

УДК 550.834 (265.5)

СТРОЕНИЕ НЕКОТОРЫХ ФОРМ РЕЛЬЕФА ТИХООКЕАНСКОЙ ОКРАИНЫ КАМЧАТКИ В РАЙОНЕ СТРОИТЕЛЬСТВА БУДУЩЕГО МОРСКОГО ПОРТА УСТЬ-КАМЧАТСК

В. Л. Ломтев

Институт морской геологии и геофизики Дальневосточного отделения РАН, г. Южно-Сахалинск
E-mail: v.lomtev@imgg.ru

По данным промера и непрерывного сейсмического профилирования методом отраженных волн исследовано строение некоторых форм рельефа тихоокеанской окраины Камчатки. Рассматриваются генезис рельефа Шипунского горста и антиклинали на его южном склоне, намывные дамбы и дюны, каньоны и блоковые оползни.

Ключевые слова: тихоокеанская окраина Камчатки, Шипунский горст, склоновая антиклиналь, намывная дамба, дюна, каньон, оползень.

ВВЕДЕНИЕ

Дается анализ строения и вероятного генезиса некоторых форм рельефа тихоокеанской окраины Камчатки, исследованных по материалам прецизионного промера в рейсе ЭОС КТОФ (экспедиционное океанографическое судно Краснознаменного Тихоокеанского флота) «Абхазия»-1975 и непрерывного одноканального сейсмопрофилирования методом отраженных волн (НСП МОВ). К этому району существует устойчивый интерес, обусловленный его хорошей геофизической изученностью (Ломтев и др., 1980; Тектоника..., 1980; Корнев и др., 1981; Селиверстов, 1998), высокой сейсмо- и цунамиактивностью как висячего крыла глубинного надвига фокальной зоны Беньофа (Геолого-геофизический..., 1987; Селиверстов, 2007). По данным глубоководного бурения и НСП ИМГиГ на прилегающем ложе Северо-Западной Пацифики также установлено, что Камчатка была основной областью сноса терригенных и отчасти вулканогенных осадков, слагающих неоген-раннечетвертичные фаны (конусы выноса) каньонов и Камчатский контурный мегафан в абиссальной котловине Тускарора, на севере поднятия Шатского и абиссальной котловины Картографов (Патрикеев, 2009). Надстраивание фанов прекратилось в среднем плейстоцене 0,5–1,0 млн лет т. н. (реликтовые формы) при заложении Курило-Камчатского желоба, перехватившего турбидитные потоки по каньонам и подводные лавины с открытых склонов. В результате в приосевой части Курило-Камчатского и Алеутского желобов близ зоны их сочленения накопилось до 1 км молодых турбидитов, вероятно, в основном Камчатского подводного каньона (Тектоника рельефа..., 1980; Селиверстов, 1998).

Ниже охарактеризованы особенности строения восточного окончания Шипунского горста как подводной части одноименного хребта и п-ова Восточной Камчатки (рис. 1), каньонов и блоковых оползней, намывных дамб (прирусловые валы) и образований типа дюн (осадочные волны). В основе их генетического определения применен структурно-геоморфологический анализ. Его основные положения опубликованы в статье (Сваричевский и др., 1979). При этом использованы интерпретированные рисованные фрагменты временных разрезов (профилей) НСП МОВ, полученных в ходе региональных геолого-геофизических исследований СахКНИИ (ныне – ИМГиГ) ДВО РАН и Института вулканологии (ныне – ИВиС) ДВО РАН (Тектоника..., 1980; Ломтев, 1981; Селиверстов, 1998).

Фактический материал и его интерпретация

Шипунский горст. Изучение дна Тихого океана (Пацифики) по материалам промера глубины и НСП позволило установить многочисленные проявления молодой тектоники квартала (Ломтев и др., 1980; Тектоника..., 1980; Геолого-геофизический..., 1987; Селиверстов, 2009). В данной работе для примера выбран Шипунский асимметричный горст акустического фундамента. Он является подводным основанием одноименного полуострова и горного хребта Восточной Камчатки (Шипунский блок Курило-Камчатской островной дуги в висячем крыле глубинного надвига зоны Беньофа (рис. 1, 2,а) (Геолого-геофизический..., 1987; Селиверстов, 2007). По профилю НСП горст сужается к востоку, приобретая в плане клиновидную форму, характерную для структурных носов тектонических структур.



Рис. 1. Морфографическая схема верхней части тихоокеанской окраины Камчатки с положением интерпретированных фрагментов профилей НСП: 1 – шельф; 2 – аваншельф; 3 – уступы; 4 – каньоны; 5 – континентальный склон

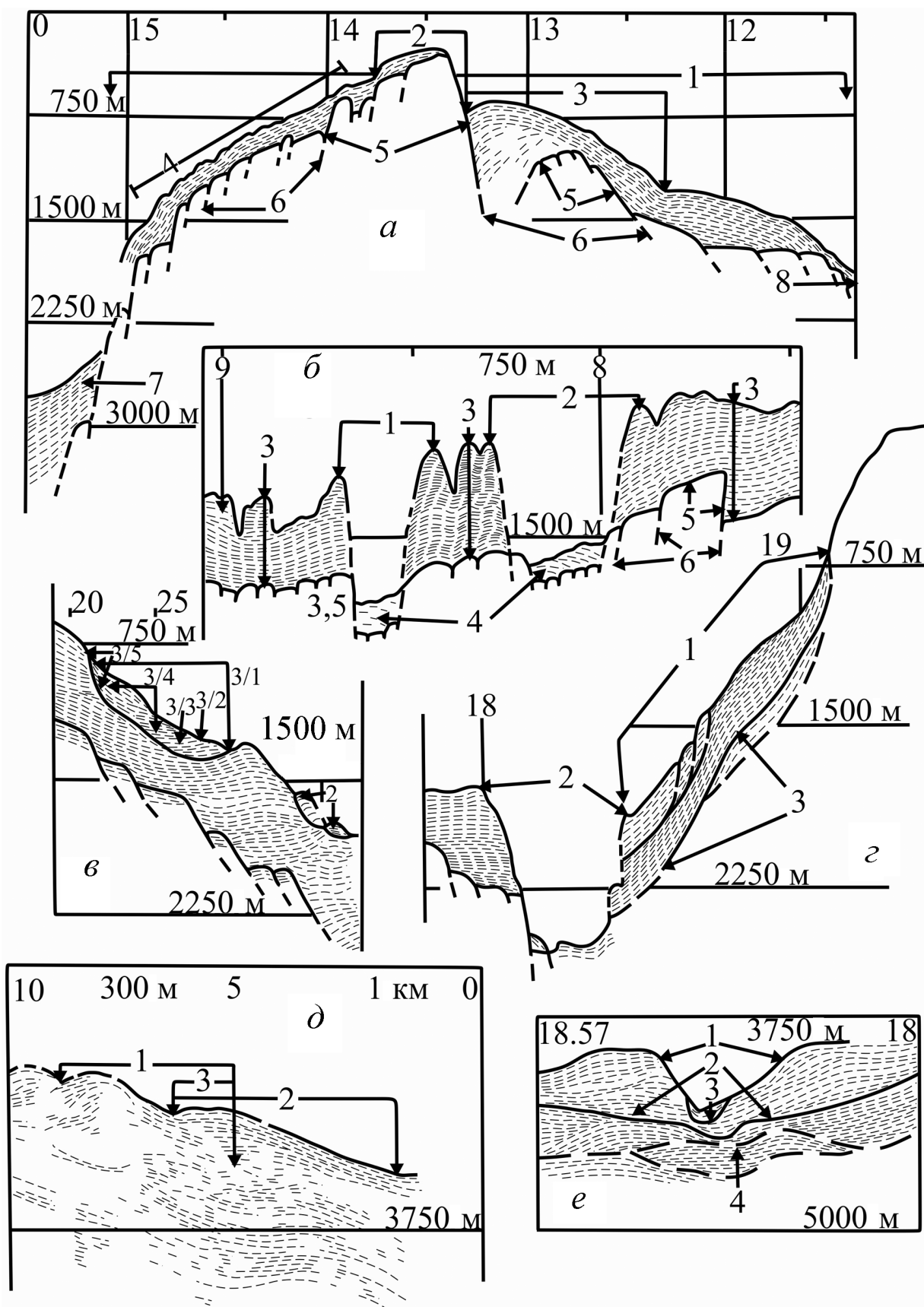
Fig. 1. Morphographic scheme of the upper Pacific margin of Kamchatka with positions of interpreted seismic continuous profiles: 1 – shelf; 2 – avanshelf; 3 – steps; 4 – canyons; 5 – continental slope

По данным НСП Шипунский горст драпирован кайнозойским осадочным чехлом разной мощности: на южном склоне его мощность достигает – 250–700 м и более, а на вершине и северном склоне горста – 50–100 м (скорость продольных волн в осадках принята равной 2000 м/с). Разломами Шипунский горст отделен от глубоководных аккумулятивных впадин Авачинского и Кроноцкого заливов. Крупный разлом также отделяет вершину (наиболее приподнятый блок фундамента) и северный склон горста от

его южного склона. Изгиб слоев книзу у плоскости этого разлома указывает на взбросовый характер смещений фундамента на южном склоне, которые привели к изгибанию слоев кайнозойского осадочного чехла над наиболее быстро поднимающимся блоком и образованию склоновой антиклинали и южного крыла горста (Rad et al., 1979). Складка сквозная, поскольку выделяется в кайнозойском чехле и фундаменте. На рис. 2, а утонение кайнозойских отложений к своду складки в кровле фундамента указывает на

Рис. 2. Фрагменты рисованных временных разрезов НСП МОВ НИС «Вулканолог»-1978 и НИС «Пегас»-1977 в интерпретации автора: а – фрагмент разреза НСП через Шипунский горст: 1, 2 – границы и вершина горста; 3 – сквозная склоновая антиклиналь; 4 – донное поле аваншельфа; 5 – кровля акустического фундамента; 6 – разломы; 7, 8 – глубоководные впадины Кроноцкого и Авачинского заливов Восточной Камчатки; б – фрагмент разреза НСП через каньоны Сторож (1, 2) в Камчатском заливе: 3 – верхняя толща кайнозойского чехла, 4 – русловые отложения, 5 – кровля акустического фундамента, 6 – разломы; в – фрагмент разреза НСП через правый борт Камчатского каньона: 1, 2 – деструктивные оползни, возможно, намывные дамбы, 3 – структурный (блоковый) оползень: 3/1 – плоскость скольжения, 3/2 – передовой блок слоистых слабдеформированных осадков, 3/3 – структура сжатия в головной части оползня, 3/4 – тыловая гетерогенная масса осадков, 3/5 – разлом (структура) растяжения и стенка срыва; г – фрагмент разреза НСП через юго-западный склон Камчатского подводного хребта: 1 – висячий оползень, 2 – Камчатский каньон, 3 – главная поверхность скольжения; д – фрагмент разреза НСП через северо-восточную часть глубоководной впадины Кроноцкого залива: 1, 2 – подводные дюны, 3 – зона перекрытия дюн; е – фрагмент разреза НСП через Жупановский каньон: 1 – намывные дамбы, 2 – подошва дамб, 3 – современные русловые отложения, 4 – более древние русловые отложения. Вертикальный масштаб на разрезах НСП в метрах (определен с учетом скорости звука в воде 1500 м/с), горизонтальный масштаб – в километрах или часах при средней скорости сейсмопрофилирования 5–7 узлов; нумерация интерпретированных профилей НСП см. в работе (Тектоника..., 1980; Селиверстов, 1998)

Fig. 2. Fragments of drawn time sections of SCP RM of r/v «Vulkanolog»-1978 and r/v «Pegas»-1977 interpreted by the author: а – fragment of the SCP section across the Shipunsky horst: 1, 2 – boundaries and the horst top, 3 – through slope anticline, 4 – sedimentary waves of the avanshelf, 5 – top of the acoustical basement, 6 – faults, 7, 8 – bathyal basins of the Kronotsky and Avachinsky bays in East Kamchatka; б – fragment of the SCP section across the Storozh canyons (1, 2) in the Kamchatka Bay: 3 – upper strata of the Cenozoic cover, 4 – channel sediments, 5 – top of the acoustical basement, 6 – faults; в – fragment of the SCP section across the right side of the Kamchatka canyon: 1, 2 – destructive slides, possibly levees, 3 – structural (block) slide: 3/1 – sliding plane, 3/2 – head block of layered, weakly deformed sediments, 3/3 – compression structure in the head of the slide, 3/4 – back heterogeneous mass of sediments, 3/5 – fault (structure) of tension and the glide wall; г – fragment of the SCP section across the south-western slope of the Kamchatka submarine ridge: 1 – hanging slide, 2 – Kamchatka canyon, 3 – the main slide plane; д – fragment of the SCP section across north-eastern part of bathyal basin of the Kronotsky Bay: 1, 2 – submarine dunes (sedimentary waves), 3 – zone of dune recover; е – fragment of the SCP section across the Zhupanovsky canyon: 1 – levees, 2 – foot of levees, 3 – recent channel sediments, 4 – older channel sediments. Vertical scale on SCP sections in meters (determined considering the speed of sound in sea water 1500 m/s), horizontal scale – in kilometers or hours with the average speed of seismic profiling 5–7 knots; numeration of interpreted SCP profiles see in (Тектоника..., 1980; Селиверстов, 1998)



консидиментационное воздымание Шипунского блока Курило-Камчатской островной дуги. Различие в гипсометрическом положении и мощно-

сти кайнозойского чехла свидетельствует о том, что южный склон блока недавно был частью аккумулятивной глубоководной впадины Авачин-

ского залива. Отметим также выдержанный наклон аваншельфа к северо-востоку и углубление его внешнего края до 1600 м, что на 600 м ниже платообразных вершин хребтов-выступов в Кроноцком заливе (Селиверстов, 1998). Перекос горста, возможно, связан с опусканием дна глубоководной впадины Кроноцкого залива.

Подводные каньоны (долины). Отрицательные формы подводного руслового стока распространены на всех континентальных окраинах Мирового океана (Леонтьев, 1979). Рассмотрим строение двух каньонов в южной части Камчатского залива, начинающихся вблизи устья р. Сторож (рис. 1, 2,б). Они прорезают весь слоистый осадочный чехол мощностью 500–600 м, залегающий на неровной поверхности акустического фундамента или, возможно, нижней осадочной толщи континентального склона (Ломтев и др., 1980). Последняя представляет собой сочетание опущенных (дно каньонов) и приподнятых (межканьонный массив и борта каньонов) блоков с амплитудой 200–300 м. Таким образом, контрастные движения блоков фундамента привели к формированию тектонических депрессий дна глубиной 200–300 м. Без привлечения подводной эрозии нельзя объяснить их современные 500–600-метровые глубины. Сохранности межканьонного массива способствует, вероятно, более высокая устойчивость к размыву пород акустического фундамента. Малоамплитудные подвижки мелких блоков фундамента привели к деформации осадочного чехла в приподнятых блоках и предопределили положение мелких эрозионных врезов. Их глубина и морфология по сравнению с таковыми каньонов в меньшей степени зависят от амплитуды подвижек и размеров таких блоков. Это подтверждает представление о тектоно-эрозионной природе каньонов (Леонтьев, 1979).

Подводные оползни. Большая группа аккумулятивных форм различного размера распространена на склонах крутизной более $0,14\text{--}0,22^\circ$ (Ломтев и др., 1980; Ломтев, 1990). По данным НСП и гидролокации бокового обзора, на подводной окраине Камчатки широко распространены подводные оползни, особенно в верхней части континентального склона, Камчатском и Авачинском каньонах. Среди оползней преобладают блоковые (структурные) и оползни-потоки, или деструктурные оползни. Мощность их изменяется от 10–20 до 200–800 м, объем достигает 20–50 км³ и более. Блоковый оползень протяженностью 9,8 км и мощностью 250–270 м расположен на правом борту Камчатского каньона на глубине 910–1350 м (рис. 2,в). Он имеет некоторые присущие данному типу элементы: вогнутую поверхность скольжения, структуры сжатия и растяжения, тыловую массу слабдеформированных осадков (Lewis, 1971). Однако есть и особенности: в част-

ности, в рельефе не выражена депрессия растяжения (оползневая депрессия), тыловая масса осадков имеет неоднородное по сейсмоакустическим данным строение. Важно отметить, что поверхность скольжения выделяется повышенной акустической жесткостью от отражающих границ в теле оползня. Примером деструктурного оползня служит оползень мощностью до 600–800 м в южной части впадины Камчатского залива (Ломтев и др., 1980). Поверхность его бугристая, расчленена эрозионными долинами. Дифрагированные волны указывают на разрушение первоначальной слоистой структуры верхней толщи кайнозойского чехла при сползании.

Висячий подводный оползень объемом 17–20 км³, мощностью до 150–400 м и протяженностью примерно 6 км обнаружен на юго-западном склоне Камчатского подводного хребта (хребет Камчатского мыса). Его крутизна достигает 9° на глубине 2370 м (рис. 2,г). На протяжении 10–12 км фронтальная часть оползня образует крутой (около 35°) левый борт Камчатского каньона. Пологовогнутая поверхность скольжения выходит на высоте 130 м над его дном (2500 м), что определяет гравитационную неустойчивость сползающего тела. На это указывает деградация слоистой структуры покрова, выраженная в уменьшении протяженности отражающих площадок, появлении микродифракций на временном разрезе НСП (Ломтев, Патрикеев, 1985). С верхней части висячего оползня в рейсе НИС «Пегас»-1977 проведено одно драгирование в интервале глубин 920–1250 м (станция 7/77; Неверов и др., 1980; Тектоника..., 1980); поднята плотная синяя глина с фауной плиоцена (?) и редким мелким (до 1 см) гравием и щебнем песчаников и туфов. Устойчивость висячего оползня может наступить лишь после достижения им дна каньона, однако неясно, произойдет это относительно быстро и с образованием цуга волн цунами в Камчатском заливе или медленно. При сползании или обрушении крупных блоков здесь возможно образование порога в русле Камчатского каньона, может быть, сходного с закартированным выше по течению блок-оползнем О. С. Корневым и др. (1981). В итоге можно заключить, что для нормальной жизнедеятельности международного порта и райцентра Усть-Камчатск необходимы повторное обследование висячего оползня по данным промера и НСП на левом борту Камчатского каньона и, возможно, численное моделирование волн цунами при обрушении его фронтальных блоков.

Образования типа дюн (осадочные волны). Небольшие асимметричные аккумулятивные гряды, или осадочные волны на пологих склонах, вытянутые вдоль изобат, известны в широком диапазоне глубин, в том числе и на шельфе (Путанс,

2012). Происхождение их связывают с переносом песчано-илистых осадков придонными течениями. Р. Харли одним из первых описал их на внешних склонах намывных дамб (прирусловые валы) абиссальных каналов на северо-востоке ложа Тихого океана, где их образование обусловлено переливом суспензионных (мутевых) потоков (Hamilton, 1967). Изучение разрезов НСП на тихоокеанской окраине Камчатки позволило выявить три участка распространения дюн (см. рис. 1). Два из них расположены на поверхности аккумулятивных шлейфов по периферии глубоководной впадины Кроноцкого залива на глубине 3500–3600 м, третий – на аваншельфе Шипунского горста в интервале глубин 500–1500 м. Ширина дюн достигает 5,0–5,3 км во впадине и 0,8–2,2 км на аваншельфе, высота соответственно 45–60 и 10–20 м. Судя по положению сейсмопрофилей, дюны ориентированы субпараллельно изобатам (Тектоника..., 1980; Селиверстов, 1998). На рис. 2, д показаны особенности строения дюн: 1) выпуклый изгиб каждого слоя параллельно смещается снизу вверх в направлении склона; 2) слои не деформированы, что указывает на отсутствие оползневых явлений; 3) на участке перекрытия дюн отмечается эрозионный контакт; 4) асимметрия поперечного профиля дюн связана с увеличением мощности слоев от пологого склона к крутому. Указанные признаки и морфометрия дюн у берегов Камчатки характерны для аккумулятивных форм этого типа. Аналогичные образования в погребенном состоянии видны на профиле НСП 42/7 через впадину Кроноцкого залива в сводке (Тектоника..., 1980).

Намывные дамбы (прирусловые валы). Небольшие асимметричные прирусловые валы на бортах подводных долин обусловлены деятельностью суспензионных (мутевых) потоков (Леонтьев, 1979). Они известны в широком диапазоне глубин, но чаще наблюдаются на шельфе, континентальном подножии и прилегающих абиссальных равнинах ложа океана (Mammerickx, 1970; Andrews, Hurley, 1978). По разрезам НСП в подводной окраине Камчатки выявлены намывные дамбы, или прирусловые валы, в Камчатском и Жупановском каньонах. Наиболее характерна дамба левого борта Жупановского каньона в том месте, где он выходит из впадины Кроноцкого залива на внутренний склон Курило-Камчатского желоба (см. рис. 1, 2, е; Ломтев и др., 1980; Тектоника..., 1980; Селиверстов, 1998). Ширина ее до 3,8 км, высота над дном каньона 200 м. В поперечном сечении дамба асимметричная клиновидная, поскольку максимальную мощность она имеет под вершиной с уменьшением к краям. Рельеф слоев в целом конформно повторяет морфологию дамбы. Осадочные слои почти не деформированы и залегают в пологовогнутой депрессии,

вероятно, в древнем русле каньона. Аналогичным образованием, видимо, является клиновидное тело мощностью до 300 м на правом борту Жупановского каньона, хотя слоистость слагающих его осадков выражена плохо, возможно, из-за избыточной газонасыщенности разреза (Ломтев, Патрикеев, 2012).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данные НСП МОВ по тихоокеанской окраине Камчатки и результаты их интерпретации показывают, что Шипунский горст фундамента является молодым поднятием висячем крыле глубоководной впадины Авачинского залива. Образование каньонов, например, Сторож и Камчатский, в основном связано с контрастной тектоникой блоков и глубинной эрозией кайнозойского осадочного чехла. На склонах различной крутизны выявлены участки с относительно устойчивым и неустойчивым залеганием осадочного чехла. По степени сохранности первичной структуры выделяются структурные (блоковые) и деструктурные (оползни-потоки) оползни. Оползень на юго-западном склоне Камчатского подводного хребта представляет реальную угрозу международному порту и райцентру Усть-Камчатск из-за возможных цунами при обрушении фронтальных блоков в Камчатский каньон. В связи с этим необходимо уточнить его морфометрию, проведя повторный промер и НСП, а также численное моделирование цунами. На разных батиметрических уровнях впервые обнаружены намывные дамбы на бортах Жупановского и, возможно, Камчатского каньонов, а также образования типа дюн (осадочных волн), происхождение и миграция которых вверх по склону, вероятно, обусловлены перемещением песчано-илистых осадков придонными течениями.

Автор благодарен К. О. Дашковскому за компьютерную подготовку графики статьи.

ЛИТЕРАТУРА

- Геолого-геофизический атлас Курильской островной системы. – Л. : ВСЕГЕИ, 1987. – 36 л.
- 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.
- Леонтьев О. К. Типы подводных долин // Геоморфология. – 1979. – № 4. – С. 3–15.
- Ломтев В. Л., Корнев О. С., Сваричевская Л. В. Геолого-геоморфологические предпосылки оползней в сейсмоактивных районах континентальных окраин Тихоокеанского подвижного пояса. – М. : ВНИИГ, Б932521. – 1980. – 153 с.

Ломтев В. Л., Патрикеев В. Н. Новое в строении северного фланга Срединно-Курильского прогиба (по данным НСП) // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. – 2012. – № 2. – Вып. 20. – С. 59–70.

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.

Ломтев В. Л. Оползни на подводных континентальных окраинах в эпоху пасаденской орогении // Природные катастрофы и стихийные бедствия в Дальневосточном регионе. – Владивосток : ДВО АН СССР, 1990. – Т. 2. – С. 348–363.

Ломтев В. Л., Патрикеев В. Н. Структуры сжатия в Курильском и Японском желобах. – Владивосток : ДВНЦ АН СССР, 1985. – 141 с.

Неверов Ю. Л., Кичина Е. Н., Остапенко В. Ф. Петрография пород зоны сочленения Алеутского и Курило-Камчатского желобов // Геология дна северо-западной части Тихого океана. – Владивосток : ДВНЦ АН СССР, 1980. – С. 29–40.

Патрикеев В. Н. Атлас сейсмических разрезов Северо-Западной плиты Тихого океана. – М. : ГЕОС, 2009. – 208 с.

Путанс В. А. Осадочные волны: современное состояние знаний // Бюл. МОИП. Отдел геол. – 2012. – Т. 87. – Вып. 1. – С. 25–37.

Сваричевский А. С., Ломтев В. Л., Патрикеев В. Н. Новые данные по геоморфологии южной части Курильского глубоководного желоба // Структура осадочных отложений Курило-Камчатского желоба. – Ю.-Сахалинск : ДВНЦ АН СССР, 1979. – С. 37–50.

Селиверстов Н. И. Строение дна прикамчатских акваторий и геодинамика зоны сочленения Курило-Камчатской и Алеутской островных дуг. – М. : Науч. мир, 1998. – 164 с.

Селиверстов Н. И. Структура сейсмофокальной зоны Камчатки // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. – 2007. – № 1. – Вып. 9. – С. 10–26.

Тектоника Курило-Камчатского глубоководного желоба. – М. : Наука, 1980. – 179 с.

Andrews J. E., Hurley R. J. Sedimentary processes in the formation of a submarine canyon // Marine Geology. – 1978. – Vol. 26. – M47–M50.

Hamilton E. Marine geology of abyssal plains in the Gulf of Alaska // Jour. Geophys. Res. – 1967. – Vol. 72. – P. 4189–4213.

Lewis K. B. Slumping on a continental slope inclined at 1–4° // Sedimentology. – 1971. – Vol. 16. – P. 97–110.

Mammerickx J. Morphology of the Aleutian Abyssal Plain // Geol. Soc. Amer. Bull. – 1970. – Vol. 81. – P. 3457–3464.

Rad U., Cepek P., Stackelberg U. et al. Cretaceous and Tertiary Sediments from North African slope // Marine Geology. – 1979. – Vol. 29. – P. 273–312.

Поступила в редакцию 03.05.2017 г.

STRUCTURE OF SOME LANDFORMS OF THE KAMCHATKA PACIFIC MARGIN IN THE AREA OF CONSTRUCTING THE FUTURE SEA PORT OF UST'-KAMCHATSK

V. L. Lomtev

Some landform structures of the Kamchatka Pacific margin are described basing on the sounding and seismic continuous data obtained by the reflection method (SCPRM). Genesis of the Shipunsky horst, the anticline on its southern slope, levees and dunes, canyons and block slides are considered.

Keywords: Pacific margin of Kamchatka, Shipunsky horst, slope anticline, levee, dune, canyon, slide.