений, соизмеримых по длине и глубине вреза с верхней частью долины. Вершины ответвлений направлены к устью р. Камчатка и отстоят от него на 5 и 8 км. Русло трапециевидной долины, сохраняя основное юго-восточное направление, имеет два коленообразных изгиба. На субширотном отрезке ширина долины составляет 2 км. Высота левого склона здесь составляет 60 м, правого склона — 45—50 м, их средняя крутизна варьирует от 12 до 18°. Продольный профиль имеет уклон 0°48'. Днище ровное, со следами аккумуляции в выпуклой центральной части шириной около 1 км. Субмеридиональный отрезок трапециевидной долины длиной 4 км сохраняет асимметрию склонов: высота правого склона составляет 110, левого — 140 м. Последний интенсивно расчленен притоками с V-образным поперечным профилем. Вершины их тяготеют к устьям крупных рек и ручьев Камчатского п-ова (рр. Медвежья и Оленья, ручьи Памятный и Мелкий). В нижней части Восточной долины с глубинами 700—1400 м глубина вреза возрастает от 160 до 450 м. Здесь она принимает V-образную форму, а крутизна скло-

нов колеблется от 5 до 18°, местами достигая 40°. Резкое сужение днища долины происходит на глубине тальвега 675 м (рис. 2). Здесь она делает крутой, почти под прямым углом, изгиб сначала на восток, затем на юг и юго-запад до слияния с Западной долиной. Южное направление долины представляет собой пережим с резким уклоном дна 3°37'. Со стороны Камчатского п-ова, примерно от устья р. Каменной, к нему подходит крупная разветвленная V-образная долина глубиной 300 м. Юго-западный отрезок долины резко асимметричен за счет правого крутого (38°) и высокого (450 м) борта. Восточная долина отделяется от Западной узким хребтом высотой 150—175 м.

Западная долина своими верховьями врезается в шельфовую равнину в 10 км к юго-западу от устья р. Камчатка. Общая длина ее до соединения с Восточной долиной составляет 32 км. Ее верхняя часть с глубинами 40—700 м представляет крупную трогообразную долину (по классификации [37]) шириной 5—8 км с крутыми (до 17—30°) прямыми склонами высотой 300—400 м. Вершина долины на глубине 40—160 м напоминает циркообразную водосборную воронку наземных оврагов (4 на рис. 1). Образование ее происходит за счет активного оползания и эрозионного расчленения склона морскими оврагами, радиально сходящимися к основному руслу. Часть цирка, обращенная к устью р. Камчатка, подвержена более интенсивному расчленению. Ширина днища цирка составляет 2—4 км. Вдоль правого склона наблюдается несколько оползневых ступеней, отделенных друг от друга пологими уступами высотой 10—25 м. Русло основной долины врезано в днище на 10—20 м. Боковые овраги и ложбины придают дну мелкогрядовый бугристый рельеф. Особенностью этой части долины являются линейные, вытянутые вдоль подножия крутых склонов, узкие гряды оползневого характера. У правого склона гряда высотой 20—50 м прослеживается на 4 км (рис. 2, Г-26—30). На глубине около 700 м по тальвегу усиливается асимметрия склонов Западной долины. Левый склон в верхней части сохраняет уступ высотой 300 м, а правый оползневой склон снижается до 160 м. После поворота долины на юг, она приобретает трапецевидную форму. Ширина ее остается значительной (4—5 км), высота склонов снижается от 150 до 60 м. Уклон продольного профиля около 1° (рис. 3). На широте Камчатского мыса долина приобретает вид обширной, выположенной депрессии с резко выраженным эрозионным расчленением дна (рис. 2; Г-37—38). Врезанное русло долины раздваивается. Один рукав ее резко изгибается в широтном направлении и на глубине 1400 м узкой V-образной перемычкой соединяется с Восточной долиной (рис. 2, Г-39). Второй рукав Западной долины имеет нечетко выраженное трапецевидное сечение и проходит параллельно основному руслу Камчатского каньона, отделяясь от него крупным оползневой массивом (см. рис. 1). Протяженность последнего достигает 10 при ширине 3—5 км и высоте над дном каньона 200—400 м. Часть Западной долины, образовавшаяся при смещении этого крупного блока, имеет высоту склонов 110—160 м при ширине «заплывшего» днища 1 км (рис. 2, Г-41—43). Для правого склона этой долины характерно оползневое строение. Так, на глубине 914—1050 м в нижней части склона прослеживается бугристая оползневая ступень высотой 25—50 м. Длина ее составляет 4 при ширине 1—2 км. И только с приближением к основному руслу Камчатского каньона, Западная долина резко увеличивает свой уклон (до 16°) и приобретает отчетливый V-образный профиль. С востока к оползневому массиву

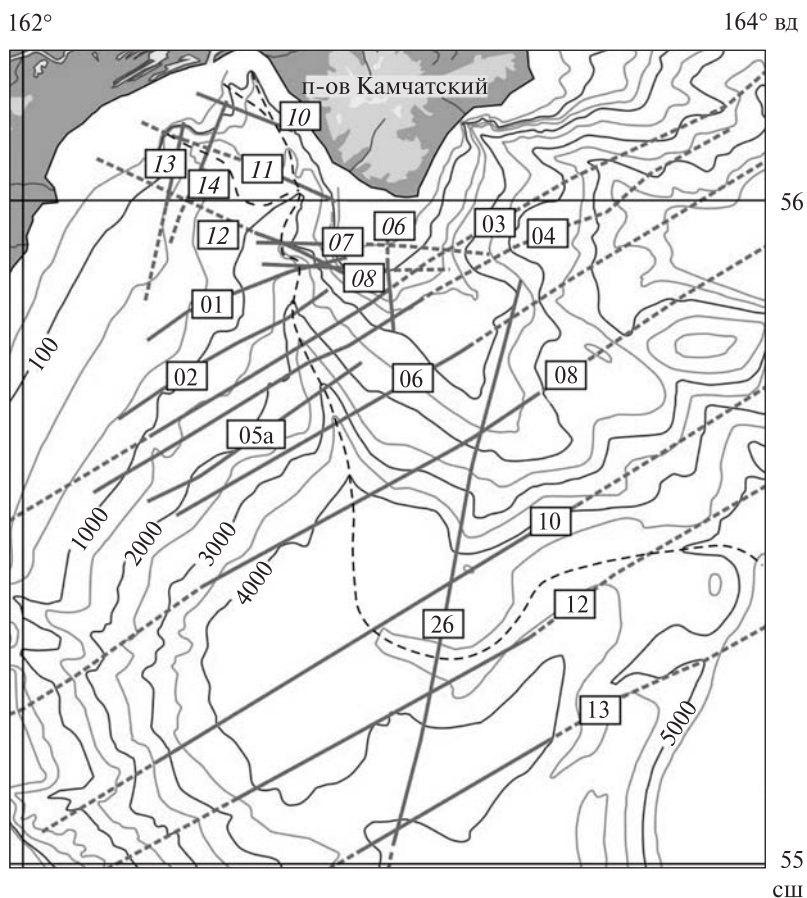


Рис. 5. Батиметрическая карта Камчатского залива с положением интерпретированных фрагментов профилей НСП (пронумерованные линии [26]). Тонкий пунктир — тальвег Камчатского каньона с небольшим уточнением. Изобаты в метрах

ву прижимается основное русло Камчатского каньона, представляющее собой глубоко врезанную с крутыми склонами долину, близкую к V-образной форме (рис. 2; Г-42—61). На всем протяжении (диапазон глубин тальвега 1400—2700 м) каньон, делая один юго-западный изгиб, сохраняет юго-восточную ориентировку. На глубине 1400—1700 м ширина каньона составляет 2,5—3 км, а длина — 0,6—1 км, высота склонов — 200—460 м. Минимальные значения высот характерны для правого склона вблизи оползневого массива, к которому прижимается русло каньона. Левый борт (склон Камчатского хребта) сохраняет высоту около 400 м. Крутизна склонов каньона составляет 12—30°. Но в нижних частях склонов можно ожидать и более крутые уступы. Тальвег каньона прижимается к правому борту. Крутизна ступенчатого продольного профиля составляет 2°40' (рис. 3).

Расширение каньона до 5,5—6 км и увеличение вреза от 500 до 850 м происходит с глубины 2100 м после слияния с оползневым рукавом Западной долины (рис. 2, Г-50—61). Ниже каньон приобретает и U-образный профиль. Вогнутое днище каньона благодаря частичной аккумуляции осадков расширяется от 1 до 2,5 км. Русло каньона врезано в поверхность дна до 20—80 м. Про-

дольный профиль каньона крутизной $2^{\circ}50'$ остается ступенчатым (рис. 3). Прямые склоны каньона имеют крутизну $18-35^{\circ}$. Левый склон сохраняет большую высоту и крутизну. Сохраняя слабую асимметрию склонов при выходе на аккумулятивный шлейф и дно батимальной впадины средней части тихоокеанского склона Камчатки на глубине 4000—4500 м, каньон резко расширяется и выполаживается. Глубина вреза уменьшается до 50—160 м. Он приобретает облик долин глубоководных конусов выноса [13, 17, 18]). До $55^{\circ}20'$ с.ш. он сохраняет субмеридиональное направление, а затем резко изменяет его на субширотное, прорезая северный отрог хребта-барьера. Здесь он имеет узкую V-образную долину глубиной до 460 м. В нижней части тихоокеанского склона Камчатский каньон расширяется, приобретая трапециевидную форму с широким выровненным дном и глубиной вреза до 200 м. Пересекая далее передовой хребет-барьер, его форма снова становится V-образной, а глубина вреза достигает 800 м (пережим).

Таким образом, Камчатский подводный каньон представляет собой сложную систему долин и притоков (рис. 1, 4, 5). Сам каньон и его ответвления несут морфологические признаки преимущественно эрозионных форм. Вместе с тем резкие коленчатые изгибы, спрямление отдельных частей каньона, структурные пережимы, свидетельствуют о заложении его по зонам субмеридиональных и субширотных разломов. Следовательно, Камчатский каньон можно рассматривать как сложную тектоно-эрозионно-аккумулятивную систему дочетвертичного заложения, в которой можно выделить несколько частей: эрозионную (верховья Восточной и Западной долин); аккумулятивно-транзитную (средние части Восточной и Западной долин); эрозионно-транзитную (основной каньон в верхней части континентального склона); аккумулятивную (дно батимальной впадины среднего склона); транзитно-аккумулятивную (нижний склон и глубоководная равнина на стыке тальвегов Курило-Камчатского и Алеутского желобов). С учетом изложенного Камчатский каньон по своей морфологии в пределах тихоокеанской окраины Камчатки можно отнести к каньонам калифорнийского типа по классификации О.К. Леонтьева [9].

Кайнозойский чехол

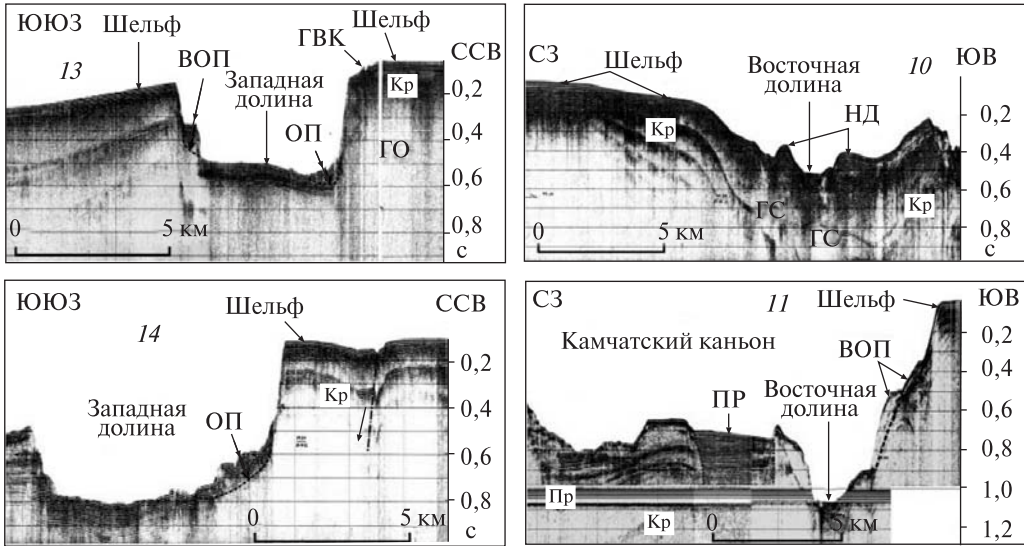
Тихоокеанская окраина Камчатки. Кайнозойский осадочный чехол на тихоокеанской окраине Камчатки распространен весьма неравномерно. Максимальной (до 4—8 км) мощности он достигает в Восточно-Камчатском прогибе и нижнем склоне (аккреционная призма) и 2—3 км в батимальных впадинах среднего склона [30]. Осадки впадин и прогиба хорошо стратифицированы и слабо деформированы. Они подразделяются на верхнюю и нижнюю толщи условно плиоценового и миоценового возраста, а также перекрывающий их четвертичный аккумулятивный шлейф [12, 13, 24—27]. Мощность кайнозойского чехла заметно сокращается до 0,1—1,0 км на выступах акустического фундамента на верхнем и среднем склонах. Однако по сравнению с нижним склоном стиль деформаций чехла здесь иной. Так, поднятие фундамента в средней части привело к моноклинальному изгибу слоев чехла на хребтах-барьерах, а в батимальных впадинах — к их спокойному прогибанию. Поэтому верхний склон, опирающийся на эти впадины, также втягивается в опускание. Разный стиль дефор-

маций на тихоокеанской окраине Камчатки находится в тесной связи с тектонической глубинной надвига по зоне Беньюфа — крупнейшего глубинного разлома Земли, по которому Евразия надвигается на ложе Пацифики [14, 15, 17].

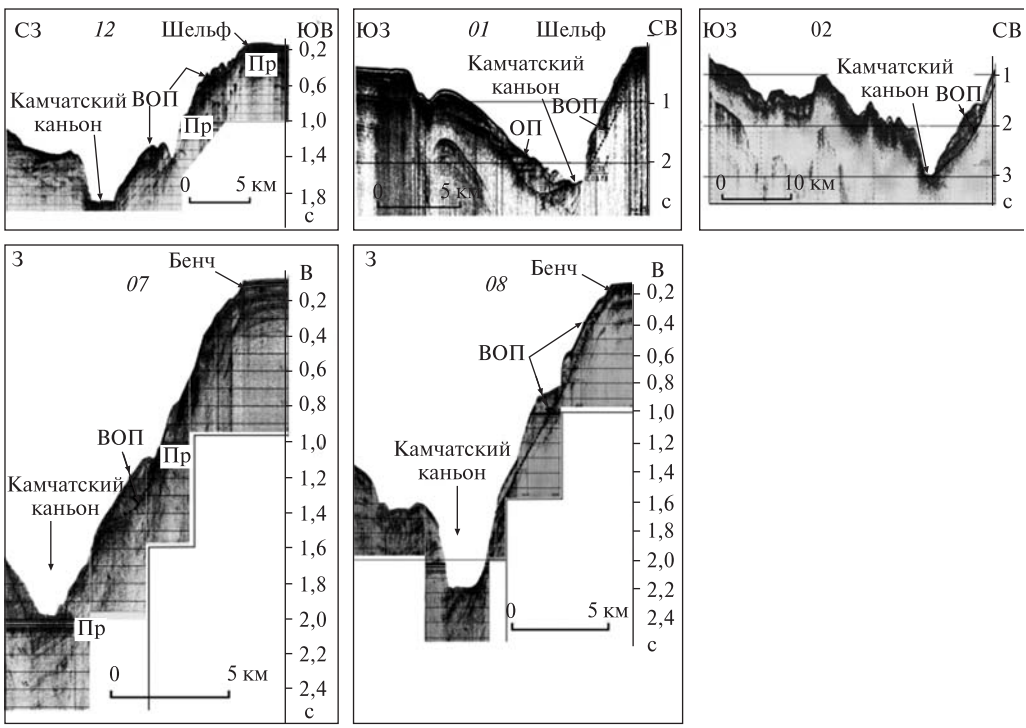
Камчатский подводный каньон. Строение и вещественный состав кайнозойского, точнее позднекайнозойского (неоген-квартер), чехла в районе Камчатского каньона изучались по данным НСП и проботбора (рис. 5—7; [5, 13, 24—27, 40]). На шельфе его мощность достигает 2 км, в батиальной (Камчатской) впадине среднего склона — 1,5 км [30]. С учетом соседства с таким мощным источником взвешенных и влекомых наносов как р. Камчатка можно предполагать, что на шельфе и прилегающем континентальном склоне в составе чехла преобладают ее выносы (авандельта). Ниже рассматриваются особенности строения позднекайнозойского чехла на профилях НСП в районе Камчатского каньона (шельф, верхний и средний склон).

В строении Западной и Восточной долин на профилях НСП 13, 14 и 10, 11 соответственно обращает на себя внимание малая (0,2—0,3 с или 160—240 м при скорости распространения продольных волн 1600 м/с) мощность контрастных придонных осадков позднекайнозойского возраста (поздний плейстоцен-голоцен [5, 24—27]), а также их довольно неровная, шероховатая подошва с газовыми столбами и окнами и переход к подстилающему прозрачному разрезу (рис. 5, 6, а). Чехол по аналогии с [16] избыточно газонасыщен, что подтверждает 10 газопроявлений в верховьях Камчатского каньона (газовые плюмы на рис. 34 в [24]). В [5] их связывают в основном с погребенными позднечетвертичными торфяниками, сформированными при низком стоянии уровня океана и осушении шельфа [34]. Вместе с тем, если две небольшие конические постройки на рис. 6, а и 7 (первая с вершинным кратером, вторая с газовым факелом в воде) рассматривать как грязевулканы, то источники газа и возможно сопочной брекчии могут находиться в более глубоких горизонтах осадочного кайнозоя и мезо-палеозойском, складчато-надвиговом фундаменте. Поскольку малая мощность придонных контрастных осадков, их аномально шероховатая подошва и переход к подстилающему прозрачному разрезу наблюдаются на многих профилях НСП на шельфе Камчатского залива и прилегающем континентальном склоне (рис. 6, а—д, 7; [24, 26, 30]), то приходим к выводу о региональной, а не локальной газонасыщенности кайнозойского чехла в исследуемом районе, включая отчасти и зону его выклинивания на западном склоне хребта Камчатского мыса (краевое поднятие осадочного бассейна).

Другая особенность в строении Западной и Восточной долин заключается в их существенно различной заполненности наносами. Так, первая практически лишена наносов (эрозионная долина на профилях 13, 14 на рис. 6, а), тогда как вторая имеет намывные дамбы (прирусловые валы), почти погребенное палеорусло и выполнена наносами почти наполовину (профили 10, 11 на рис. 6, а). На первый взгляд столь резкое различие в их строении объясняется близостью Восточной долины к устью р. Камчатка и перехватом хотя бы части ее твердого стока, а также твердого стока нескольких рек и ручьев Камчатского п-ова (рис. 1, 4). Однако на карте середины XIX века на рис. 1 в [4] устье р. Камчатки и окончание блокирующей ее Дембиевской косы находились примерно в 10 км южнее современного положения, следовательно, основной поток наносов тогда и вероятно в настоящее время был направлен к югу и видимо не перехватывался верховьями



а



б

Камчатского каньона. С учетом материалов гидрофизического атласа [1] поток наносов вероятно контролируется прибрежным Камчатским холодным течением, следующим вдоль Восточной Камчатки и стрежень которого заходит в Камчатский залив. Поэтому Западная и отчасти Восточная долины видимо формировались в основном как каналы придонного сброса масс воды, нагоняемой в вершину Камчатского залива. Однако это предположение, как и литодинамика взморья р. Камчатки, требует специального изучения.

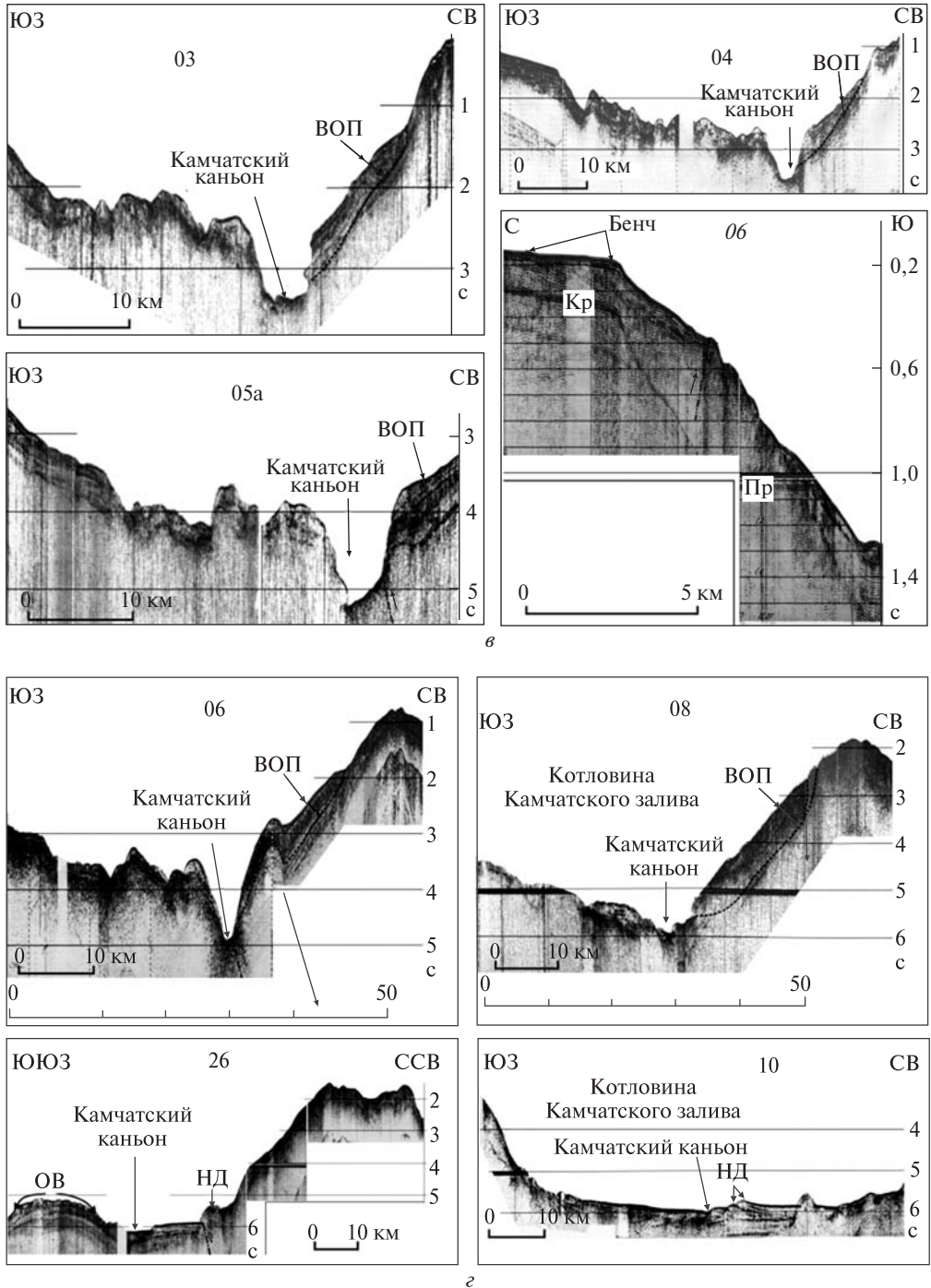


Рис. 6. Подборка фрагментов профилей НСП ИВиС по Камчатскому каньону [26] в интерпретации автора: а — профили 10, 11, 13, 14; б — профили 01, 02, 07, 08, 12; в — профили 03, 05а, 04, 06; г — профили 06, 08, 10, 26; д — профили 12, 13. Вертикальный масштаб в секундах двойного пробега. ОП — оползень, ВОП — висячий оползень, ГВК — грязевулкан, ГО — газовое окно, ГС — газовый столб, ПР — палеорусл, КТ — клин турбидитов, Кр — кратное отражение, Пр — пропуск. Пунктир — подошва предполагаемых висячих оползней или клина турбидитов в палеоканьоне (см. также с. 50)

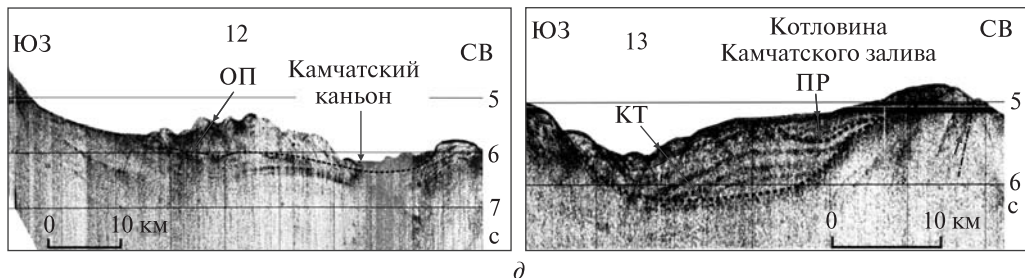


Рис. 6. Окончание

В строении крутых склонов Западной долины обратим внимание на небольшие структурные (блоковые), нередко составные оползни слабоконсолидированных отложений авандельты р. Камчатка (рис. 6 а, 7). В [5] их формирование связывают с выходом газа из подстилающих торфяников и т.н. родниковым подмывом. Триггером или спусковым механизмом для оползней могут служить коровая сейсмичность и сильные землетрясения на выходе фокальной зоны Беньофа [3, 19, 29].

Строение позднекайнозойского чехла в районе Камчатского каньона, дренирующего верхнюю часть континентального склона, освещает подборка профилей НСП на рис. 6, б-г. Здесь каньон врезан в приосевую часть субмеридиональной асимметричной депрессии шириной 15–20 км на шельфе и до 40–50 км на верхнем склоне (оросинклиналь р. Мутной [35] с падением слоев позднекайнозойского чехла к тальвегу каньона, рис. 6, а–г). На левом, более крутом ($\sim 10^\circ$) борту каньона их падение к западу вероятно определяется региональным наклоном кровли акустического фундамента, слагающего горный массив п-ова Камчатского. Последний в настоящее время испытывает поднятие со скоростью 15 мм/год [19]. На профиле 06 (рис. 6, в) его внешний шельф срезает наклонные слои осадочных отложений кайнозоя, т. е. является абразионным (бенч). Почти на всех профилях НСП Камчатский каньон врезан в отложения позднего кайнозоя (рис. 6, а–д). Его дно местами (профили 01, 05 а на рис. 6, б, в) наклонено к западу по падению слоев чехла на левом борту каньона. Однако чаще оно выровнено за счет аккумуляции маломощных (десятки метров) русловых осадков (профили 12, 03, 07 на рис. 6, б, в). Пунктиром на профилях НСП выделена придонная, в основном контрастная, осадочная пачка, подошва которой выходит на левом борту каньона на высоте 100–150 м над его дном (профили 03, 04, 05 а, 06, 08 на рис. 6, в, г). Местами она опирается на дно каньона (профили 01, 02 на рис. 6, б) или «зависает» существенно выше (профили 12, 08, 07 на рис. 6, б). В [10] эта пачка на профиле 03 интерпретировалась как висячий оползень в интервале глубин 880–2370 м. Его длина по фронту по предварительной оценке достигает 10–12 км при средней мощности 280 м и объеме 17–20 км³. Крутизна западного склона п-ова Камчатского п-ова в полосе профиля 03 составляет 9° , а левого борта каньона — 35° . С учетом слоистой текстуры чехла предполагается, что данный оползень находится в стадии ползучести или медленного сползания (крипа). По данным НСП позднекайнозойский чехол на крутом левом борту Камчатского каньона между профилями 11, 07 и 06, 08 (рис. 5) имеет разную мощность (~ 100 –500 м) и протяженность, и в основном находится в состоянии гравитационной неустойчивости и/или крипа и возможно способен к быстрому

послойному сползанию или блоковому обрушению. Следовательно, его можно рассматривать как составной висячий оползень или оползневой массив протяженностью вдоль каньона ~55 км. Наибольшую угрозу в плане генерации оползневых цунами он представляет в полосе между профилями 03 и 08, где максимально (на 100—150 м) переуглублен каньон (рис. 5). В эту зону включены и профили 06, 05 а (рис. 6, в, з) с молодой постседиментационной приразломной антиклиналью (упор), структурным пережимом и V-образным сечением каньона, которые надежно фиксируют выдавливание продольного блока акустического фундамента в основании подводного склона Камчатского хребта при его смещении (надвиге) к юго-востоку. С последним очевидно связано и его современное воздымание [7, 19, 20]. Заметим, что приразломная антиклиналь в основании южного подводного склона Камчатского хребта возможно протягивается и восточнее в район профилей 08, 26 и возможно 10 (см. рис. 6, з), намечая зону современного надвига на выходе фокальной зоны Беньюфа (см. ниже; [3, 23, 25, 29]).

Правый борт Камчатского каньона и его Западной долины в сравнении с левым бортом более протяженный, пологий ($\sim 3^\circ$) и расчлененный (рис. 1, 2, 4). В [8] по геоморфологическим признакам в его строении оконтурен крупный и относительно древний оползень площадью примерно 10×5 км и высотой около 300 м (см. рис. 1—3). Оползень сошел с правого борта Западной долины, несколько сузив русло Восточной долины. По морфологическим данным путь, пройденный оползнем, не превышает 2—3 км. Его окончание пересечено профилем 01 (рис. 6, б). Контрастные осадки, слагающие тело оползня, залегают горизонтально, что очевидно связано с его вращением при сползании на пологом ($\sim 3^\circ$) склоне авандельты р. Камчатка (блоковый ротационный оползень). Судя по расчлененному рельефу, тело оползня эродировано, однако объем его невелик. Его современная форма имеет вид пологий четырехугольной пирамиды с объемом около 5 км^3 . Таким образом, этот оползень обусловил новое положение места слияния Западной и Восточной долин, образование ступени в продольном профиле Камчатского каньона и, возможно, его резкое углубление на 100—150 м ниже по течению с формированием крупного висячего оползня позднекайнозойского чехла на его левом борту (рис. 3, 6, в, з). Увеличение вреза за счет появления водопадного эффекта у подножия уступа в продольном профиле каньона требует значительного промежутка времени. Маловероятно углубление за счет придонных течений, учитывая их пульсирующий, реверсивный характер [37]. Более обоснованно считать, что углубление Камчатского каньона произошло аналогично углублению каньона Сагами (Япония) до 600 м при катастрофическом землетрясении 1923 г. в одноименном заливе [40]. Суть его, вероятно, определяется динамическим воздействием землетрясений на склоновый чехол, разжижением слабokonсолидированных русловых отложений каньона и глубинной эрозией дна каньона движущимися массами осадков (оползни, обломочные и, в меньшей степени, мутьевые потоки).

Заметная расчлененность правого борта Камчатского каньона в полосе протяженностью ~25 км между профилями 12—08 (рис. 1, 4) с учетом интерпретации [8] и блокового ротационного оползня на профиле 01 (рис. 6 б) вероятно связана с крупным составным оползнем или оползневым массивом, сложенным выносами р. Камчатка (авандельта). В его строении выделяются верхняя контрастная толща мощностью примерно до 0,3—0,5 с (240—500 м при скорости расп-

ространения продольных волн 1600 м/с) и нижняя прозрачная толща неустановленной мощности. Обе толщи залегают видимо согласно, но граница между ними прослеживается фрагментарно (см. профили 03—05 а на рис. 6, в) в основном из-за избыточной газонасыщенности нижней толщи и местами из-за их смятия при сползании в Камчатский каньон и отчасти его Западную долину (рис. 1, 4). Формирование оползневого массива на пологом склоне авандельты р. Камчатка вероятно связано с углублением каньона примерно до 1 км, т.е. удалением упора и вероятно сейсмичностью этого региона. Однако подошву оползня или его поверхность скольжения в прозрачном разрезе авандельты на профилях НСП выделить не удастся, кроме профиля 01 (рис. 6, б). На этом и возможно других профилях она выходит на дно в основании правого борта Камчатского каньона и отчасти Западной долины.

Особенности строения позднекайнозойского чехла и Камчатского каньона на среднем склоне можно видеть на профилях НСП 08, 10, 12, 13 и 26 (рис. 5, 6 з, д). Здесь каньон выходит на аккумулятивное ложе Камчатской бативальной впадины с глубинами 4000—4500 м, которая с востока ограничена Прикамчатским хребтом-барьером [12, 30]. В пределах этой впадины резко (почти на порядок) снижается глубина каньона (десятки-первые сотни метров) и возрастает ширина (свыше 15—30 км). Наблюдаются и вариации его формы в поперечном сечении (трапециевидное и/или V-образное, местами террасированное, русло), местами формируются намывные дамбы или т.н. прирусловые валы (см. профили 10, 26 на рис. 6 з). Эти изменения в морфологии Камчатского каньона вероятно вызваны разгрузкой придонных обломочных и мутьевых (турбидитных) потоков в пределах бативальной впадины из-за резкого выполаживания продольного профиля каньона [39]. Мощность потоков можно оценить по высоте намывных дамб. Так, в аккумулятивном разрезе на профиле 10 она достигает примерно 200 м, тогда как на профиле 26—500 м (здесь намывная дамба венчает молодую приразломную антиклиналь в основании южного склона Камчатского хребта, вероятно поднятых по надвигу).

Особый интерес в строении Камчатской впадины представляют профили 13 и 12 (рис. 6, д). На первом обнаружена крупная (~30 км) осадочная ванна с уплотненным ложем. Она в основном компенсирована турбидитами переменной контрастности мощностью до 700 м (скорость распространения продольных волн принята 1600 м/с), залегающими с угловым несогласием в подошве. В придонной, северо-восточной части ванны опознается неглубокое палеорусло шириной около 10 км, также выполненное турбидитами с угловым несогласием в подошве. С учетом батиметрии района, положения и морфологии Камчатского каньона на шельфе, верхнем и среднем склонах (рис. 1, 5) осадочную ванну можно рассматривать как часть Камчатского палеоканьона. С поднятием хребта-барьера и заложения Камчатской бативальной впадины и Курило-Камчатского желоба в среднем плейстоцене-голоцене [11] продольный профиль палеоканьона во впадине стал выполаживаться за счет аккумуляции турбидитов. Таким образом, в досреднечетвертичное время Камчатский каньон имел субмеридиональную ориентировку и возможно выходил к осевому рифтограбену возвышенности Обручева, выполненному контрастными осадками [25, 26]. С поднятием Прикамчатского хребта-барьера по глубинному надвигу зоны Беньюфа [14, 15] ориентировка каньона на новообразованных среднем и нижнем склонах изме-

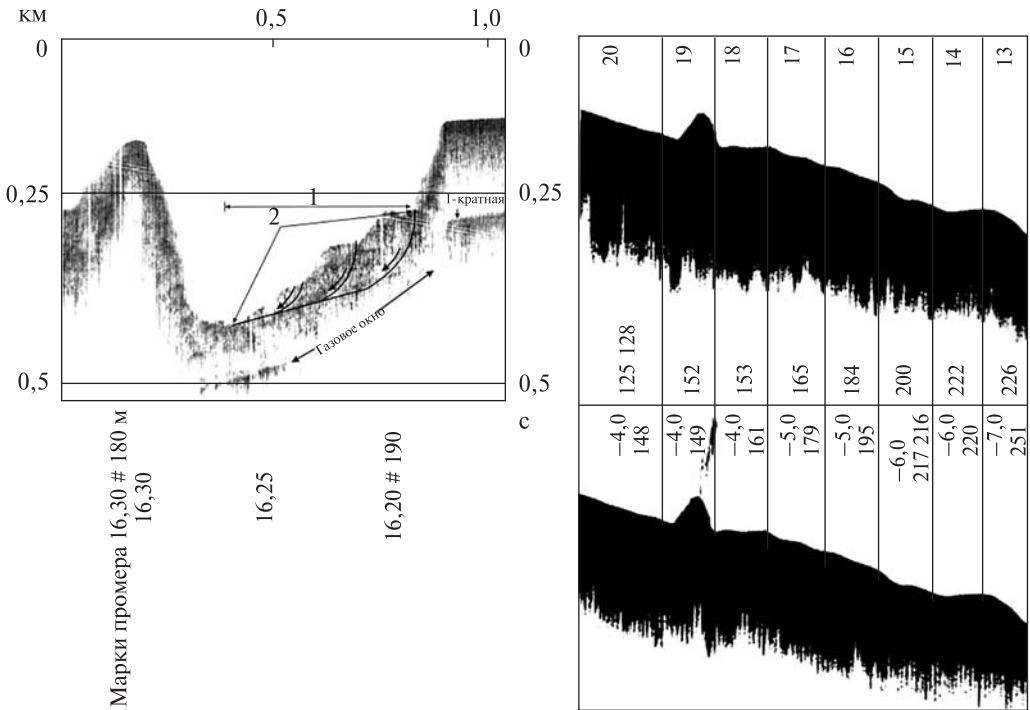


Рис. 7. Материалы СахКНИИ: слева — временной разрез НСП Г-72 (НИС «Морской геофизик»-1979) через составной блоковый оползень в Западной долине в интерпретации автора: начало профиля — отметка 16.09 с координатами 56° 06,2' с.ш. и 162° 22,5' в.д.; конец профиля — отметка 16.37 с координатами 56° 03,2' с.ш. и 162° 25,4' в.д. [(Научно-технический отчет..., 1979 — фонды ИМГиГ)]; справа — фрагмент сонограммы гидролокатора бокового обзора конструкции ЦНИИГАИК (СРТР «Тынь»-1978) с невысокой конической постройкой (предположительно грязевулкан) с газовым факелом в воде (верховья Камчатского каньона с глубинами ~150 м)

нилась на субширотную, что привело к смещению его устья в район сочленения тальвегов Курило-Камчатского и Алеутского желобов примерно на 70 км к северу от осадочной ванны на профиле 13 (рис. 5).

Другим интересным объектом в рельефе юго-востока Камчатской бативальной впадины является аккумулятивная гряда протяженностью 28 км и высотой 375 м над тальвегом Камчатского каньона (рис. 6, д). Если ее северо-восточное окончание было эродировано каньоном, то первоначальная протяженность гряды могла составить 44 км. С юго-востока гряде ограничивает Прикамчатский хребет-барьер с вершиной на глубинах 4000—4500 м (рис. 6, д). В осадочном разрезе гряды на профиле 12 необычно обилие дифракций с небольшими линзами слоистых осадков в юго-западной части, что позволяет интерпретировать ее как крупный блоковый оползень с линзами позднекайнозойского чехла. Подстилающий его разрез слагают практически недеформированные верхняя, контрастная (турбидиты) толща мощностью до 0,3 с (240 м при скорости распространения продольных волн 1600 м/с) и нижняя, прозрачная толща неустановленной мощности. Газовые столбы в контрастной толще аналогично [16] надежно фиксируют избыточную газонасыщенность видимого разреза (см. выше). Место схода оползня с учетом его протяженности и мощности вряд ли можно связы-

вать с небольшими каньонами Сторож и Чажма на юге Камчатского залива (оконтурены изобатой 1000 м на рис. 5; [24—27, 39]) или северо-восточным подводным склоном Кроноцкого п-ова, где по данным НСП [24—27] и промера нет больших уступов (стенки срыва оползней). Более вероятным его местом схода является Камчатский каньон, особенно в пределах верхнего склона (рис. 2, 5, 6, б—г). Поскольку оползень выражен в рельефе дна, то его возраст довольно молодой (голоцен), включая возможно сильное землетрясение 14 апреля 1923 г. как его вероятный триггер [4, 19]. Учитывая дифракции и небольшую (~250 м в полосе профиля 12, рис. 5, 6, д) высоту хребта-барьера можно заключить, что оползень двигался по каньону с трением в подошве и скоростью первые м/с.

На профиле 26 отметим также асимметричные осадочные волны высотой до 50—100 м на выпуклом своде Прикамчатского хребта-барьера (см. рис. 6, д). На подводных континентальных окраинах, в том числе Камчатки, осадочные волны связывают с деятельностью придонных контурных течений, а на склонах намывных дамб абиссальных каналов ложа СВ Пацифики — с переливом мутьевых потоков [10, 21]. Интерес к осадочным волнам на вершине хребта-барьера связан с тем, что здесь их могли формировать мутьевые потоки по Камчатскому каньону, стационарное контурное течение вдоль континентального склона или периодические абиссальные бури с придонными течениями более 1 м/с, возникающие в океане при прохождении циклонов [33].

Структурная позиция

Тихоокеанская окраина Камчатки. В тектоническом плане тихоокеанская окраина Камчатки принадлежит восточному крылу Хоккайдо-Камчатского горст-мегантуклинория [30] или Курило-Камчатской островной дуги [3, 24—27]. Она представляет собой активную континентальную окраину, образованную системой сопряженных впадин (грабен-синклинории) и выступов (горст-антиклинорий) акустического фундамента. Выступы фундамента образуют подводные продолжения п-овов Восточной Камчатки, верхний склон и хребты-барьеры среднего склона, ограниченные разломами. На тихоокеанской окраине Камчатки известны по меньшей мере два типа акустического фундамента. Один из них принадлежит кровле второго слоя СЗ плиты Пацифики и прослеживается на 10—18 км к западу от подошвы континентального склона [12, 30]. Другой тип фундамента распространен на верхнем и среднем склонах, шельфе и аваншельфе. Контакт между двумя типами фундамента представляет собой региональный надвиг с падением к западу, который выходит на дно у бровки внутреннего борта Курило-Камчатского желоба, т. е. в зоне выхода глубинного надвига фокальной зоны Беньофа [3, 13, 23]. В кровле фундамента обнажается вулканогенно-осадочный комплекс метаморфизованных пород нижний миоцен—мелового(?) возраста видимой мощностью около 5000 м [2, 30, 35, 36]. Состав верхней части второго слоя СЗ плиты изучен глубоководным бурением на прилегающем ложе Пацифики [22].

Камчатский подводный каньон. Каньон и одноименный залив на севере Восточной Камчатки располагаются во входящем структурном угле, образованном Курило-Камчатской и Алеутской системами дуга-желоб. Судя по рис. 5, 6, а—д Камчатский каньон располагается в синклинальном прогибе вдоль западного

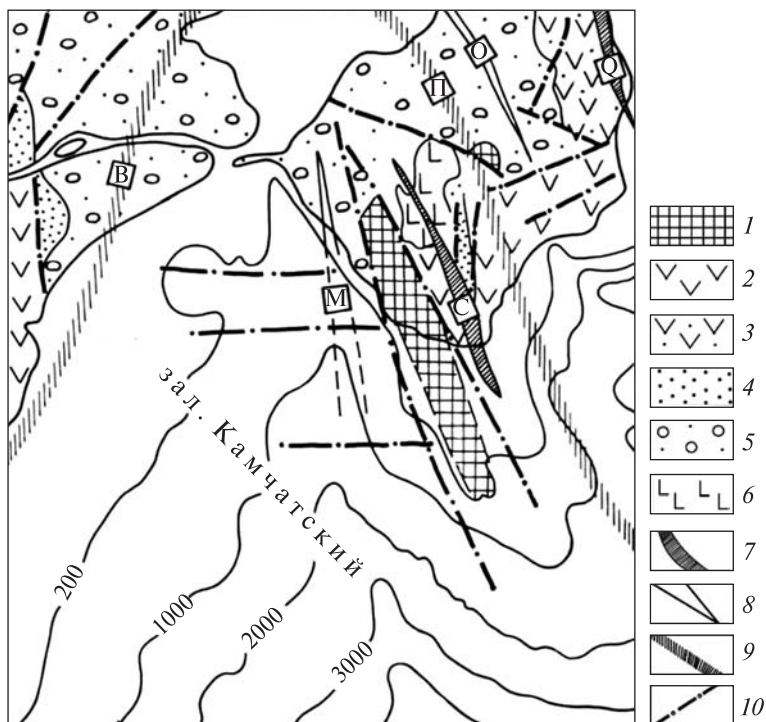
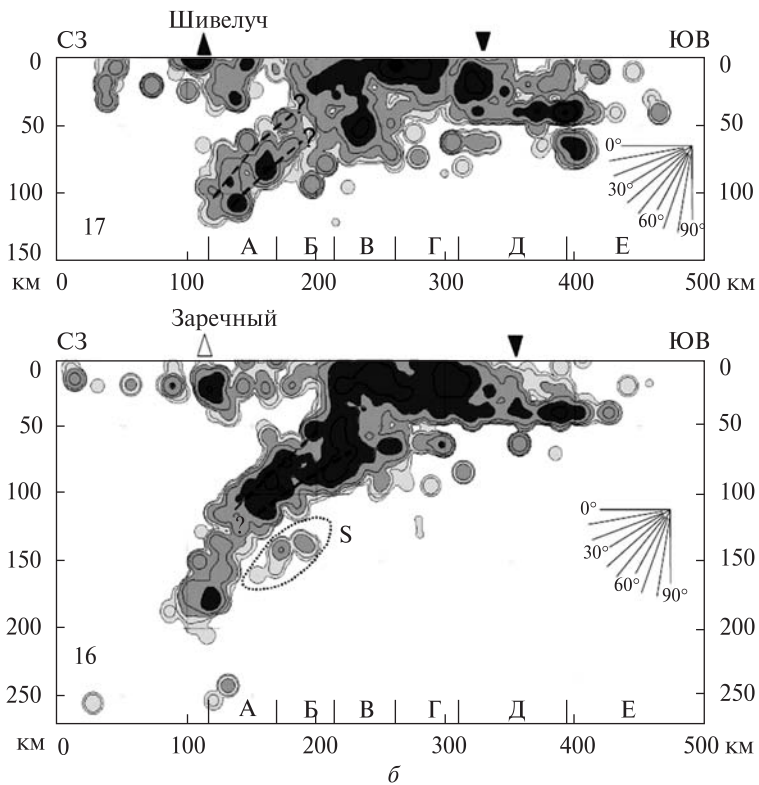
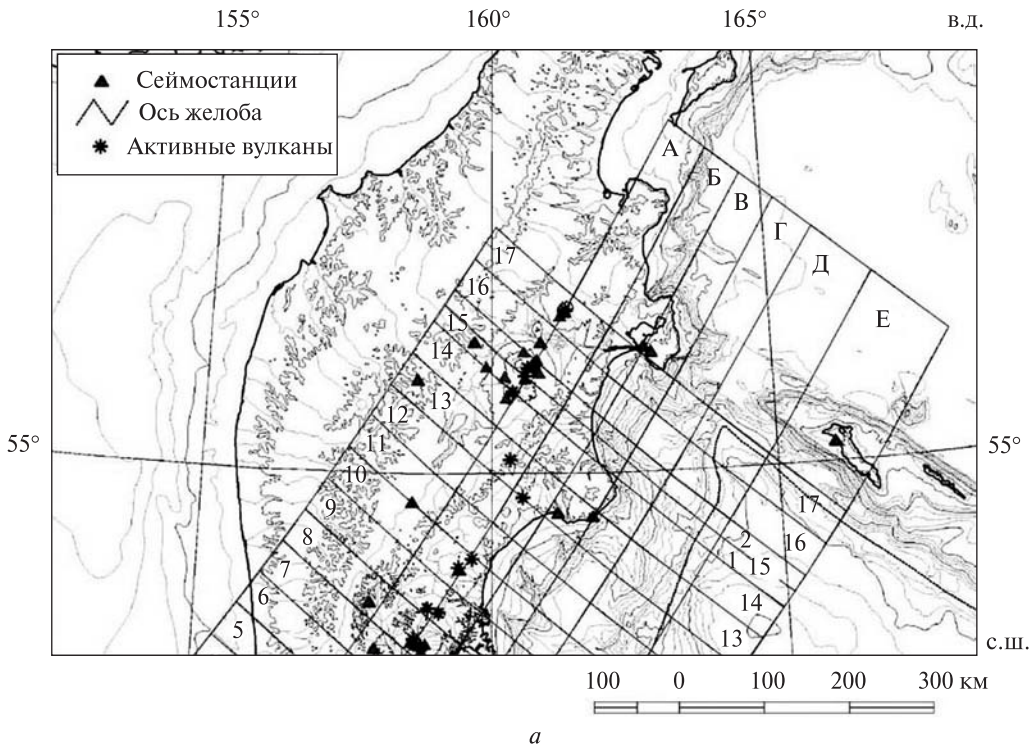


Рис. 8. Тектоническая схема п-ова Камчатский (сост. О.С. Корнев [13], тектоника суши по М.Ю. Хотину [35]). 1 — породы домелового фундамента, 2 — верхний мел, 3 — палеоген, 4 — неоген, 5 — плиоцен-четвертичные отложения; 6 — допалеогеновые интрузии; 7 — оси Солдатской (С) и Офицерской (О) ороантисклиналей; 8 — оси Ольховой (О) и р. Мутной (М) оросинклиналей; 9 — Восточно-Камчатская (В) и Пикежская (П) региональные зоны разломов; 10 — отдельные разломы. Изобаты в метрах

борта Камчатского горст-антиклинального поднятия с Восточно-Камчатской и Пикежской зонами региональных разломов (рис. 8). На верхнем склоне русло каньона, вероятно, трассирует расширяющаяся к югу оросинклиналь р. Мутной [35]. На шельфе разрывные нарушения субширотного простирания контролируют положение Западной долины и вероятно в меньшей степени, Восточной долины. В средней и нижней частях тихоокеанского склона ориентировку, положение и морфологию каньона также определяет тектоническая структура [12, 13, 24–27, 30].

Структурная позиция Камчатского каньона недавно уточнена по материалам сейсмологии о строении северного фланга курило-камчатского сегмента зоны Беньофа (рис. 9, а–в; [23, 25]). Речь идет о распределении слабых (магнитуда < 4 , $K_s = 8–10$) землетрясений, зарегистрированных на Камчатке в 1962–2004 гг. с точностью $\pm 5–10$ км. Всего построено 17 поперечных и 6 продольных (А–Е) разрезов. На поперечных разрезах № 1–17 (рис. 9, а, б) зона Беньофа — это наклонный ($40–50^\circ$) клин (дерево разлома) до глубин ~ 200 км, в котором местами намечается расслоение на два фокальных слоя почти аналогично северо-востоку дуги Хонсю (по данным А. Хасагава и др. — ссылку см. в [17]). Однако ключевой интерес представляют продольные разрезы А–В между вулканическим



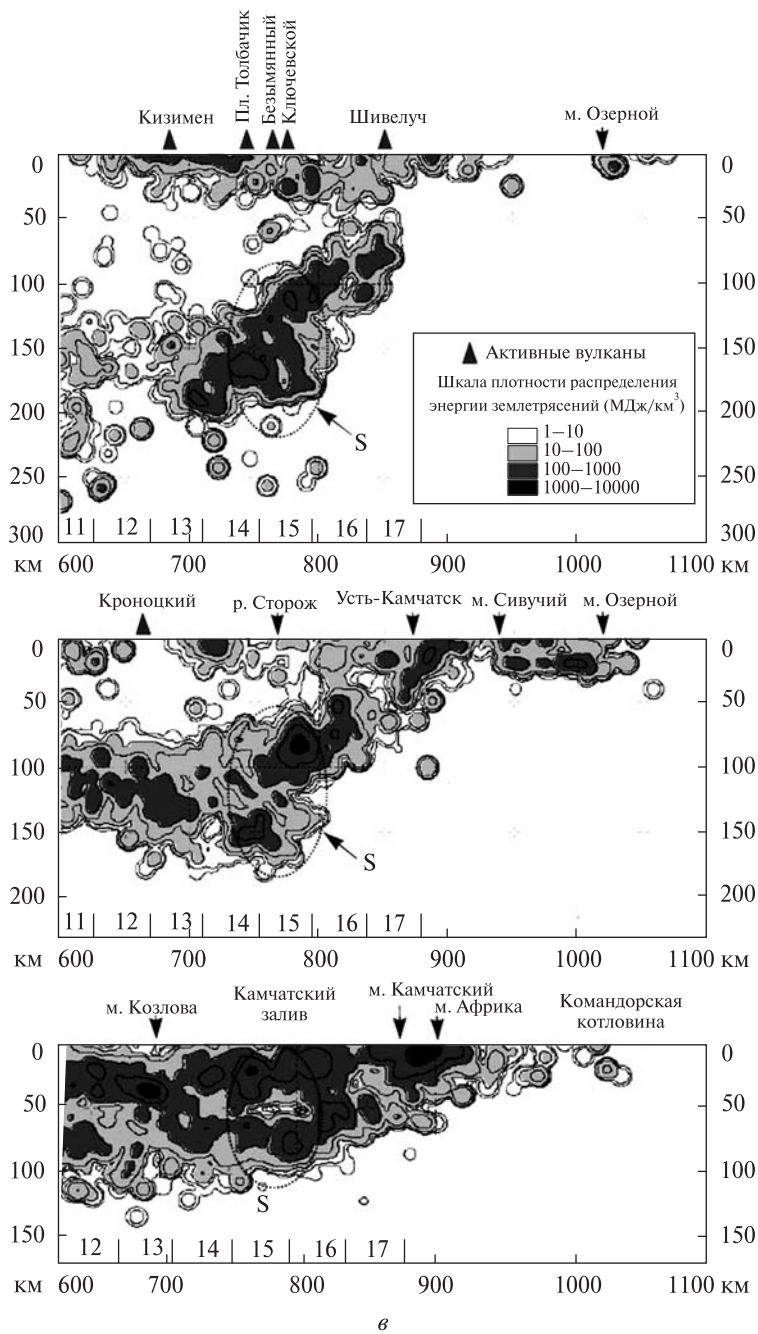


Рис. 9. Фрагмент схемы расположения (а) и разрезы 16, 17 (б), А–В (в) плотности распределения энергии слабых ($8 \leq K_s \leq 10$) землетрясений Камчатки [23, 25]. S — область повышенной сейсмичности на глубинах 120–180 км

фронтом (линия четвертичных вулканов) и тихоокеанской окраиной Камчатки (рис. 9 в). Они демонстрируют пологий выход фокальной зоны к поверхности на севере Камчатки. Наклон зоны Беньофа на разрезах А и Б достигает 39° , что близко ее падению на разрезах 16, 17. На разрезе В он достигает 29° , но фокаль-

ная зона сливается с автономной зоной коровой сейсмичности (коровый срыв [17]), поэтому ее падение определяется по подошве. В тектоническом плане пологий подъем зоны Беньофа на севере Камчатки к поверхности надежно фиксирует северный край коро-верхнемантийного надвига Евразии на ложе Пацифики с системами дуга-желоб во фронте. Собственно фокальная зона на разрезах А—В напоминает слой трения в подошве горно-долинного ледника, преодолевающего барьер в рельефе ложа. Независимо этот вывод подчеркивает крутой поворот сейсмоизобат зоны Беньофа в интервале 50—200 км [32] с северо-восточного простирания на север-северо-западное, который наблюдается под Камчатским заливом и к западу от него (северный край фронтального надвига Евразии). Таким образом, Камчатка и ее тихоокеанская окраина являются аллохтонными (бескорневыми) морфоструктурами на выходе глубинного надвига зоны Беньофа. Следовательно, идея А. Вегенера о тектонической мобильности материков в сравнении с океанами снова становится актуальной (ссылку см. в [15]).

Выводы

Итак, повторная интерпретация материалов промера и НСП по-зволила получить ряд новых данных о строении и истории формирования Камчатского подводного каньона (Восточная Камчатка). Среди них выделим при-знаки региональной газоносности кайнозойского чехла на шельфе Камчатского залива и прилегающем континентальном склоне (верхняя и средняя части), формирования оползневых массивов на левом и правом бортах каньона и его Западной долины, что в основном связано с глубинной эрозией, местной сейсмичностью в коре и на выходе фокальной зоны Беньофа и возможно избыточной газонасыщенностью кайнозойского чехла. В плане генерации оползневых цунами наиболее опасен верхний склон, где каньон переуглублен и на его левом борту (западный склон п-ова Камчатского мыса) сформировались висячие оползни мощностью 100—500 м. На правом, пологом борту каньона формируются блоковые, вероятно ротационные, оползни (внешний склон авандельты р. Камчатка). Незаполненность наносами Западной долины вероятно связана с отклонением потока наносов р. Камчатка к юго-западу холодным прибрежным Камчатским течением, следующим к югу вдоль Восточной Камчатки и стрежень которого заходит в Камчатский залив. На среднем склоне описаны крупный блоковый оползень, сошедший вероятно по Камчатскому каньону и его почти заполненное турбидитами палеорусло, фиксирующее субмеридиональное простирание каньона до формирования Прикамчатского хребта-барьера в среднем плейстоцене-голоцене. Воздымание последнего определило субширотный поворот Камчатского каньона и смещение его устья на 70 км к северу в район сочленения тальвегов Курило-Камчатского и Алеутского глубоководных желобов.

Автор благодарен д-ру геол.-мин. наук Н.И. Селиверстову за е-версию временных разрезов НСП по Камчатскому каньону, О.С. Корневу, Л.В. Сваричевской, сотрудникам 23 экспедиции 2-го предприятия ГУГК СССР, капитану и экипажу СРТР «Тынь»-1978 за совместную работу; отдельная благодарность К.О. Дашковскому и М.В. Сеначину за помощь в компьютерной подготовке графики статьи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Атлас гидрофизических характеристик района юго-восточной части полуострова Камчатки / И.Д. Ростов, Н.И. Рудых, Е.В. Дмитриев и др. Владивосток: ТОИ им. В.И. Ильичева ДВО РАН, 2005: URL: http://pacificinfo.ru/data/cdrom/6/htm/3_2_0.htm
2. Геология СССР. Том. 31. Камчатка, Курильские и Командорские острова. М.: Недра, 1964. 734 с.
3. Геолого-геофизический атлас Курило-Камчатской островной системы. Л.: ВСЕГЕИ, 1987. 36 л.
4. Го Ч.Н., Иванов В.В., Кайстренко В.М., Седаева О.С., Симонов К.В. Проявления цунами в районе Усть-Камчатка и прогноз цунамиопасности. Природные катастрофы и стихийные бедствия в Дальневосточном регионе. 1990. Т. 1. С. 142—178.
5. Егоров Ю.О., Осипенко А.Б. Подводные оползневые процессы в каньонах северной части Камчатского залива (Восточная Камчатка). *Океанология*. 1999. 39, № 4. С. 605—613.
6. Затонский Л.К., Канаев В.Ф., Удинцев Г.Б. Геоморфология подводной части Курило-Камчатской дуги. Океанологические исследования. М.: Изд-во АН СССР, 1961. С. 121—136.
7. Ильин А.В. Рельеф дна Камчатского залива. Морские геологические исследования. М.: Изд-во АН СССР, 1961. С. 21—28.
8. Корнев О.С., Сваричевская Л.В., Хачапуридзе Я.Ф. Строение Камчатского подводного каньона и его сравнение с подобными системами других регионов. Рельеф и структура осадочного чехла акваториальной части Дальнего Востока. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1981. С. 53—63.
9. Леонтьев О.К. Морская геология (Основы геологии и геоморфологии дна Мирового океана). М.: Высшая школа, 1982. 344 с.
10. Ломтев В.Л. О некоторых формах рельефа тихоокеанской континентальной окраины Камчатки. Рельеф и структура осадочного чехла акваториальной части Дальнего Востока. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1981. С. 64—69.
11. Ломтев В.Л. К строению и истории Курило-Камчатского глубоководного желоба (СЗ Пацифика). *Геол. и полез. ископ. Мирового океана*. 2012. № 3. С. 36—47.
12. Ломтев В.Л., Воробьев В.М., Высоцкий С.В. Новые данные о рельефе и структуре северной части Курило-Камчатского желоба и прилегающих территорий. *Геология дна северо-западной части Тихого океана*. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1980. С. 29—40.
13. Ломтев В.Л., Корнев О.С., Сваричевская Л.В. Геолого-геоморфологические предпосылки оползней в сейсмоактивных районах континентальных окраин Тихоокеанского подвижного пояса (в связи с возможной опасностью образования цунами). М.: ВНИИЦ, 1980, Б932521. 153 с.
14. Ломтев В.Л., Нагорных Т.В., Сафонов Д.А. Особенности строения и сейсмотектоники Курильской системы дуга-желоб. *Геол. и полез. ископ. Мирового океана*. 2013. № 3. С. 94—109.
15. Ломтев В.Л., Патрикеев В.Н. Структуры сжатия в Курильском и Японском желобах. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1985. 141 с.
16. Ломтев В.Л., Патрикеев В.Н. К строению северной части Срединно-Курильского прогиба (по данным НСП). *Геол. и пол. ископ. Мирового океана*. 2014. № 2. С. 21—34.
17. Особенности строения и геодинамики тектоносферы северо-западной части Тихого океана и дальневосточных морей / В.Л. Ломтев, О.В. Веселов, Д.Н. Козлов и др. Владивосток: Дальнаука, 2016. 148 с.
18. Патрикеев В.Н. Атлас сейсмических разрезов Северо-Западной плиты Тихого океана. М.: ГЕОС, 2009. 208 с.
19. Пинегина Т.К. Пространственно-временное распределение очагов цунамигенных землетрясений тихоокеанского и беринговоморского побережий Камчатки по отложениям палеоцунами: автореф. дис. ... доктора геол.-мин. наук. Петропавловск-Камчатский, 2014. 43 с.
20. Пинегина Т.К., Кожурин А.И., Пономарева В.В. Активная тектоника и геоморфология побережья Камчатского залива (Камчатка). *Тихоокеан. геология*. 2014. 33, № 1. С. 75—88.
21. Путанс В.А. Осадочные волны — современное состояние проблемы. *Бюлл. МОИП*. Отд. геол. 2012. 87, вып. 1. С. 25—37.1

22. Рудич Е.М. Расширяющиеся океаны: факты и гипотезы. М.: Недра, 1984. 251 с.
23. Селиверстов Н.И. Структура сейсмофокальной зоны Камчатки. *Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле*. 2007. 1. Вып. 9. С. 10–26.
24. Селиверстов Н.И. Строение дна прикамчатских акваторий и геодинамика зоны сочленения Курило-Камчатской и Алеутской островных дуг. М.: Научный мир, 1998. 164 с.
25. Селиверстов Н.И. Геодинамика зоны сочленения Курило-Камчатской и Алеутской островных дуг. Петропавловск-Камчатский: Изд-во КамГУ им. Витуса Беринга, 2009. 191 с.
26. Селиверстов Н.И. Подводные морфоструктуры Курило-Камчатской и Алеутской островных дуг. Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2013. 162 с.
27. Селиверстов Н.И., Надежный А.М., Бондаренко В.И. Особенности строения дна заливов Восточной Камчатки по результатам геофизических исследований. *Вулканология и сейсмология*. 1980. № 1. С. 38–50.
28. Соловьев С.Л., Ферчев М.Д. Сводка данных о цунами в СССР. *Бюлл. Совета по сейсмологии АН СССР*. 1961. № 9. С. 23–55.
29. Тараканов Р.З., Ким Ч.У., Сухомлинова Р.И. Закономерности пространственного распределения гипоцентров Курило-Камчатского и Японского регионов и их связь с особенностями геофизических полей. Геофизические исследования зоны перехода от Азиатского континента к Тихому океану. М.: Наука, 1977. С. 67–77.
30. Г.С. Гнибиденко, Т.Г. Быкова, О.В. Веселов и др. Тектоника Курило-Камчатского глубоководного желоба. М.: Наука, 1980. 179 с.
31. Удинцев Г.Б. Рельеф Курило-Камчатской впадины. *Тр. ИО АН СССР*. 1955. Т. 12. С. 16–61.
32. Федотов С.А., Гусев А.А., Чернышева Г.В., Шумилина Л.С. Сейсмофокальная зона Камчатки (геометрия, размещение очагов землетрясений и связь с вулканизмом). *Вулканология и сейсмология*. 1985. № 4. С. 91–107.
33. Холлистер Ч.Д., Науэлл А.Р.М., Джумарс П.А. Непokoйные глубины. *В мире науки*. 1984. № 5. С. 4–16.
34. Хосино М. Морская геология. М.: Недра, 1986. 432 с.
35. Хотин М.Ю. Эффузивно-туфогенно-кремнистые формации Камчатского мыса. М.: Наука, 1976. 196 с.
36. Шапиро М.Н. Тектоническое развитие восточного обрамления Камчатки. М.: Наука, 1976. 123 с.
37. Шепард Ф.П., Дилл Р. Подводные морские каньоны. Л.: Гидрометеиздат, 1972. 343 с.
38. Шепард Ф.П. Морская геология. Л.: Недра, 1976. 488 с.
39. Gribidenko H.S., Svarichevskaya L.V. The Submarine Canyons of Kamchatka. *Mar. Geol.* 1984. 54. P. 277–307.
40. Shepard F.P. Depth changes in Sagami Bay during the Great Japanese earthquake. *J. Geol.* 1933. 41. P. 527–536.

Статья поступила 14.07.2017

ДО БУДОВИ ТА ІСТОРІЇ КАМЧАТСЬКОГО КАНЬЙОНУ (СХІДНА КАМЧАТКА)

Наведено результати дослідження будови та історії Камчатського каньйону (Східна Камчатка) за даними проміру і безперервного сейсмічного профілювання (БСП). Виявлено регіональну газонасиченість кайнозойського чохла на шельфі і прилеглому континентальному схилі; зсуви чохла на лівому (протяжність ~ 55 км, західний схил півострова Камчатського мису) і правому (протяжність більше 25 км, схил авандельти р. Камчатка) бортах каньйону і уточнені їх розміри; висячі зсуви на лівому борту пов'язані з перезаглибленням каньйону на 100–150 м; на середньому схилі описаний великий (28 км) блоковий зсув, що зійшов по Камчатському каньйону, його майже компенсоване палеорусло і субширотний поворот, з яким пов'язане зміщення гирла каньйону на північ на 70 км при здійсненні хребта-бар'єру в середньому плейстоцені-голоцені. Матеріали проміру і БСП, представлені в статті, дозволяють оконтурити-

ти зсувні масиви на бортах Камчатського каньйону, вибрати для чисельного моделювання зсувних цунамі найбільш небезпечні місця (висячі зсуви в смузі верхнього схилу) і підготувати пов'язані з цим рекомендації для будівельників нового міжнародного морського порту Усть-Камчатськ.

Ключові слова: *активна окраїна, каньйон, осадовий чохол, зсув, палеоруло, газ.*

V.L. Lomtev

TO THE STRUCTURE AND HISTORY OF KAMCHATKA CANYON
(EASTERN KAMCHATKA)

The paper deals with study of the structure and history of the Kamchatka canyon (Eastern Kamchatka) according to the data of sounding and seismic continuous profiling. Methodology include interpretation of data of sounding (block diagram, block of echograms, longitudinal profile of the canyon, bathymetric map) and seismic continuous profiling (fragments of seismic profiles). The regional gas saturation of the Cenozoic cover is found on the shelf and adjacent continental slope; slides on the left (length ~ 55 km, western slope of the peninsula of the Kamchatka cape) and right (length of more than 25 km, slope of the avandelta of the Kamchatka River) sides of the canyon and their sizes are specified; hanging slides on the left side are connected with the redeepening of the canyon by 100—150 m; on the middle slope, a large (28 km) block slide that descended the Kamchatka canyon, its almost compensated paleochannel and a sublatitudinal turn, associated with the displacement of the canyon mouth to the north by 70 km, when the ridge-barrier rises in the Middle Pleistocene-Holocene. The materials of the sounding and seismic continuous profiling, presented in the paper, allow us to contour slide massifs on the sides of the Kamchatka canyon, to select the most dangerous places for numerical modeling of slide tsunami (hanging slides in the upper slope area) and to prepare related recommendations for the builders of the new international sea port of Ust'-Kamchatsk.

Keywords: *active margin, canyon, sedimentary cover, slide, paleochannel, gas.*