

УДК 551.24;551.26

МОРФОЛОГИЯ И ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ ЗОНЫ СУБДУКЦИИ В РАЙОНЕ СОЧЛЕНЕНИЯ КУРИЛО-КАМЧАТСКОЙ И АЛЕУТСКОЙ ДУГ

© 2022 г. Б. В. Баранов¹, *, Н. В. Цуканов¹, К. Гедике², **, Р. Фрейтаг², К. А. Дозорова¹

¹Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва, Россия

²Федеральный институт геологии и природных ресурсов, Ганновер, Германия

*e-mail: bbaranov@ocean.ru

**e-mail: gaedicke@bgr.de

Поступила в редакцию 27.01.2022 г.

После доработки 07.02.2022 г.

Принята к публикации 14.04.2022 г.

Анализ батиметрических и сейсмических профилей, полученных в двух рейсах научно-исследовательского судна “Зонне” (проект КАЛЬМАР), совместно с ранее полученными данными позволил выявить особенности морфологии рельефа внешнего и внутреннего склонов северо-восточной части Курило-Камчатского желоба. Это дало основание выделить на внешнем склоне три сегмента океанского ложа, отличающихся по своему рельефу, мощностям осадочного чехла и тектонической активности. Их погружение под восточную Камчатку приводит к формированию современной морфологии аккреционного клина между разломом Крузенштерна и поднятием Угловое. Разлом Крузенштерна наряду с поднятием Обручева и разломом Натуралиста определяет сегментацию островного склона желоба и сейсмический режим этого участка Курило-Камчатской зоны субдукции.

Ключевые слова: северо-запад Тихого океана, Курило-Камчатский глубоководный желоб, поднятие Обручева, разлом Крузенштерна, субдукция, сейсмические и батиметрические исследования

DOI: 10.31857/S0030157422040025

ВВЕДЕНИЕ

В северо-западной части Тихого океана, вблизи сочленения Курило-Камчатского и Алеутского желобов, Тихоокеанская литосферная плита погружается под полуостров Камчатка и скользит вдоль западного сегмента Алеутской островной дуги. Субдукция плиты под Камчатку вызывает активный вулканизм, высокую сейсмичность, приводит к возникновению цунами [12, 32, 42, 43]. На границе скольжения современный островодужный вулканизм отсутствует, сейсмическая активность является не такой высокой, как в зоне субдукции, и структурный рисунок определяется протяженными правосторонними сдвигами, между которыми формируются котловины растяжения, такие как котловина Стеллера, расположенная на оси Алеутского желоба [9, 16].

Океанское дно, которое пододвигается под Камчатку, является неровным, поскольку на нем располагаются трансформные разломы, поднятия Обручева и Угловое (рис. 1а, 1б), между которыми находится участок с повышенной мощно-

стью осадочного чехла [9, 44] и современной тектоно-магматической активностью, проявляющейся в высоком тепловом потоке [9] и сейсмичности [6, 13].

Подобного рода участки дна с наличием вулканических поднятий, подводных гор и трансформных разломов перед глубоководным желобом представляют особый интерес, который обусловлен тем, что данные формы рельефа при поддвиге модифицируют морфологию островного/континентального склона желоба, влияют на характер вулканизма, распределение эпицентров землетрясений, наклон погружающейся плиты и тектонический режим (аккреция или эрозия) субдукции [18, 25, 33, 40].

Кроме того, подобного рода неровности при поддвиге подразделяют склон на отдельные сегменты, длина которых определяет размеры очагов сильнейших землетрясений [3, 17, 31, 37, 47]. В связи с этим выделение подобного рода сегментов на островном склоне желоба и их связь с пододвигающимися структурами в рамках долгосрочного сейсмического прогноза имеет принци-

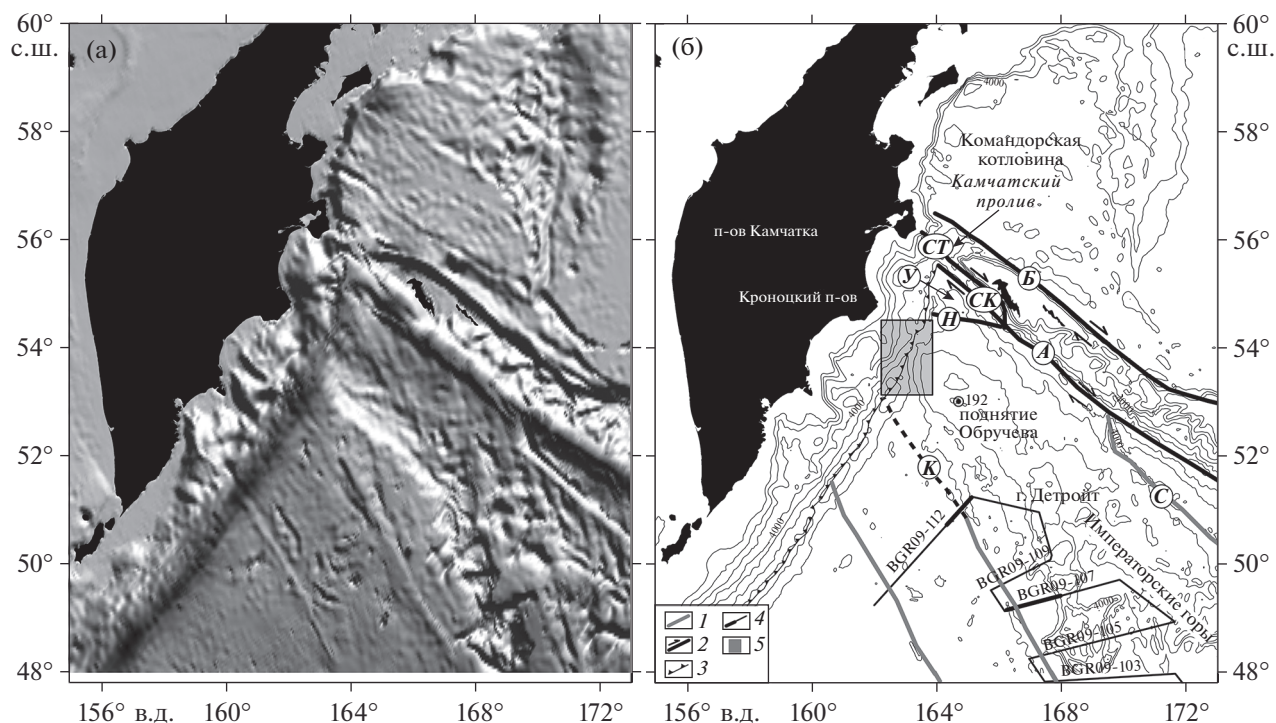


Рис. 1. Теневая карта района исследований. При составлении карты использовался грид GEBSCO (а); схема основных разломов и районов исследований (б). 1 – неактивные разломы, 2 – активные разломы, пунктиром – предполагаемые, 3 – Курило-Камчатский желоб, 4 – пронумерованные сейсмические профили, жирными линиями обозначены их фрагменты, показанные на рис. 2, 5 – положение батиметрической карты, составленной по данным рейса SO120-2. Сокращения для названий разломов: К – Крузенштерна, С – Стелмейт, А – Алеутский, Б – Беринга, СТ – Стеллера, Н – Натуралиста; У – поднятие Угловое, СК – котловина Стеллера.

пильное значение для определения мест возникновения будущих сильнейших землетрясений.

Строение и геодинамика области сочленения Алеутского и Курило-Камчатского желобов по результатам батиметрической съемки однолучевым эхолотом и одноканальной сейсмической съемки в модификации НСП были рассмотрены в работах [8, 9]. В настоящей статье приводятся и анализируются батиметрические и сейсмические данные, полученные в этом районе в 2009 г. с борта германского научно-исследовательского судна “Зонне” (“Sonne”), рейсы SO201-1a и SO201-2 [21, 22]. Работы проводились в рамках российско-германского проекта КАЛЬМАР (KALMAR – Kurile-Kamchatka and Aleutian Marginal Sea – Island Arc System). В рейсах было выполнено несколько сейсмических и батиметрических профилей, пересекающих Императорские горы и разлом Крузенштерна, и проведена батиметрическая съемка участка глубоководного желоба между поднятием Обручева и Камчатским островным склоном (рис. 16).

Анализ полученных данных с привлечением имеющегося материала по этому району, представленного в работах [8–10], дал возможность

показать различия в морфологии аккреционного клина при различных мощностях осадочного чехла на пододвигающейся плите и наличия вулканического поднятия Обручева.

К северо-востоку от поднятия Обручева происходит субдукция аномального участка океанической плиты, характеризующегося высоким тепловым потоком и сейсмичностью, связанной с Командорской зоной сдвига [9, 30]. Подвиг этих структур отражается в углах наклона погружающейся плиты и приводит к сегментации континентального склона желоба, что определяет сейсмический режим этого участка Курило-Камчатской зоны субдукции. В частности, это проявилось в особенностях распределения эпицентров на форшоковой и афтершоковой стадиях очага Кроноцкого землетрясения 7 декабря 1997 г. [1, 3].

ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ

Поднятие Обручева является северным и наиболее древним окончанием Гавайско-Импера-

торских гор [46], которые протягиваются на расстояние более 5800 км и являются одной из важнейших структур Тихого океана. На северо-востоке поднятие граничит с разломом Стейлмейт и глубоководным Алеутским желобом. К юго-западу от поднятия Обручева располагается разлом Крузенштерна, а к северу от поднятия – разлом Натуралиста (рис. 1).

Цепь Гавайско-Императорских гор образовалась при прохождении океанической плиты над горячей точкой [27, 45, 46]. Поднятие Обручева, являющееся северо-западным окончанием этой цепи, вместе с Тихоокеанской плитой перемещается в северо-западном направлении практически ортогонально к Камчатской окраине со скоростью около 7.9 см/год [24]. Информация о возрасте и составе подводных гор западного окончания Императорской цепи основывается на данных 19-го рейса бурового судна “Гломар Челленджер” DSDP (Deep Sea Drilling Project) (скважина 192) и 197-го рейса Ocean Drilling Project (ODP) (скважины 1203 и 1204), в которых был вскрыт фундамент подводных гор Мейджи, Детройт и Сайко [26, 27, 29, 34, 36].

На основе геохимических данных по базальтам подводных гор Мейджи на возвышенности Обручева (скважина 192) и Дейтройт предполагается, что они формировались на относительно тонкой и молодой океанической коре в поздне меловое (маастрихт) время [34, 36].

Мощность осадочного чехла на плите мелового возраста, которая погружается в зону субдукции южнее поднятия Обручева, составляет 300–500 м [9]. На поднятии Обручева и, особенно, на его северо-восточном склоне мощность осадочного чехла существенно увеличивается, достигая 1.5–2 км [9]. Это обусловлено наличием крупного осадочного тела Мейджи, которое располагается между поднятием Обручева и Алеутским желобом. Осадочное тело Мейджи вытянуто в юго-восточном направлении на 800 км, его ширина составляет 300 км, а мощность осадков равна 1.5–2 км. Исследование осадков, полученных бурением на ст. 192 по проекту Deep Sea Drilling Project показало, что осадочное тело Мейджи начало формироваться в раннем миоцене и, в основном, сложено терригенными глинами, выносимыми через Камчатский пролив из Берингова моря [44].

Поднятие Обручева вытянуто по азимуту 330° в северо-западном направлении на расстояние 350 км и имеет асимметричный профиль. Юго-западный борт поднятия является более высоким и крутым по сравнению с его северо-восточным бортом. На основании проведенных сейсмических исследований предполагается, что поднятие Обручева пододвигается под Камчатский п-ов,

блоки его коры могут или погружаться в зону субдукции, или входить в состав аккреционной призмы [8].

Поднятие Обручева располагается на океанической плите напротив п-ова Кроноцкий, который является центральной частью Кроноцкого террейна островодужной природы [4]. Этот террейн находится в преддуговой обстановке современной вулканической дуги (Восточно-Камчатский вулканический пояс) и сложен мел-эоценовыми вулканогенно-туфогенными комплексами [14].

К юго-западу от поднятия Обручева в рельефе дна выделяется разломная зона Крузенштерна, которая является крупной линейной структурой, простирающейся субпараллельно поднятию и продолжающейся до Курило-Камчатского желоба [28]. Эта структура рассматривается в качестве мелового трансформного разлома на срединно-океаническом хребте, который разделял плиты Кула и Пацифик и погрузился в зону субдукции [38, 41].

С севера поднятие Обручева граничит с разломом Натуралиста, который входит в Командорскую зону сдвига. Разлом Натуралиста располагается на Тихоокеанской плите и ориентирован в субширотном направлении. Эпицентры землетрясений, приуроченные к разлому, свидетельствуют о современной активности этой структуры [30]. На сочленении Алеутского и Курило-Камчатского желобов располагается небольшое поднятие Угловое, вытянутое параллельно Алеутскому желобу.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Сейсмические профили были получены во время рейса SO201-1a НИС “Зонне” с помощью метода МОВ-ОГТ. При съемке использовалась система пневматических источников, состоящая из двух рядов пушек с общим объемом, равным 50.8 л. Во время проведения работ скорость судна составляла 5 узлов. Запись отраженных волн велась при помощи цифровой косы SERCEL на 276 каналах, длина косы была равна 3450 м. Глубина проникновения достигала 14 с удвоенного времени пробега волны. Было выполнено 11 профилей многоканального профилирования общей протяженностью 2715 км [21].

Самая верхняя часть осадочного чехла изучалась с использованием судового параметрического профилографа системы PARASOUND P70 (Atlas Hydrographic, Бремен), работающего на частоте 4 кГц. Глубина проникновения в осадки достигала 200 м (266 мс). Съемка профилографом проводилась одновременно со съемкой МОВ ОГТ.

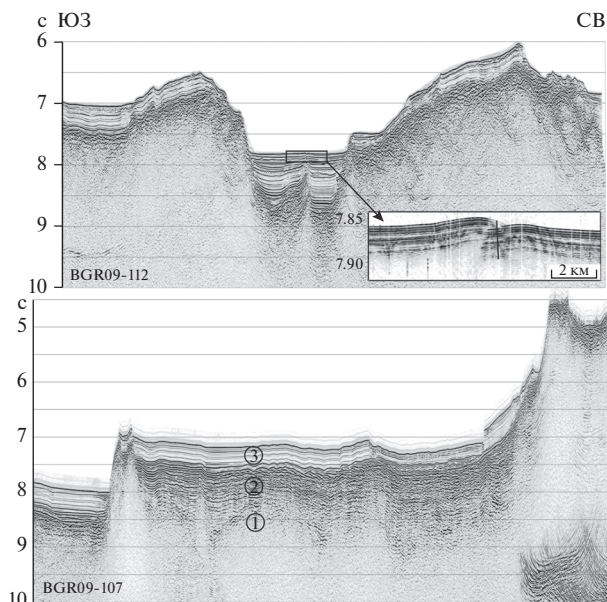


Рис. 2. Фрагменты сейсмических профилей, пересекающие разлом Крузенштерна. 1–3 – сейсмоакустические комплексы; на врезке приведен фрагмент записи профилографа PARASOUND P70, на котором видны современные смещения по разлому Крузенштерна. Вертикальная шкала – время двойного пробега волны в секундах. Положение профилей показано на рис. 16.

При батиметрической съемке во время рейсов SO201-1a и SO201-2 НИС “Зонне” использовался многолучевой эхолот SIMRAD EM120 (изготовитель фирма Kongsberg Maritime) [21, 22]. Этот эхолот работает на частоте 12 кГц, использует 288 лучей, угол сектора покрытия достигает 150° относительно оси судна (75° по правому и левому бортам). Диапазон глубины измерения составляет 20–11000 м, ширина измеряемой полосы приблизительно равна 6-кратной глубине.

Точность измерения глубин зависела от погодных условий и скоростного разреза водной толщи. Во время рейсов при эхолотной съемке скоростные разрезы были получены в районах исследований при зондировании водной толщи гидрологическим зондом СТД. Точность измерения также зависела от глубины и угла сектора покрытия и для глубин 2000–3000 м составляла около 10 м.

Сбор данных, их обработка, визуализация и копирование на внутренние или внешние диски производились с помощью программы Seafloor Information System (SIS) в операционной системе Windows XP или Windows 7. Для обработки полученных данных использовалась программа QPS Qimera V. 1.3. После загрузки первичных данных с эхолотов проводилась коррекция глубины по скоростному разрезу водной толщи и автоматическое удаление ошибочных измерений глубины.

Вся обработка осуществлялась системными операторами НИС “Зонне” в течение рейсов.

В результате обработки генерировался файл формата a.sd, который использовался для трехмерной визуализации рельефа с помощью программы QPS Fledermaus. Данные также экспортировались в файлы формата ASCII (x, y, z) с целью построения карт с использованием программ GMT или Surfer. В настоящей работе при расчете гридов и рисовки карт использовалась программа Surfer 13, построение профилей проводилось с помощью программы Global Mapper 18.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Батиметрическая и сейсмическая съемки в рейсе SO201-1a проводились на нескольких пересечениях разлома Крузенштерна. В рейсе SO201-2 был закартирован участок дна, который охватывал Курило-Камчатский желоб, его океанический и островодужные склоны в том месте, где к желобу подходит поднятие Обручева (рис. 16).

Разлом Крузенштерна. В рельефе разлом Крузенштерна прослеживается от профиля BGR09-103 до профиля BGR09-112 (рис. 16) и на всех профилях за исключением BGR09-103 и BGR09-112 выглядит как ступень, на которой происходит изменение глубины дна с северо-востока на юго-запад от 5450 до 6200 м. На профиле BGR09-112 разлом выражен U-образным трогом глубиной 500 м, северо-восточный борт которого является продолжением ступени на профиле BGR09-107 (рис. 2). Трог замыкается на 52°с.ш., но хребет, который ограничивает его с юго-запада, продолжается до Курило-Камчатского желоба. По данным многоканального сейсмопрофилирования на юго-восток разлом Крузенштерна протягивается до профиля BGR09-103, где в рельефе “акустического” фундамента он соответствует узкому поднятию, перекрытому осадками мощностью более 2 с.

В строении осадочного чехла разлома Крузенштерна на сейсмических профилях по акустическим характеристикам можно выделить три комплекса (рис. 2). Нижний комплекс (1) характеризуется короткими не протяженными отражениями с низкой контрастностью. Рефлекторы не являются границами и не соответствуют каким-либо слоям и можно предположить, что кровля этого комплекса соответствует кровле “акустического” фундамента.

“Акустический” фундамент перекрывается вторым комплексом (2), который характеризуется интенсивными отражающими горизонтами у основания и кровли. В комплексе 2 хорошо выражена слоистая структура, которая подчеркивает

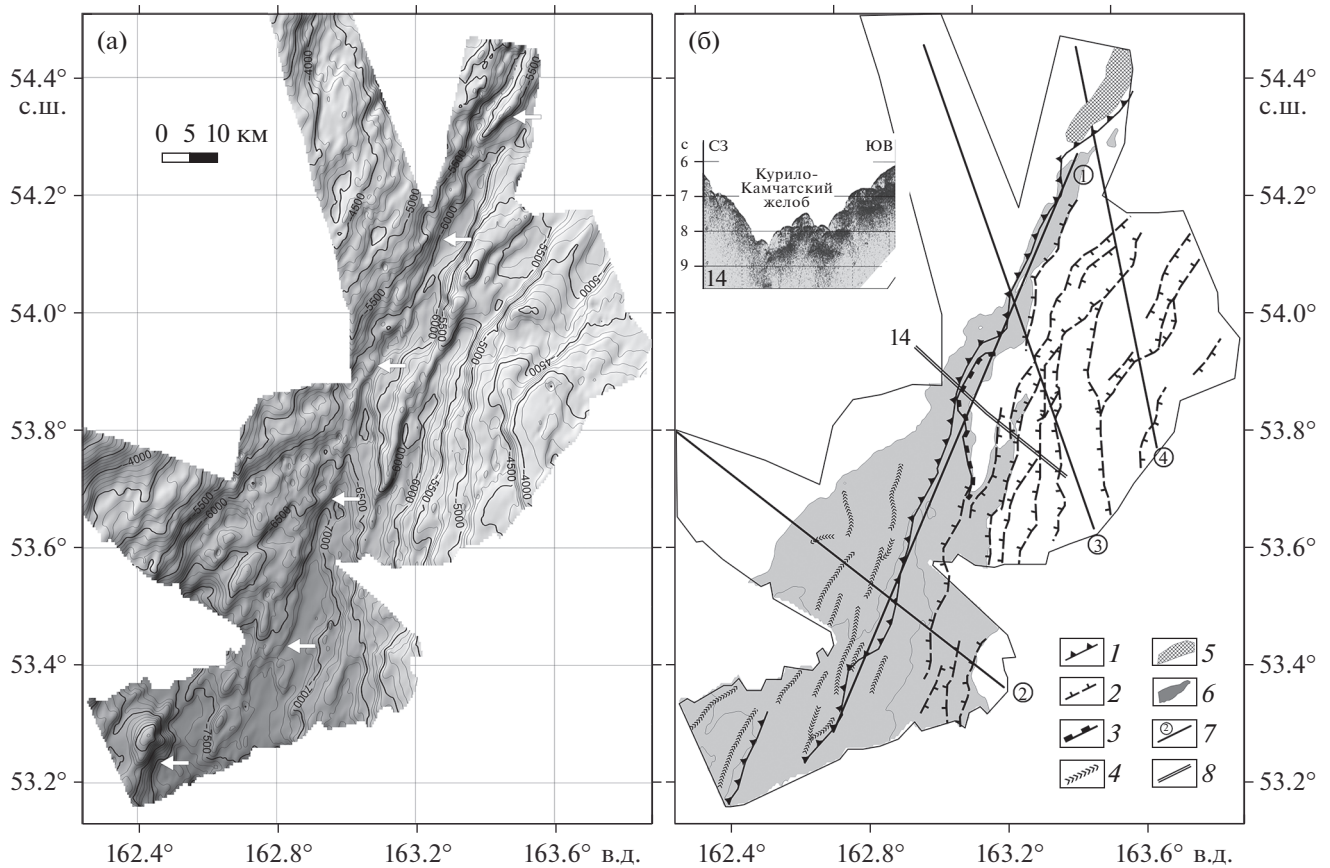


Рис. 3. Теневая батиметрическая карта участка Курило-Камчатского желоба в районе поднятия Обручева (а). Белыми стрелками отмечен деформационный фронт. Изобаты проведены через 100 м. Структурная интерпретация карты (б). 1 – деформационный фронт, 2 – сбросовые уступы, 3 – индентор, 4 – поднятия в аккреционной призме, 5 – линейное поднятие в основании склона, 6 – глубины, превышающие 6000 м, 7 – батиметрические профили, приведенные на рис. 4, 8 – сейсмический профиль, показанный на врезке. Положение карты см. на рис. 16.

ся контрастными отражающими горизонтами. В нижней части наблюдается небольшое несогласие, которое демонстрирует залегание осадков на поверхности фундамента. Если судить по характеру записи, осадочное выполнение комплекса 2 не меняется по направлению к Императорскому хребту. Мы предполагаем, что этот комплекс представлен осадками ранней стадии эволюции подводных гор и сложен, вероятно, туфами и продуктами эрозии, которые соответствуют начальным этапам развития подводных гор.

Третий комплекс (3) образован молодыми осадками, он отчетливо выделяется на профилях и имеет хорошую стратификацию с четкими, параллельными отражающими горизонтами. Выдержанность отражающих горизонтов на больших расстояниях и их хорошая стратификация дает основание говорить, что этот комплекс накапливался в пелагических условиях.

На профиле BGR09-112 разлом Крузенштерна выглядит как трог, заполненный осадками (рис. 2).

В фундаменте осевой части трога присутствует поднятие фундамента, перекрытое осадками. Северо-восточный борт поднятия ограничивает разлом, который прослеживается в осадочной толще и выходит на дно, смещая его поверхность на 35 м (рис. 2, врезка), что свидетельствует о современной активности разлома Крузенштерна. На профилях, расположенных к юго-востоку, разрывных нарушений в толще осадков не наблюдается, поэтому можно предположить, что активизация древнего трансформного разлома Крузенштерна начинается с приближением к Курило-Камчатской зоне субдукции.

Курило-Камчатский желоб. Курило-Камчатский желоб был закартирован на протяжении более 120 км. В результате установлено, что структурным элементом, который фиксируется на всем протяжении исследованного района, является уступ высотой 200–600 м в основании континентального склона желоба, который соответствует деформационному фронту, возникающему на острие аккреционного клина (рис. 3а, 3б).

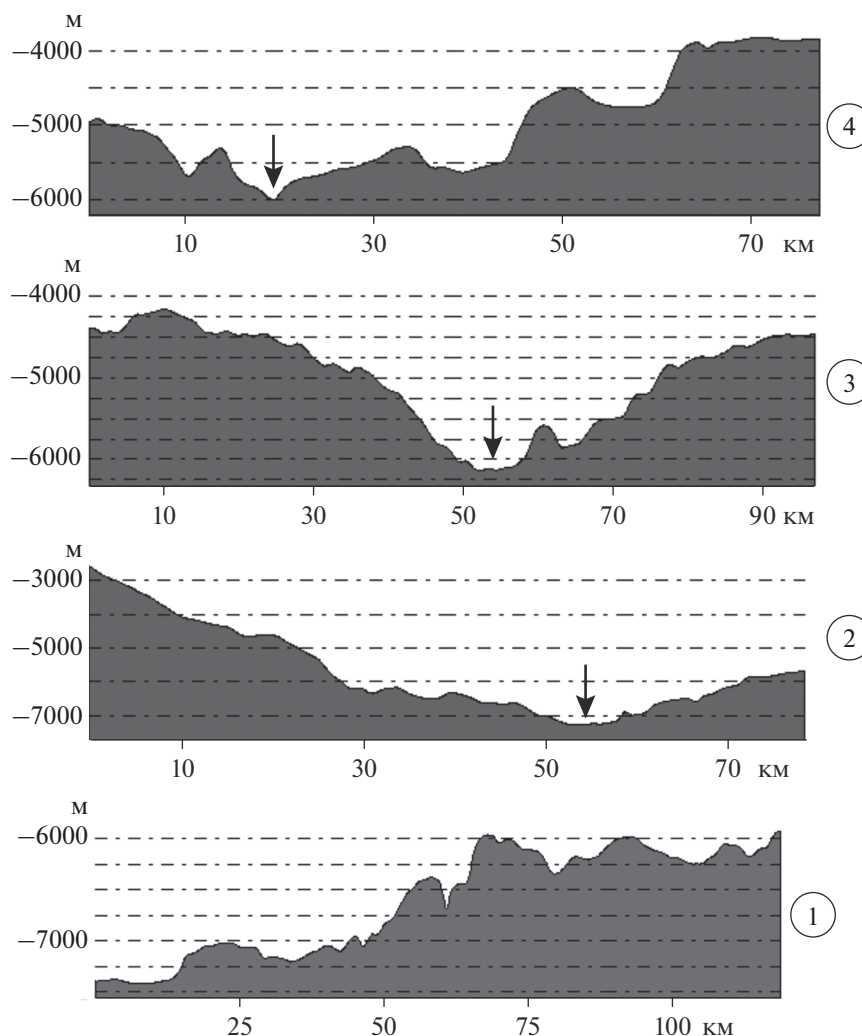


Рис. 4. Батиметрические профили вдоль (1) и вкрест (2–4) простираения Курило-Камчатского желоба. Стрелкой обозначена ось желоба. Положение профилей см. на рис. 3б.

С другой стороны морфология отдельных структурных элементов и глубины в пределах исследованного района существенно изменяются при движении с юга на север (рис. 3). На юге глубина желоба достигает 8000 м, его осевая часть является более широкой и имеет более сложную морфологию по сравнению со своим северным отрезком. Здесь наблюдается правостороннее кулисное сочленение деформационного фронта, вероятно, связанное с миграцией его северного отрезка в сторону океана. На севере глубина желоба слегка превышает 6000 м и его осевая часть существенно уже по сравнению с южным отрезком.

Океанический (внешний) склон желоба состоит из нескольких ступеней (рис. 3, 4). В пределах района исследований самая верхняя ступень расположена на глубинах около 4000 м, а самая нижняя – на глубинах 5500 м. Ширина ступеней ко-

леблется от 5 до 10 км, поверхность ступеней может быть субгоризонтальной или слегка наклоненной на восток – юго-восток.

Ступени ограничиваются уступами, высота которых может достигать 1000 м (рис. 4, профиль 4) на оси поддвигаемого поднятия Обручева и уменьшаться до 250 м с удалением от нее (рис. 4, профиль 3). Очевидно, что уступы являются плоскостями сбросов, формирующихся, как это было показано для желобов Тихого океана, за счет изгиба океанической плиты при ее субдукции [20, 39].

В верхней части склона сбросовые уступы параллельны контурам поднятия Обручева и имеют субмеридиональные или северо-восточные простираения, в нижней части они становятся параллельными оси желоба. Уступы падают как по направлению к желобу, так и от него, формируя

грабены и полуграбены, наиболее отчетливо выраженные в рельефе с приближением к желобу. Глубина грабена в самой нижней части склона постепенно увеличивается в юго-западном направлении и его дно сливается с дном желоба, как это хорошо видно на примере изобаты 6000 м (рис. 3б). Этот грабен начинает отделять блок от океанической коры внешнего склона желоба, причем видно, что самая южная часть блока практически перекрыла желоб и внедряется в основание континентального склона, являясь индентором (рис. 3а, 3б, врезка). То, что этот блок погружился в желоб видно по резкому уменьшению глубины (рис. 4, профиль 1).

Островодужный (внутренний) склон желоба был закартирован от оси до изобаты 4000 м и его морфология также различается для южного и северного участков исследованного района (см. рис. 3, 4). На юге склон можно подразделить на нижнюю и верхнюю части. Нижняя часть располагается в интервале от деформационного фронта до изобаты 6000 м, она более пологая по сравнению с верхней частью и имеет сложное строение. Здесь находится несколько небольших поднятий высотой 100–300 м и протяженностью 10–20 км, которые простираются параллельно оси желоба (рис. 3б и 4, профиль 2). Верхняя часть склона начинается уступом высотой около 1000 м, который в интервале глубин 5000–4500 м переходит в пологую ступень. Выше 4500 м угол наклона склона вновь начинает увеличиваться.

На северном участке склон начинается с уступа, расположенного в интервале глубин 6000–5000 м (рис. 4, профиль 3). Пологая ступень, выделяемая на южном отрезке склона, также фиксируется, только здесь она имеет более сложное строение, простирается не параллельно желобу, а в субмеридиональном направлении и захватывает интервал глубин от 5000 до 4000 м. Наиболее примечательной формой рельефа в пределах северного участка склона является линейное поднятие, которое отделяется от островодужного склона депрессией по изобате 5500 м (рис. 3, 4, профиль 4). Депрессия углубляется в южном направлении и постепенно сливается с осевой частью желоба.

ОБСУЖДЕНИЕ

Океанское дно может иметь расчлененный рельеф, обусловленный наличием подводных гор, возвышенностей, трансформных разломов и срединно-океанических хребтов. Эти структуры, как отмечалось во введении, перемещаются вместе с океаническими плитами и погружаются в зоны субдукции, приводя к изменению строения пред-

дуговой области и влияя на распределение сильнейших землетрясений.

Одним из таких участков с расчлененным рельефом является участок океанического ложа в северо-восточной части Камчатской зоны субдукции вблизи ее сочленения с Командорской зоной сдвига. Этот участок протягивается на расстояние в 320 км от пересечения разлома Крузенштерна с зоной субдукции до поднятия Угловое на сочленении Курило-Камчатского и Алеутского желобов. В его пределах можно выделить три сегмента океанического ложа, которые отличаются по рельефу, мощности осадочного чехла и тектонической активности, а именно:

- разлом Крузенштерна – поднятие Обручева,
- поднятие Обручева,
- поднятие Обручева – поднятие Угловое (рис. 5).

Сегмент “разлом Крузенштерна – поднятие Обручева”. Батиметрическая съемка Курило-Камчатского желоба не захватила, к сожалению, участок вероятного пересечения разлома Крузенштерна с Курило-Камчатским желобом. Тем не менее, о его продолжении северо-западнее профиля BGR09-112 (рис. 1б) можно судить, основываясь на теневой карте рельефа GEBCO, представленной на рис. 1а.

Возраст океанского дна в пределах этого сегмента, предположительно, оценивается как позднемеловой-раннепалеогеновый [9]. Рельеф сегмента является ровным, мощности осадочного чехла составляют менее километра [9]. Выше, при описании морфологии желоба в пределах этого сегмента, отмечалось, что нижняя часть континентального склона является пологой и состоит из серии небольших поднятий высотой до 300 м и протяженностью 10–20 км (рис. 3, 4 профиль 2).

На профиле 22 (рис. 5) видно, что под одним из таких поднятий наблюдаются отражающие горизонты, падающие в сторону островного склона и соответствующие слоистому осадочному чехлу мощностью более 500 м и “акустическому” фундаменту океанической плиты. В свою очередь поднятия, по всей видимости, сложены осадочным материалом, соскобленным при подвиге плиты. Результаты численного моделирования прогнозируют эффект соскабливания осадочного чехла, если его мощность на океанской плите превышает 500 м [7].

Сегмент “поднятие Обручева”. Ранее по сейсмическим данным предполагалось, что блоки коры поднятия Обручева на внешнем склоне желоба в процессе субдукции могут полностью терять связь с погружающейся литосферной плитой и входить в состав аккреционных комплексов

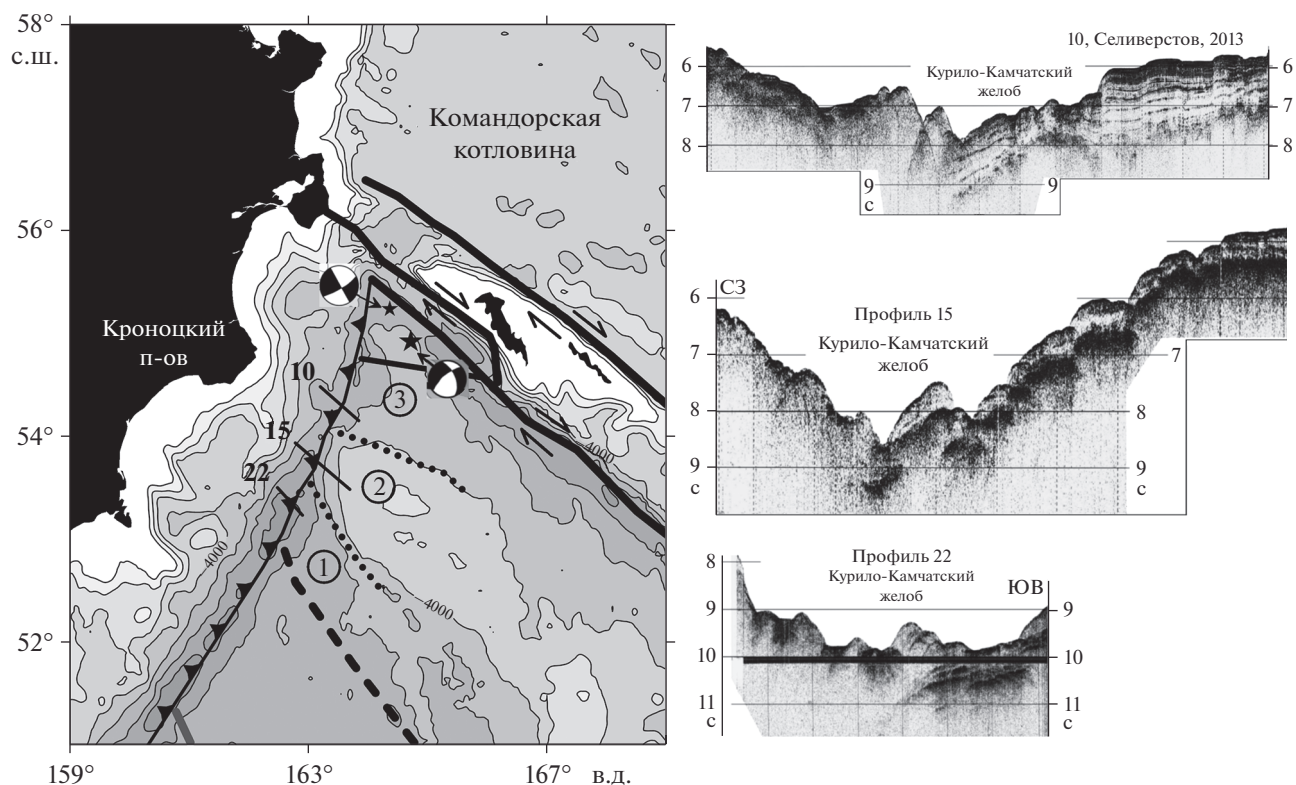


Рис. 5. Сегменты океанского ложа (1–3), для которых характерны различные моды формирования аккреционного клина при их поддвиге в Курило-Камчатскую зону субдукции, и фрагменты сейсмических профилей из работы [10] с сохранением их нумерации. Границы сегментов показаны точечными линиями, сейсмические профили – тонкими сплошными, основной толчок землетрясения 20.12.2018 г. и его сильнейший афтершок обозначены залитыми большой и маленькой звездочками соответственно. Механизмы их очагов даны по [6], нижняя полусфера. Остальные условные обозначения – см. рис. 16.

континентального склона в виде крупных тектонических структур [8]. В настоящей работе представлены дополнительные свидетельства процесса аккреции, полученные на основании анализа особенностей морфологии рельефа этого участка океанского дна.

Первое, что обращает на себя внимание – это резкое уменьшение глубины желоба с юго-запада на северо-восток от 8000 до 6000 м, которое происходит при контакте поднятия с желобом. Разница глубин составляет 2 км, т.е. равна превышению поднятия Обручева над абиссальной равниной. Подобного рода резкое уменьшение глубины можно рассматривать в качестве свидетельства того, что желоб в настоящее время пересекает поднятие, которое погружается в зону субдукции.

Этот сегмент отличается от сегмента “разлом Крузенштерна – поднятие Обручева” более крутым основанием континентального склона. Наличие крутых поверхностей, обращенных вниз по склону, является одним из признаков поддвига неровностей океанского дна. Подводные горы на вулканических хребтах являются более компен-

сированными, из-за повышенной мощности коры, которая не полностью поглощается в зону субдукции. Они имеют большую плавучесть, вследствие чего чаще прилегают к склону, наращивая аккреционную призму [48].

В пределах сегмента “поднятие Обручева” внешний склон желоба разбит сбросами с формированием ступенчатого рельефа, характерного для океанических склонов желобов [39]. Сбросы образуются за счет изгиба океанической плиты перед ее погружением в желоб, а наличие растягивающих напряжений подтверждается решениями механизмов очагов землетрясений, происходящих на внешнем склоне желоба [20].

В нижней части внешнего склона Курило-Камчатского желоба сбросы простираются параллельно желобу, в верхней части их простирающие становится параллельным контурам поднятия Обручева. Сбросы могут падать как в сторону желоба, так и от него, формируя грабены, которые с приближением к желобу начинают углубляться, а дно самого нижнего грабена выходит на осевую часть желоба (рис. 3). В результате проис-

ходит отделение блоков океанической коры поднятия Обручева. Это хорошо видно для нижней части склона, где один из блоков отделяется от поднятия грабеном и представляет собой индентор, который внедряется в аккреционную призм, перекрывая желоб (рис. 5, профиль 15).

В настоящее время появились данные, которые предоставляют нам возможность количественно оценить время поддвига возвышенности Обручева под Курило-Камчатскую зону субдукции. Изучение трекового возраста детритовых зерен апатита из разновозрастных эоцен-миоценовых отложений Кроноцкого полуострова и Тюшевского прогиба Камчатки позволили выделить три возрастные группы пород, имеющие различный возраст эксгумации 31 ± 5 , 11–15 и 6–9 млн лет [15]. Возраст эксгумации сопоставлен с возрастом основных тектонических рубежей на Восточной Камчатке. В результате было получено, что возраст первой группы апатитов (31 млн лет) может соответствовать начальной стадии коллизии Кроноцкой палеодуги с Камчатской окраиной. Возраст второй группы (11–15 млн лет) отмечает более позднюю стадию коллизии. Третья возрастная группа (6–9 млн лет) отвечает поздне-миоценовой коллизии и характеризует очередной этап эксгумации Кроноцкого террейна, вероятно, связанный с началом пододвигания в Камчатскую зону субдукции поднятия Обручева.

Сегмент “поднятие Обручева – поднятие Угловое”. Сегмент океанского дна между поднятиями Обручева и Угловым имеет весьма примечательные характеристики. Мощность осадочного чехла достигает здесь 2 км, что обусловлено выносом терригенного материала из Камчатского пролива с формированием осадочного тела Мейджи [9, 44].

Соскребание осадочного чехла такой мощности при погружении плиты в зону субдукции приводит к формированию своеобразного аккреционного клина. Это выражается в появлении в нижней части континентального склона узкого субмеридионального поднятия (рис. 5, профиль 10), в тылу которого, по данным непрерывного сейсмического профилирования, прослеживается глубокая депрессия [9]. Северное и южное окончание этой депрессии отклоняются к востоку и соединяются с глубоководным желобом.

Данный участок, как отмечалось в работе [9], также характеризуется высокой тектоно-магматической активностью. Это проявляется в повышенных значениях теплового потока, которые прослеживаются от Алеутского желоба до привершинной части поднятия Обручева [9].

Другим свидетельством активности этого участка океанической плиты является землетрясение 20.12.2018 г. с $M_w = 7.3$, эпицентр основного

толчка которого располагался на поднятии Угловом к северу от возвышенности Обручева вблизи сочленения Курило-Камчатского и Алеутского желобов. Очаг этого события имел сложную форму, поскольку был вытянут в субмеридиональном и северо-западном направлениях [6, 13].

Механизмы основного толчка и его сильнейших афтершоков свидетельствуют о субширотном растяжении. Для участка очага субмеридионального простирания это выражается в наличии сбросов аналогичного направления, а для участка северо-западного направления – в существовании правосторонних сдвиговых смещений вдоль Алеутского желоба (рис. 5). Условия растяжения также определяются для форшоков этого события и других сильных землетрясений в этом районе, что свидетельствует о периодически повторяющемся процессе деформаций северо-западного угла Тихоокеанской плиты [13].

Западный (Командорский) отрезок Алеутской островной дуги представляет собой систему активных правосторонних сдвигов северо-западного простирания, между которыми формируются бассейны растяжения, ограниченные сбросами субмеридионального простирания [9, 16, 30]. Землетрясение 20.12.2018 г. с $M_w = 7.3$ дает основание предполагать, что система правосторонних сдвигов не ограничивается Алеутской островной дугой, но распространяется дальше на юг, и разлом Натуралиста может являться одним из таких сдвигов [30]. Наличие северо-западных сдвигов и субмеридиональных сбросов в сегменте “поднятие Обручева – поднятие Угловое” находится в хорошем соответствии с формой очага землетрясения 20.12.2018 г. и механизмами очагов его основного толчка и афтершоков (рис. 5). Кроме того, наличие условий растяжения подтверждают данные высокого теплового потока [9, 22].

Следствие поддвига аномального участка плиты под Камчатку. Два сегмента Тихоокеанской плиты, пододвигающейся под Камчатку, имеют специфические характеристики, обусловленные наличием поднятия Обручева и аномально прогретой океанической коры, что приводит к изменению геометрии субдуцирующей плиты [2, 9, 35]. В зоне поддвига поднятия Обручева и к северо-востоку от нее происходит уменьшение наклона пододвигаемой плиты до 30° – 35° , что несколько меньше угла наклона плиты в 50° , который наблюдается на разрезах сейсмофокальной зоны к юго-западу от поднятия и Кроноцкого полуострова. Такое изменение геометрии зоны субдукции обусловлено уменьшением отрицательной плавучести пододвигаемой Тихоокеанской плиты за счет увеличения мощности коры на поднятии Обручева, удельной вес которой меньше, чем у

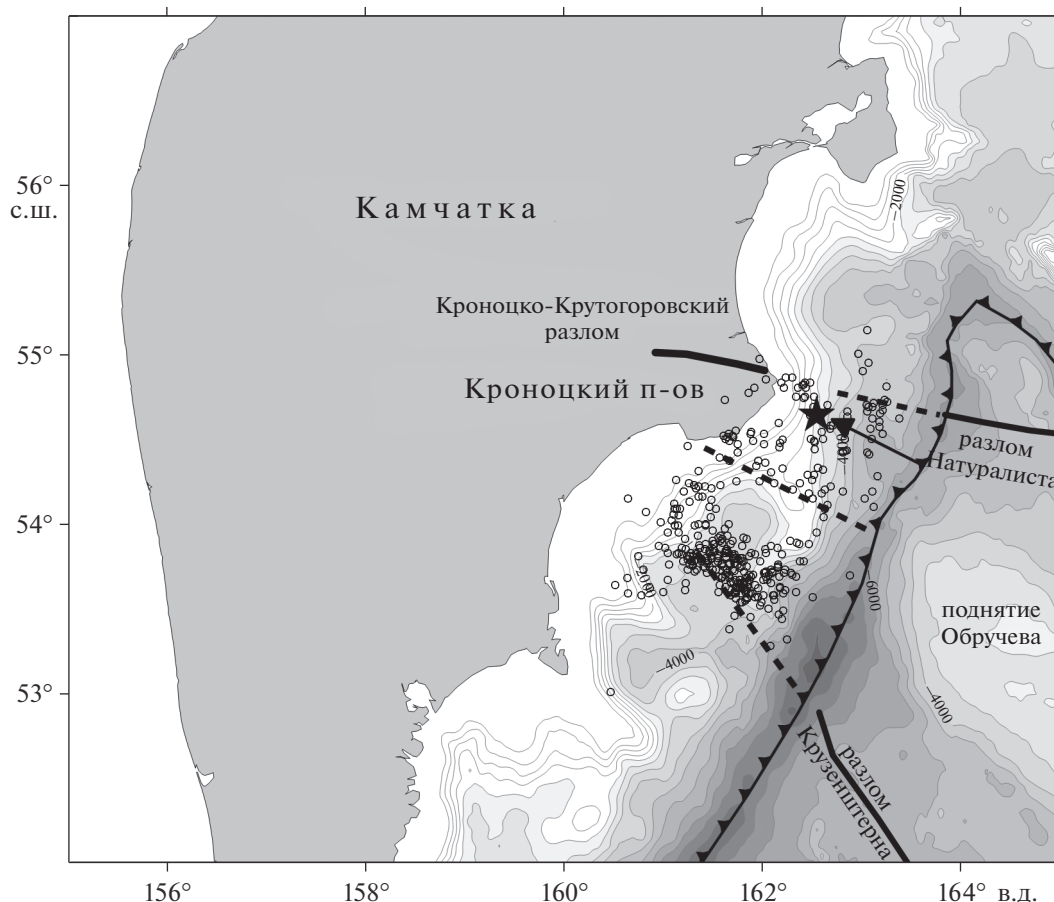


Рис. 6. Распределение эпицентров афтершоков ($H < 50$ км), зарегистрированных в течение одного дня после Кроноцкого землетрясения 5.12.1997 г. (каталог КФ ФИЦ ЕГС РАН, <https://kam.emsd.ru>). Основной толчок землетрясения обозначен звездочкой, пунктирными линиями маркируются возможные продолжения в зону поддвига разломов и осевой части поднятия Обручева. Линией со стрелкой показана траектория шероховатости от деформационного фронта до основного толчка землетрясения.

литосферной части мантии [2]. Увеличению плавучести также способствует большая разогретость этого участка океанической плиты, о чем свидетельствует высокий тепловой поток, обусловленный тектоно-магматической активностью в точке сочленения Алеутского и Курило-Камчатского желобов [9].

Выполаживание угла наклона Тихоокеанской плиты в зоне подвига поднятия Обручева является причиной отодвигания современного вулканического фронта к западу с увеличением расстояния между осью глубоководного желоба и вулканическим фронтом. Р–Т условия дегидратации в пододвигаемой коре и Р–Т условия плавления в мантийном клине под воздействием летучих, отделяющихся от пододвигаемой плиты, достигаются на большем удалении от глубоководного желоба, чем при более крутых углах наклона плиты [2].

Следствием подвига поднятия Обручева, вероятно, является активизация древнего транс-

формного разлома Крузенштерна, происходящая за счет изменения напряжений, возникающих на границе участков океанической коры с различной плавучестью. Подвиг поднятия Обручева и разломов Крузенштерна и натуралиста также может оказывать влияние на сегментацию островодужного склона и на размеры очагов сильнейших землетрясений в этом районе. Последнее будет рассмотрено ниже на примере Кроноцкого землетрясения 5.12.1997 г. ($M_w = 7.9$).

Кроноцкое землетрясение и сегментация островодужного склона. Имеющиеся геолого-геофизические данные свидетельствуют о том, что очаги сильнейших землетрясений, бреши и кластеры в распределении землетрясений могут быть связаны с сегментами в нависающей плите и/или тектоническими элементами на пододвигающейся плите [17, 23]. Последние включают в себя подводные горы, вулканические хребты и зоны разломов, которые влияют на особенности сцепле-

ния между поддвигаемой и нависающей плитой в зонах субдукции. Эти структуры играют важную роль в процессе распространения разрыва при землетрясениях, являясь барьерами, через которые разрыв не распространяется, или шероховатостями (*asperities*), к которым приурочены основные толчки и на которых происходит основной сброс напряжений [17, 23, 31, 37, 47].

Исследование Кроноцкого землетрясения 05.12.1997 г. ($M_w = 7.9$) показало, что его очаг охватил три сейсмоактивных сегмента [1–3]. Сегменты были выделены по распределению афтершоков, первое скопление которых располагалось вблизи инструментального эпицентра основного толчка, приуроченного к северо-восточному окончанию очага, второе – на южной оконечности очаговой области, а в центральной части очаговой зоны афтершоки отсутствовали (рис. 6). Выделенные сегменты и их границы, как будет показано ниже, хорошо согласуются с особенностями строения погружающейся Тихоокеанской плиты.

Для разломов Крузенштерна, Натуралиста и осевой части поднятия Обручева мы предполагаем, что они вместе с Тихоокеанской плитой погружаются в зону субдукции и их возможные продолжения ограничивали с юго-запада и северо-востока области афтершоков Кроноцкого землетрясения, являясь барьерами для распространения разрыва (рис. 6). Разлом Натуралиста проявляется в строении нависающей плиты как Кроноцко-Крутогоровская зона разломов. Эта субширотная зона разломов представляет собой систему левосторонних и правосторонних сдвигов с амплитудой горизонтального смещения в новейшее время до 10 км [5, 11].

Основной толчок Кроноцкого землетрясения находился на глубине 33 км и на расстоянии около 70 км от деформационного фронта. Он, по всей видимости, возник за счет разрушения шероховатости, которой мог являться выступ фундамента океанической коры или подводная гора, погружающиеся в зону субдукции. Предполагается [19], что глубина, на которой происходит разрушение (срезание) шероховатостей океанского дна зависит от отношения между мощностью осадочного чехла перед зоной субдукции и высотой выступа/подводной горы. В случае, когда высота подводной горы больше мощности осадков, срезание горы и ее запечатывание в аккреционную призму происходит на небольших глубинах. Если мощность осадков больше высоты подводной горы, ее разрушение происходит на глубине более 30 км. В нашем случае мощности осадочного чехла равны 2 км и поэтому разрушение шероховатости произошло на глубине 33 км в основном

толчке Кроноцкого землетрясения. Учитывая направление движения и скорость подвига Тихоокеанской плиты [24], можно сделать вывод, что выступу океанической коры или подводной горе потребовалось около 0.9 млн лет для того чтобы достичь гипоцентра Кроноцкого землетрясения.

ВЫВОДЫ

В результате анализа батиметрических и сейсмических данных, полученных в двух рейсах НИС “Зонне”, проводившихся в рамках российско-германского проекта КАЛЬМАР, совместно с ранее полученными данными, были выявлены особенности морфологии рельефа внешнего и внутреннего склонов северо-восточной части Курило-Камчатского желоба. Это позволило выделить три сегмента океанского ложа, которые погружаются под восточную Камчатку и отличаются по своему рельефу, мощностям осадочного чехла и тектонической активности.

Морфология аккреционного клина между разломом Крузенштерна и поднятием Угловым определяется поддвигом трех различных по своим характеристикам сегментов. В пределах сегмента “разлом Крузенштерна – поднятие Обручева” происходит соскабливание с плиты осадков умеренной мощности (менее 1 км) с формированием на острие аккреционного клина серии вытянутых осадочных поднятий. В сегменте “поднятие Обручева” происходит аккреция блоков океанической коры, образование грабенов и миграция желоба в сторону океана. В сегменте “поднятие Обручева – поднятие Угловое” за счет соскабливания осадков большой мощности (до 2 км) на острие аккреционного клина происходит формирование осадочного хребта.

В настоящее время, по нашему мнению, происходит реактивация древнего трансформного разлома Крузенштерна, связанная с его погружением в зону субдукции. Этот разлом, наряду с поднятием Обручева и разломом Натуралиста, определяет сегментацию островного склона желоба и сейсмический режим этого участка Курило-Камчатской зоны субдукции. Данные о границах очага и характере распределения афтершоков Кроноцкого землетрясения 5 декабря 1997 г. подтверждают предложенную в настоящей работе схему сегментации склона.

Благодарности. Мы благодарны начальнику рейса SO201-2 на НИС “Зонне” проф. В.К. Дулло, команде и научным сотрудникам рейсов SO201-1a и SO201-2 за поддержку во время проведения батиметрических и сейсмических исследований.

Источники финансирования. Экспедиции финансировались Министерством образования и

науки Германии (проект № 03G0201В и грант руководителю проекта КАЛЬМАР проф. В.К. Дулло), участие российских ученых оплачивалось за счет грантов РФФИ, РНФ и Президиума Российской академии наук. Данная работа выполнена в рамках государственного задания ИО РАН № FMWE-2021-0004.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авдейко Г.П., Широков В.А., Егоров Ю.О., Палуева А.А. Кроноцкое землетрясение 5 декабря 1997 г. и взаимодействие Тихоокеанской и Евразийской литосферных плит // Кроноцкое землетрясение на Камчатке 5 декабря 1997 года. Предвестники, особенности, последствия / Под ред. Е.И. Гордеева, Б.В. Иванова, А.В. Викулина. Петропавловск-Камчатский: изд-во Камчатской ГАРФ, 1998. С. 222–239.
2. Авдейко Г.П., Палуева А.А., Лепинь С.В. Сейсмоактивные тектонические структуры зоны субдукции под Восточную Камчатку // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2004. № 3. С. 18–35.
3. Авдейко Г.П., Палуева А.А. Сегментация Камчатской зоны субдукции и оценка сейсмической активности сегментов // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2010. № 1. Выпуск 15. С. 69–89.
4. Аккреционная тектоника Восточной Камчатки // Отв. ред. Пушаровский Ю.М. М.: Наука, 1993. 272 с.
5. Кожурин А.И. Активные разломы Центральной Камчатки: параметры, сейсмический потенциал // Проблемы комплексного геофизического мониторинга Дальнего Востока России. Труды Седьмой научно-технической конференции 29 сентября–5 октября 2019 г. Петропавловск-Камчатский: Геофизическая служба РАН. 2019. С. 6–10.
6. Кучай М.С., Славина Л.Б., Чебров Д.В. Отражение динамики развития афтершокового процесса землетрясения 20.12.2018, Mw = 7.3 в поле кинематического параметра V_p/V_s // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2020. Т. 46. № 2. С. 30–40. <https://doi.org/10.31431/1816-5524-2020-2-46-30-40>
7. Лобковский Л.И., Сорохтин О.Г. Затягивание океанских осадков в зоны поддвига плит // Геофизика океана. Т.2. Геодинамика. М.: Наука, 1979. С. 211–216.
8. Селиверстов Н.И. Строение дна прикамчатских акваторий и геодинамика зоны сочленения Курило-Камчатской и Алеутской островных дуг. М.: Научный мир, 1998. 164 с.
9. Селиверстов Н.И. Геодинамика зоны сочленения Курило-Камчатской и Алеутской островных дуг. Петропавловск-Камчатский: Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, 2009. 191 с.
10. Селиверстов Н.И. Подводные морфоструктуры Курило-Камчатской и Алеутской островных дуг. Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2013. 162 с.
11. Супруненко О.И., Андиева Т.А., Сафронов П.Н. Кроноцко-Крутогоровская зона субширотных разломов Камчатки // Докл. АН. 1973. Т. 209. № 6. С. 27–32.
12. Федотов С.А., Гусев А.А., Чернышова Г.В., Шумилина Л.С. Сейсмофокальная зона Камчатки (геометрия, размещение очагов землетрясений и связь с вулканизмом) // Вулканология и сейсмология. 1985. № 4. С. 83–90.
13. Чебров Д.В., Кугаенко Ю.А., Ландер А.В. и др. Землетрясение Углового поднятия 20 декабря 2018 г. Mw = 7.3 в зоне сочленения Камчатского и Алеутского океанических желобов // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2020. Т. 45. № 1. С. 100–117. <https://doi.org/10.31431/1816-5524-2020-1-45-100-117>
14. Цуканов Н.В. Позднемеловой–эоценовый вулканизм Кроноцкой палеодуги (Камчатка) // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2018. Т. 38. № 2. С. 5–21.
15. Цуканов Н.В., Фрейтаг Р., Гедике К. Новые данные о возрасте и времени эксгумации осадочных комплексов Кроноцкого террейна и Тюшевского прогиба (Восточная Камчатка) по данным трекового датирования апатита // Докл. РАН. Науки о Земле. 2021. Т. 500. №1. С. 5–11.
16. Baranov B.V., Seliverstov N.I., Murav'ev A.V., Muzurov E.L. The Komandorsky Basin as product of spreading behind a transform plate boundary // Tectonophysics. 1991. V. 199. P. 237–269.
17. Bilek S.L., Schwartz S.Y., DeShon H.R. Control of seafloor roughness on earthquake rupture behavior // Geology. 2003. V. 31. P. 455–458.
18. Cande S., Leslie R.B. Late Cenozoic tectonics of the Southern Chile trench // Journal of Geophysical Research. 1986. V. 91. № B1. P. 471–496.
19. Cloos M., Shreve R.L. Shear-zone thickness and the seismicity of Chilean and Marianas-type subduction zones // Geology. 1996. V. 24. P. 107–110.
20. Craig T.J., Copley A., Jackson J. A reassessment of outer-rise seismicity and its implications for the mechanics of oceanic lithosphere // Geophys. J. Int. 2014. V. 197. P. 63–89. <https://doi.org/10.1093/gji/ggu013>
21. Cruise Report SO201 Leg 1a: KALMAR (Kurile-Kamchatka and Aleutian MARGinal Sea-Island Arc Systems: Geodynamic and Climate Interaction. In Space and Time BMBF. Kiel, 2009. 109 p.
22. Cruise Report SO201 Leg 2: KALMAR (Kurile-Kamchatka and Aleutian MARGinal Sea-Island Arc Systems: Geodynamic and Climate Interaction in Space and Time) / Eds.: Dullo W.-Ch., Baranov B., van den Bogaard Ch. BMBF. Kiel, 2009. 125 p.
23. Das S., Watts A.B. Effect of subducting seafloor topography on the rupture characteristics of great subduction zone earthquakes // Subduction Zone Geodynamics / S. Lallemand and F. Funiciello (Eds.). Springer-Verlag, 2009. P. 103–118. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-87974-9>

24. *DeMets C., Gordon R.G., Argus D.F., Stein S.* Current plate motions // *Geophysical Journal International*. 1990. V. 101(2). P. 425–478.
25. *Dominguez S., Lallemand S.E., Malavieille J., von Huene R.* Upper plate deformation associated with seamount subduction // *Tectonophysics*. 1998. V. 293. P. 207–224.
26. *Duncan R.A., Keller R.A.* Radiometric ages for basement rocks from the Emperor Seamounts, ODP Leg 197 // *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*. 2004. V. 5(8): Q08L03.
<https://doi.org/10.1029/2004GC000704>
27. *Duncan R.A., Tarduno J.A., Davies T.A., Scholl D.W.* Leg 197 synthesis: Southward motion and geochemical variability of the Hawaiian hotspot // *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*. 2006, Ocean Drilling Program, Texas A&M University. V. 197. P. 1–39.
<https://doi.org/10.2973/odp.proc.sr.197.001.2006>
28. *Freitag R., Gaedicke Chr., Tsukanov N. et al.* The Kruzenstern Fault, NW Pacific: A Reactivated Cretaceous Transform Fault? // *Abstracts, JKASP-2011. Petropavlovsk-Kamchatsky*. 2011. P. 180.
29. *Frey F.A., Huang S., Blichert-Toft J. et al.* Origin of depleted components in basalt related to the Hawaiian hot spot: evidence from isotopic and incompatible element ratios // *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*. 2005. V. 6(2): Q02L07.
<https://doi.org/10.1029/2004GC000757>
30. *Gaedicke Ch., Baranov B., Seliverstov N. et al.* Structure of an active arc-continent collision area: the Aleutian–Kamchatka junction // *Tectonophysics*. 2000. V. 325. P. 63–85.
[https://doi.org/10.1016/S0040-1951\(00\)00131-1](https://doi.org/10.1016/S0040-1951(00)00131-1)
31. *Geersen, J., Ranero C.R., Barckhausen U., Reichert C.* Subducting seamounts control interpolate coupling and seismic rupture in the 2014 Iquique earthquake area // *Nat. Commun*. 2015. V. 6: 8267.
<https://doi.org/10.1038/ncomms9267>
32. *Gusiakov V.K.* An integrated tsunami research and information system: application for mapping of tsunami hazard and risk assessment // *Solutions to Coastal Disasters: Tsunamis / L. Walendorf, Ch. Jhones, L. Ewing, B. Jaffe (Eds.)*. American Society for Civil Engineering. Reston. Virginia. 2008. P. 27–38.
33. *Hampel A., Kukowski N., Bialas J. et al.* Ridge subduction at an erosive margin: The collision zone of the Nazca Ridge in southern Peru // *J. Geophys. Res*. 2004. V. 109. B02101.
<https://doi.org/10.1029/2003JB002593>
34. *Huang S., Regelous M., Thordarson T., Frey F.A.* Petrogenesis of lavas from Detroit Seamount: geochemical differences between Emperor chain and Hawaiian volcanoes // *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*. 2005. V. 6: Q01L06.
<https://doi.org/10.1029/2004GC000756>
35. *Jiang G., Zhao D., Zhang G.* Seismic tomography of the Pacific slab edge under Kamchatka // *Tectonophysics*. 2009. V. 465. P. 190–203.
<https://doi.org/10.1016/j.tecto.2008.11.019>
36. *Keller R.A., Fisk M.R., White W.M.* Isotopic evidence for Late Cretaceous plume – ridge interaction at the Hawaiian hotspot // *Nature*. 2000. V. 405(6787). P. 673–676.
<https://doi.org/10.1038/35015057>
37. *Kodaira S., Takahashi N., Nakanishi A. et al.* Subducted Seamount Imaged in the Rupture Zone of the 1946 Nankaido Earthquake // *Science*. 2000. V. 289. P. 104–106.
38. *Mammerickx J., Sharman G.F.* Tectonic evolution of the North Pacific during the Cretaceous quiet period // *Journal of Geophysical Research*. 1988. V. 93B. P. 3009–3024.
<https://doi.org/10.1029/JB093iB04p03009>
39. *Masson D.G.* Fault patterns at outer trench walls // *Marine Geophysical Researches*. 1991. V. 13. P. 209–225.
40. *Morell K.D.* Seamount, ridge, and transform subduction in southern Central America // *Tectonics*. 2016. V. 35. P. 357–385.
<https://doi.org/10.1002/2015TC003950>
41. *Norton I.O.* Speculation on Cretaceous tectonic history of the Northwest Pacific and a tectonic origin for the Hawaii hotspot // *GSA Special papers* 2007. 2007. V. 430. P. 451–470.
[https://doi.org/10.1130/2007.2430\(22\)](https://doi.org/10.1130/2007.2430(22))
42. *Ponomareva V.V.* Late Pleistocene- Holocene Volcanism on the Kamchatka Peninsula, Northwest Pacific region // *Volcanism and Tectonics of the Kamchatka Peninsula and Adjacent Arcs / Eichelberger J., Gordeev E., Kasahara M., Izbekov P., Lees J. (Eds.)*. Geophysical Monograph Series. 2007. V. 172. P. 169–202.
43. *Ruppert N.A., Lees J.M., Kozyreva N.P.* Seismicity, earthquakes and structure along the Alaska-Aleutian and Kamchatka-Kurile subduction zones: A Review // *Geophys. Monograph Series*. 2007. V. 172. P. 129–144.
<https://doi.org/10.1029/172GM12>
44. *Scholl D.W., Hein J.R., Marlow M., Buffington E.C.* Meiji sediment tongue: North Pacific evidence for limited movement between the Pacific and North American plates // *Geological Society of America Bulletin*. 1977. V. 88. P. 1567–1576.
45. *Stock J.* Hotspot Come Unstuck // *Science*. 2003. V. 301. P. 1059–1060.
<https://doi.org/10.1126/science.1089049>
46. *Tarduna J.A., Duncan R.A., Scholl D.W. et al.* The Emperor Seamounts: Southward Motion of the Hawaiian Hotspot Plume in Earth’s Mantle // *Science*. 2003. V. 301. P. 1064–1068.
<https://doi.org/10.1126/science.1086442>
47. *Wang K., Bilek S.L.* Do subducting seamounts generate or stop large earthquakes? // *Geology*. 2011. V. 39. P. 819–822.
48. *Watts A.B., Koppers A.A.P., Robinson D.P.* Seamount Subduction and Earthquakes // *Oceanography*. 2010. V. 23. № 1. P. 166–173.

Morphology and Structural Features of Subduction Zone in the Vicinity of Kurile-Kamchatka – Aleutian Junction Area

B. V. Baranov^{a, #}, N. V. Tsukanov^a, C. Gaedicke^{b, ##}, R. Freitag^b, K. A. Dozorova^a

^a*Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

^b*Federal Institute for Geosciences and Natural Resources, Hannover, Germany*

[#]*e-mail: bbaranov@ocean.ru*

^{##}*e-mail: gaedicke@bgr.de*

Specific morphology of inner and outer slopes of eastern Kurile-Kamchatka Trench were revealed based on joint study of bathymetry and seismic profiles obtained in two RV “Sonne” cruises and previous investigations. Three segments of ocean floor differing in relief, thickness of sediments and tectonic activity were distinguished on the outer slope. Their subduction under Eastern Kamchatka governs recent morphology of accretionary wedge in the area between Kruzenstern Fault and Uglovoe Rise. Kruzenstern Fault, Obruchev Rise and Naturalist Fault control segmentation of the trench’s island slope and seismic regime in this section of Kurile-Kamchatka subduction zone.

Keywords: North-Eastern Pacific, Kurile-Kamchatka Trench, Obruchev Rise, Kruzenstern Fault, subduction, seismic and bathymetry study