

**АБИССАЛЬНЫЕ ХОЛМЫ СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ
ТИХОГО ОКЕАНА**

*Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, Южно-Сахалинск, Россия
e-mail: v.lomtev@imgg.ru*

На основании изучения данных высокочастотного (120–150 Гц) непрерывного сейсмического профилирования, анализа профиля по методу общей глубинной точки (МОГТ1) и сейсмостратиграфии мезо-кайнозойского осадочно-траппового чехла рассматриваются особенности строения и формирования абиссальных холмов северо-запада ложа Тихого океана. Установлено, что среди них доминируют асимметричные тектонические и более симметричные инъективные холмы позднекайнозойского (неоген – квартер) возраста и без признаков вулканической деятельности. Тектонические холмы связаны преимущественно с неоген-четвертичными дислокациями – срывом геофизических слоев 1–4, инъективные холмы – с бескорневыми, вероятно, гранитными протрузиями из слоя 4. В строении ряда холмов обнаружены комбинирование тектонического и инъективного начал и признаки унаследованного развития от предшествовавшей эпохи пенепленизации. Описаны несколько холмов иного строения, генезиса и возраста: молодой газовулканический конус, позднемезозойские вулканы, миниконусы черных курильщиков.

Ключевые слова: ложе северо-западной части Тихого океана, мезо-кайнозойский чехол, абиссальный холм, протрузия.

Интерес к абиссальным холмам (термин Б. Хизена [1]) Тихого океана обязан их необычайно широкому (до 80–85% площади) распространению на его ложе [2]. Г.У. Менард считает их самыми многочисленными формами рельефа Земли: их высота колеблется от 50 до 1000 м, а диаметр основания – 1–10 км, хотя есть и другие оценки [1, 3, 4]. Так, при крутизне склонов 1–15° их поперечник может превышать 50 км [3]. По мнению Г.У. Менарда [2, с. 53], “...большая часть холмов представляет собой вспучивание слоя неконсолидированных осадков, вызванное интрузиями снизу вулканических пород и образованием лакколлитов (в слое 2. – *авт.*). Меньшая их часть – это просто небольшие вулканы щитового типа, образованные лавами, излившимися на поверхность дна”. Однако Б. Хизен и ряд других исследователей допускают и иной (тектонический, складчатый или комбинированный) генезис абиссальных холмов, в том числе на склонах срединно-океанических хребтов [1, 3, 4]).

Строение и вероятный генезис холмов на северо-западе ложа Тихого океана изучались по материалам непрерывного сейсмического профилирования методом отраженных волн (НСП МОВ) в котловине Картографов (магматические диапиры [5]) и на поднятии Шатского (вулканы и структуры протыкания с верхнемантийными серпентинитовыми ядрами [6]). На северо-западе между поднятием Шатского и Курило-Камчатским желобом (рис. 1) строение сотен холмов можно видеть на профилях высокочастотного (120–150 Гц) НСП Института морской геологии и геофизики (ИМГиГ) – рейсы 1982–1989 гг. НИС “Морской геофизик”, “Пегас” и “Проф. Гагаринский” – и МОГТ1 (метод общей глубинной точки), отработанный в рейсе 1989 г. НИС “Академик Гамбурцев” (трест “Дальморнефтегеофизика” [7, 8]). После их сейсмостратиграфической привязки¹ к скв. 304, 305, 580, 581, пробуренным с судна

¹ В исследуемом регионе ложа Тихого океана по материалам глубинного сейсмического зондирования с использованием корреляционного метода преломленных волн и метода общей глубинной точки выделены геофизические слои 1–5, а по материалам глубоководного бурения с судна “Гл. Челленджер” и высокочастотного (120–150 Гц) НСП ИМГиГ – толщи (горизонты) А–Д. Они соотносятся следующим образом: геофизический слой 1 – этой кайнозойской осадочный чехол, включающий в себя горизонты С и Д. Верхнюю, надбазальтовую часть геофизического слоя 2 слагают осадочные толщи А и В поздней юры и раннего–позднего мела.

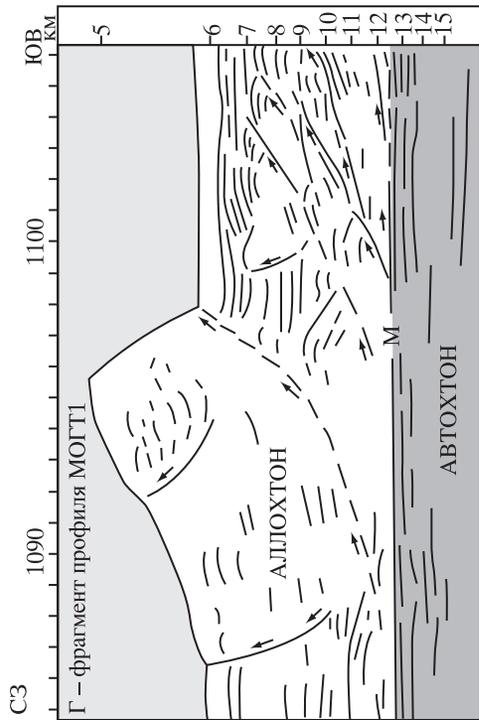
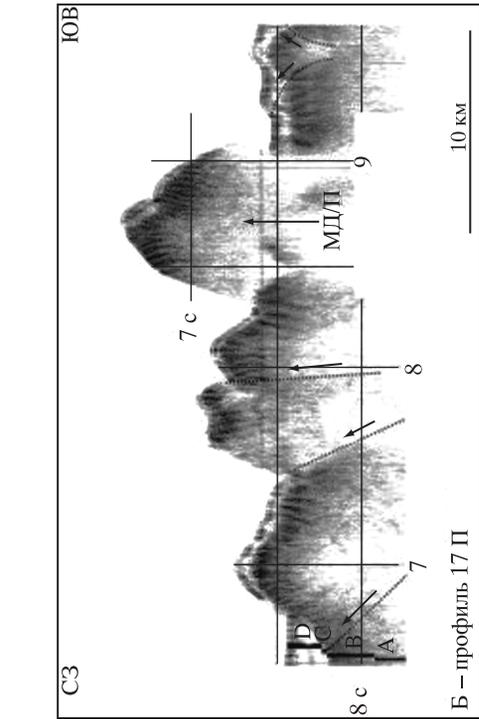
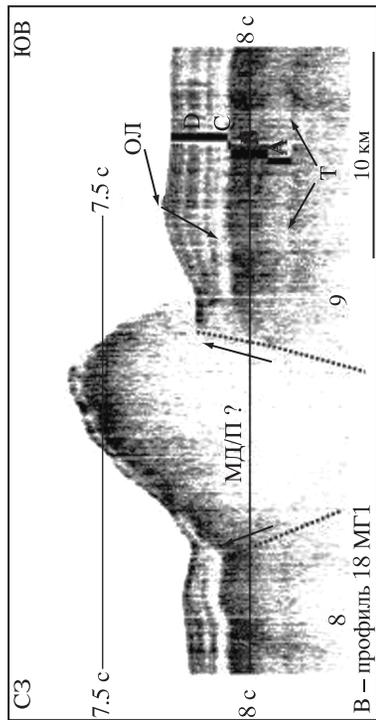
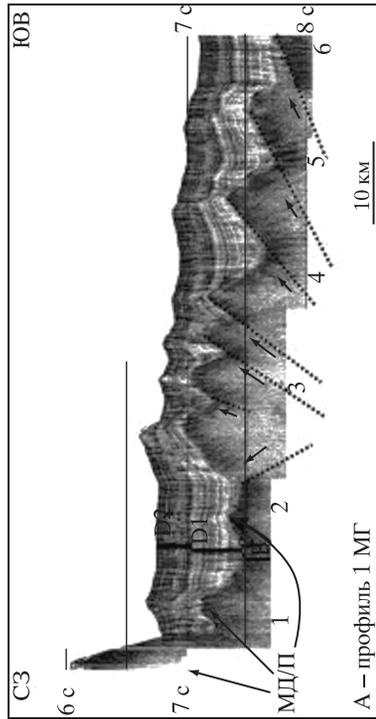


Рис. 2. Фрагменты профилей НСП (А–В) и МОГТ 1 (Г) с асимметричными тектоническими холмами

Усл. обозначения для профилей НСП (рис. 2–6): вертикальный масштаб в секундах двойного пробега; вертикальные линии – марки судового времени. Стратиграфия мезо-кайнозойского чехла по [10, 11, 23]: Т, А – финальные траппы и вмещающая карболатная толща поздней юры – раннего мела соответственно; В – опаковый слой пестрых кремней и глины конца раннего – позднего мела (фашии позднего эликоинтентального Тетиса); С – пестрые немые глины палеогена – раннего миоцена (лесья Пасифиды); D – туфито-кремнисто-глинистая толща (по И.О. Мурдмаа) среднего–позднего миоцена – квартара (фашии Тихого океана). Прочие: МД/П – магматический диапир или гранитная протрузия; ОЛ – осадочная лопасть или намывная дамба; точки со стрелками – предполагаемые разломы и смещения по ним; Г – фрагмент глубинного разреза МОГТ1 [9]; М – подошва аллохтонной океанической коры (поверхность срыва в кровле геофизического слоя 5). Пунктиры со стрелками – разломы и смещения по ним. Прочие линии – дно и отражающие границы в аллохтоне и автохтоне. Положение профилей см. рис. 1

На рис. 2Б профиль 17П пересекает разломную зону шириной 31 км в основании западного склона поднятия Шатского (рис. 1). В ее структуре с запада на восток выделяются два асимметричных холма, центральный симметричный купол шириной 7.1 км, высотой 665 м и крутыми (~20°) склонами, а также низкий холм на ЮВ, ограниченный встречными надвигами. Все холмы на рис. 2Б являются выступами акустического фундамента, драпированными маломощным (до 50–80 м) плащом кайнозойских осадков. Его слагает толща **D** гемитерригенных и гемипелагических осадков среднего–позднего миоцена – квартера (туффито-кремнисто-глинистая толща по И.О. Мурдмаа), которые являются коррелятными фациями Тихого океана. Ниже залегают маломощные пестрые лёссы горизонта **C** или т.н. абиогенные пелагические глины палеогена – раннего миоцена, коррелятные палеосуше Пасифиды [11]. Горизонтальное налегание осадков Камчатского контурного мегаконуса, сложенного толщей **D**, выполняющих котловину Тускарора, на западном, передовом склоне холма у пикета 7 час² (надвиговая моноклиналь, сложенная с поверхности кремнями и глинами опакового слоя) надежно фиксирует его предпозднемиоценовый возраст (структурный выступ фундамента). Соседний холм близ отметки 8 час (взбросовая моноклиналь) имеет двухкупольное строение с облеканием правой вершины маломощными осадками толщи **D**. Первое указывает на четвертичный возраст холмов, второе – на невысокий структурный выступ, контролировавший седиментацию гемипелагических осадков в позднем миоцене – квартере, в том числе и на самом выступе, который может рассматриваться как фрагмент палеорельефа. Центральный купол также был частью этого выступа, поскольку на основании его ЮВ склона у пикета 9 час налегают осадки толщи **D**. Если низкий симметричный холм на ЮВ является выжатым в квартере блоком фундамента, то центральный купол, видимо, образован молодой протрузией. Таким образом, холмы на рис. 2Б преимущественно тектонические, с признаками унаследованного развития с мела–палеогена.

На рис. 2В представлен фрагмент профиля 18Г1 на юге котловины Тускарора с одиночным асимметричным холмом шириной 11 км и высотой 320 м. Он также является выступом акустического фундамента, драпированным тонким (30–40 м) покровом позднекайнозойских гемипелагических осадков на вершине и северо-западном пологом (~4°) склоне. Через его основание осадки протягиваются на прилегающую равнину ложа, где слагают верхнюю придонную часть толщи **D**. И напротив, противоположный короткий (2.4 км) и крутой (~8°) склон этого холма обнажен (выходы фундамента). Лишь его основание прикрыто русловыми фациями толщи **D** сокращенной мощности, слагающими небольшую абиссальную долину или, возможно, моут – котловину вымывания [3, 5]. Столь разное строение позднемиоцен-четвертичной толщи **D** на склонах этого холма и в его окрестностях позволяет предполагать, что еще недавно здесь существовал невысокий структурный, возможно, абрадированный выступ фундамента. Он контролировал положение русла (моута?) и отложение гемипелагических осадков, в том числе и на самом выступе. В квартере последний был приподнят взбросом, вероятно, унаследованным от предшествовавшей эпохи, который и сформировал этот одиночный холм.

На рис. 2Г представлен асимметричный холм высотой 1 км у восточного края вала Хоккайдо, пересеченный профилем МОГТ1 (рис. 1). В подошве его крутого передового склона выходит чешуйчатый надвиг, геофизически прослеживаемый до поверхности срыва слоев 1–4 в кровле слоя 5 [9]). Он является эталонной надвиговой моноклиналью, связанной со срывом геофизических слоев 1–4 к ЮВ от краевого вала (рис. 2А–В [9]).

На рис. 3А на западе котловины Тускарора профиль 2П пересек выжатым по разломам и слегка асимметричный блок фундамента шириной 6.7 км и высотой 400 м (вероятно, абрадированный выступ фундамента). В рельефе дна он выражен неболь-

² Здесь и далее – отметка судового времени на профилях НСП.

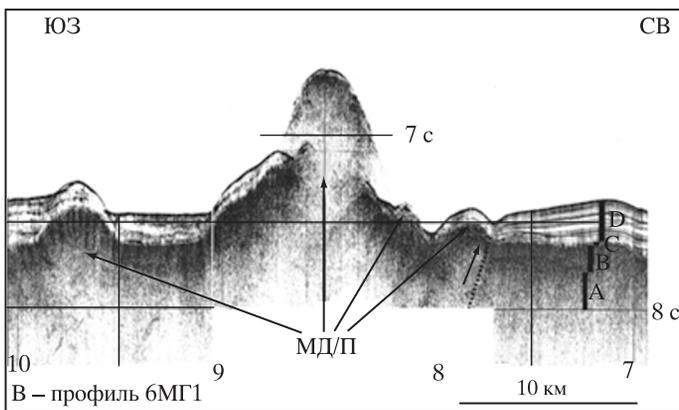
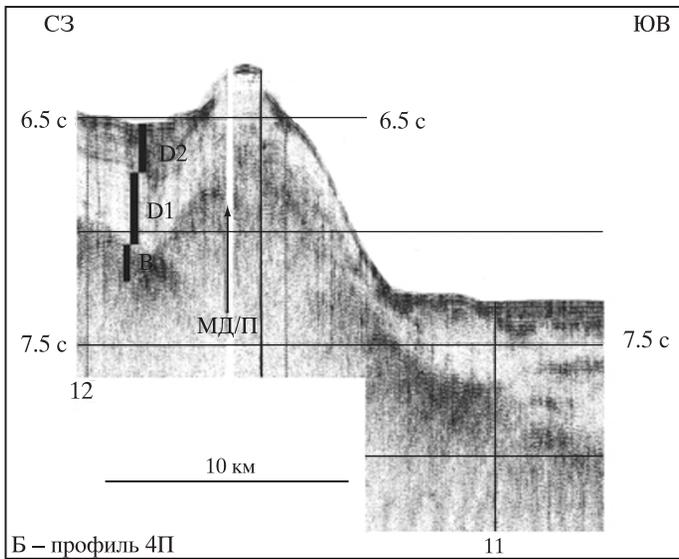
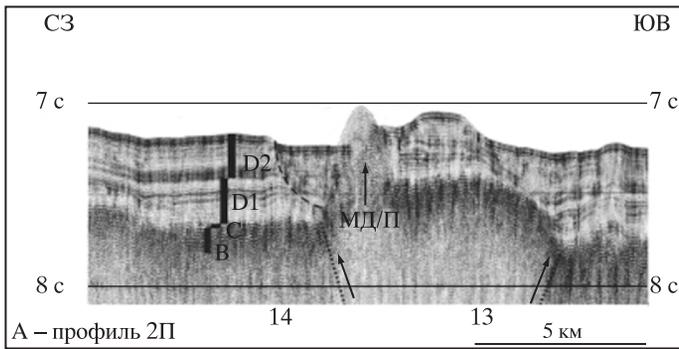


Рис. 3. Фрагменты профилей НСП с инъективными холмами: **D1,2** – двухслойная туффито-кремнисто-глинистая толща на краевом валу: преимущественно гемипелагическая (1) и гемитерригенная (2) соответственно. Пунктир – мулт, заполненный молодыми переотложенными осадками. Усл. обозначения см. на рис. 2, положение профилей – рис. 1

шой столовой возвышенностью с пологими склонами и уплощенной, частью эродированной вершиной. С СЗ холм осложнен небольшим симметричным конусом диаметром основания 1.8 км и с крутыми (~14°) склонами, которые имеют разную высоту (73 м – ЮВ и 145 м – СЗ), поскольку опираются на разновысотные блоки фундамента. Конус прорывает толщу **D**, его инъективную природу и четвертичный возраст подчеркивают задирание кверху неоген-четвертичных осадков вдоль ЮВ и, возможно, СЗ склонов, а также обилие микродифракций внутри него (вероятно, брекчия и глыбы фундамента, выдавленные протрузией). Судя по гипсометрии двух контрастных пачек близ границы раздела горизонтов **D1,2**, их выдержанной мощности вдоль профиля, а также пологой флексуры на ЮВ фазе, выжимание блока

фундамента по разломам произошло в квартере. Отдельно отметим линзу молодых переотложенных осадков, выполняющую котловину вымывания, или почти погребенную абиссальную долину у СЗ склона конуса. В ее строении нет упомянутых контрастных пачек в средней части толщи **D**, что указывает на недавнее (голоцен?) заполнение долины переотложенными осадками, возможно, во время абиссальных бурь [14]. Поскольку котловины вымывания и абиссальные русла нередко примыкают к уступам

палеорельефа [3, 5], следовательно, этот выступ существовал до отложения толщи **D**, т.е. в досреднемиоценовое время, что подтверждается налеганием подошвенной сейсмически прозрачной пачки горизонта **D1** в основании склонов.

Инъективные холмы

В отличие от тектонических, инъективные холмы (структуры протыкания [6]) на северо-западе ложа Тихого океана почти симметричны, имеют коническое строение без признаков вулканической деятельности [12]. Так, на рис. 3Б профиль 4П пересекает одиночный почти симметричный холм шириной 12 км, венчающий СЗ борт осевого рифтового грабена зоны разлома Хоккайдо (рис. 1) [7]. Его выпуклые склоны крутые ($\sim 8^\circ$) и разновысотные, поскольку опираются на СЗ плечо (160 м) и днище грабена (750 м). Несколько меньше разновысотность склонов по кровле фундамента за счет повышенной (~ 600 м) мощности толщи **D** на СЗ плече. Таким образом, этот холм является куполом фундамента, драпированным сейсмически полупрозрачными гемипелагическими осадками горизонта **D1** [10, 11]). Его мощность на СЗ плече и борту грабена выдержана, но в днище заметно возрастает (~ 500 м), частично за счет контрастных пачек турбидитов. Последние слагают придонный плиоцен-четвертичный разрез (горизонт **D2**) и залегают согласно с подстилающими осадками горизонта **D1**. На склонах холма профиль 4П надежно фиксирует локальное угловое несогласие между этими слоями, связанное с горизонтальным налеганием контрастных придонных осадков на его основание. Последнее указывает на плиоценовый возраст холма и его инъективную природу (протрузия вдоль краевого разлома рифтового грабена).

На рис. 3В в центральной части котловины Тускарора профиль 6МГ1 в полосе шириной 25.5 км обнаружил одиночный холм, образованный почти симметричным куполом акустического фундамента. Однако в отличие от такового на рис. 3Б он осложнен наклонными цоколями (пьедесталами) и низкими холмами на небольшом удалении. Диаметр основания центрального холма с учетом цоколей достигает 12.5 км, а без них – 4.5 км. У него выпукло-вогнутые, слегка разнонаклонные и разновысотные склоны: юго-западный крутизной 6° и высотой ~ 640 м и северо-восточный крутизной 8.5° и высотой 750 м. Верхняя часть холма высотой 375 м имеет более крутые склоны ($\sim 13^\circ$) и уплощенную вершину, драпированную маломощным (< 25 м) плащом позднекайнозойских гемипелагических осадков в сравнении с ЮЗ цоколем и прилегающей равниной ложа. Столь же тонкий плащ покрывает склоны и узкий СВ цоколь холма, к которому примыкает абиссальная долина (моут?) у пикета 8 час, обрамленная прирусловым валом. С учетом почти симметричной формы центрального конуса можно предполагать его инъективный генезис (протрузия). Аналогичную природу имеет, вероятно, и низкий (131 м) симметричный холм с ЮЗ с диаметром основания 4.8 км. Заметные различия в гипсометрии и ширине цоколей надежно фиксируют подвижность фундамента, проявленную и при формировании низкого асимметричного холма с СВ. Утонение толщи **D** на вершине, склонах и цоколях центрального конуса в сравнении с прилегающим ложем указывает на абрадированный структурный выступ фундамента. Он контролировал положение абиссального русла и его прируслового вала с СВ, а также отложение гемипелагических осадков в позднем миоцене – раннем плейстоцене, в том числе и на самом выступе. Иначе говоря, здесь, как и на рис. 2В, проявилось унаследованное развитие с мела-палеогена. С учетом параллельности дна и кровли фундамента холмы на рис. 3В можно датировать кварталом. Это, видимо, постседиментационные конусы, оконтуривающие крупную протрузию и ее апофизы.

На рис. 4А профиль 111Г пересекает цепь невысоких и почти симметричных холмов на юго-западе котловины Тускарора близ одноименного разлома и края конуса выноса Сангарского каньона (рис. 1). Последний определяется по угловому несогласию в подошве и резкому выклиниванию осадочной лопасти конуса (прирусловый вал абиссального канала Накве [15]) на подножии Японо-Курильской подводной окраины близ края Камчатского контурного мегаконуса в котловине Тускарора и связанной с

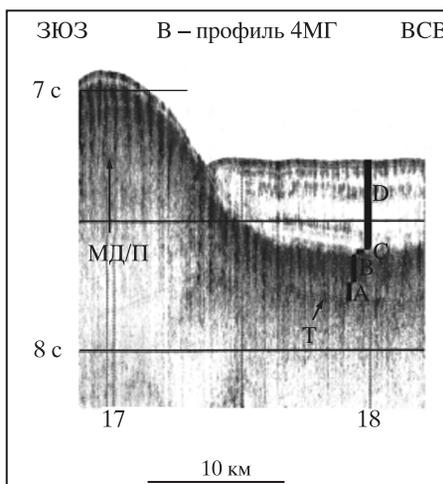
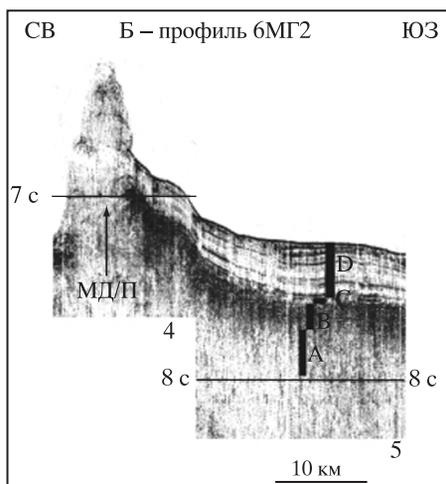
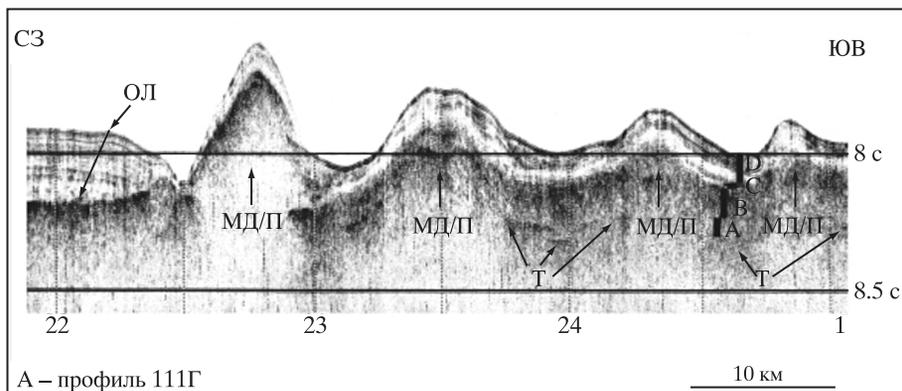


Рис. 4. Фрагменты профилей НСП с инъективными холмами
Усл. обозначения см. рис. 2, положение профилей – рис. 1

ним системы придонных течений [10]. Высота холмов последовательно снижается к ЮВ от 375 до 270, 153 и 105 м соответственно. Диаметры их оснований в сравнении с высотой не выдержаны и варьируют от 6–7 до 12–13 км. Холмы являются коническими выступами акустического фундамента, пликативно деформирующими кайнозойский чехол, поэтому их можно считать четвертичными инъективными холмами, связанными с протрузиями. Отметим самый высокий (535 м с учетом мощности толщи **D** на ЮВ склоне) и крайний в цепи асимметричный холм со склонами крутизной от ~4.5 до 15.5°) и разным строением и мощностью гемипелагических осадков. К основанию его пологого СЗ склона прижаты абиссальное русло и край конуса выноса Сангарского каньона, что указывает на палеовыступ фундамента, контролировавший гемипелагическую седиментацию на границе подножия и конечного бассейна стока турбидитов [10, 11]. В квартере выступ был приподнят по надвигу, определившему его асимметрию, возможно, аналогично структурному выступу на рис. 2В. Однако в отличие от последнего здесь есть “шапка” сейсмически полупрозрачных гемипелагических осадков мощностью до 100 м, облегающих вершину и с утонением – склоны холма. Они надстраивают толщу **D** на его ЮВ склоне и выклиниваются к подошве СЗ склона. В строении “шапки” выделим придонную слабоконтрастную пачку, которая прослеживается к ЮВ в гемипелагической толще мощностью 100–150 м. Таким обра-

зом, осадки “шапки” еще недавно были периферией Камчатского контурного мегаконуса, эродированной при образовании этого холма.

На профиле 6МГ2 на севере котловины Тускарора обнаружен необычный холм шириной 23.5 км по основанию и с наклонным с юго-запада цоколем (рис. 1, 4Б) [13]. Он имеет асимметричные склоны: северо-восточный высотой 660 м при крутизне $\sim 10^\circ$ и юго-западный – соответственно 330 м и $\sim 5^\circ$. Отметим шероховатость склонов и отсутствие кайнозойского чехла (горизонты **С** и **Д**). В основании ЮЗ склона развит наклонный ступенчатый цоколь, на котором мощность контрастных осадков толщи **Д** уменьшается вдвое. Субстрат холма сейсмически полупрозрачен, с многочисленными микродифракциями и отчасти газонасыщен. В полосе шириной ~ 5 км он как бы прорывает контрастный мезо-кайнозойский чехол. Такое строение позволяет предполагать, что холм слагают в основном брекчия и глыбы шельфовых известняков толщи **А** поздней юры–раннего мела, выдавленные протрузией в квартере. С учетом приподнятости ЮЗ цоколя можно предполагать, что на его месте еще недавно – в миоцене – существовал палеовыступ, активизированный в квартере при срыве геофизических слоев 1–4. Иначе говоря, этот холм имеет комбинированный тектоно-инъективный генезис с признаками унаследованного развития по крайней мере с миоцена. Таким образом, брекчированность известняков толщи **А** могла быть подготовлена подвижками по скрытому надвигу, определившему асимметрию основания холма и подъем фундамента под правым цоколем (с образованием висячего крыла).

На профиле 4МГ можно видеть часть абиссального холма близ подошвы западного склона поднятия Шатского (рис. 1, 4В). Его видимая ширина достигает 17.6 км при высоте ~ 550 м, включая нижнюю часть, погребенную под осадками толщи **Д** мощностью 315 м (поздний миоцен–квартер). Холм имеет выпукло-вогнутый и довольно пологий ($\sim 2^\circ$) восточный склон и уплощенную вершину, драпированные маломощными (~ 40 м) континентальными лёссами палеосуши (горизонт **С** [11]). Они прослеживаются и на прилегающей равнине ложа, где погребены под позднекайнозойскими контуритами толщи **Д**. Таким образом, в нижней части склона кровля горизонта **С** является поверхностью локального углового несогласия, которое указывает на позднемиоценовый возраст холма и спокойную обстановку аккумуляции осадков. Отсутствие привершинного бенча свидетельствует о подводных условиях образования холма, вероятно, в среднем миоцене, т.е. после затопления мел–раннекайнозойской палеосуши Пацифики водами молодого Тихого океана, но до начала отложения контуритов и проградации лопастей мегаконуса к югу [10, 11]. Данный холм является почти идеальным куполом докайнозойского акустического фундамента, образованным протрузией.

Холмы иного строения

На рис. 5А представлен самый протяженный (~ 93 км) фрагмент профиля 2МГ в привершинной части возвышенности Шатского (рис. 1). Он интересен тремя полупогребенными холмами в кровле позднемезозойского чехла. Они венчают уступы разновысотных тектонических ступеней, ограниченных скрытыми разломами или флексурами. Диаметр основания холмов увеличивается к вершине поднятия от 12–13 до 23.5 км. В том же направлении возрастает и их высота, определенная по западным склонам (уступы ступеней) от 190 до 240 и 910 м соответственно. Отметим пологие (до 4°) склоны холмов и их разновысотность (западные склоны существенно выше восточных), обусловленную гипсометрией ступеней. На их вулканический генезис указывают вершинные кратеры на западном и, предположительно, на двух других холмах, контрастность вершин и, вероятно, пирокластического плаща близ пикета 1 час, а также налегание на склоны (местами с постседиментационным подъемом слоев) контрастного позднемезозойского чехла (полностью этот профиль см. в [7]). Налегание указывает на позднемезозойский возраст конусов, постседиментационный подъем – на внедрение финальных экструзий вязкой магмы (экструзивные купола). О последнем могут говорить дифракции на уровне ~ 4.5 с под вершиной восточного конуса, которые по ана-

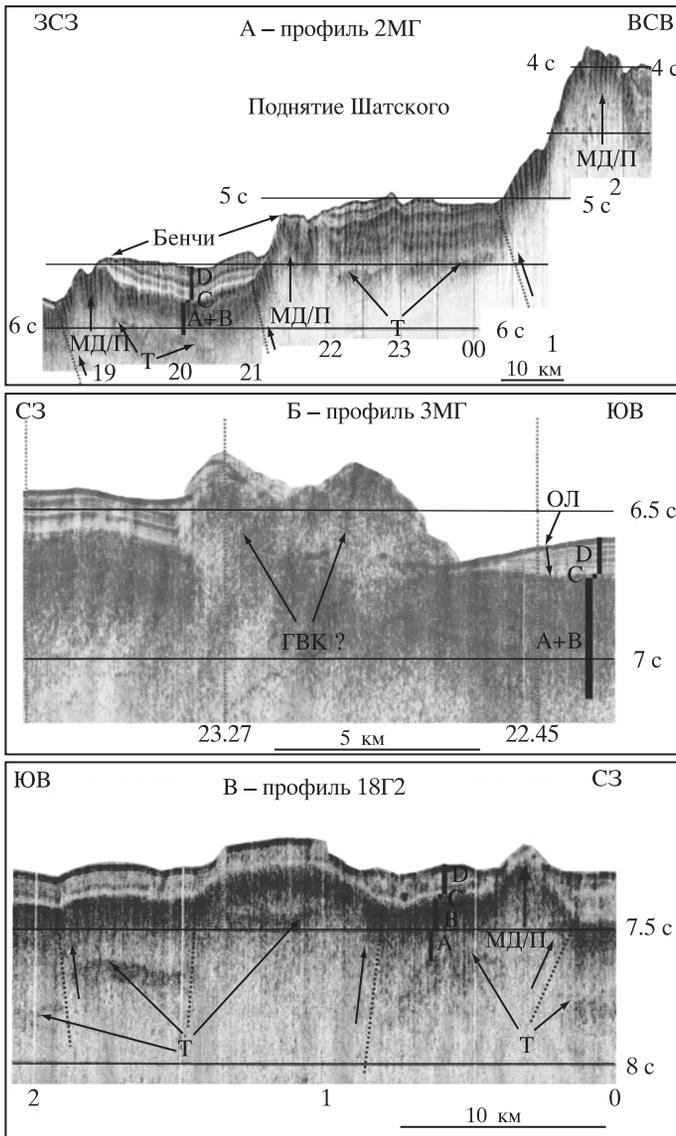


Рис. 5. Фрагменты профилей НСП с холмами иного строения и генезиса
ГВК – газовулканический конус, **А + В** – окремненные известняки позднего мезозоя на поднятии Шатского. Другие усл. обозначения см. рис. 2, положение профилей – рис. 1

логии с прикурильскими экструзивными куполами, вероятно, маркируют кровлю ядра протыкания [16]. Отметим также газонасыщенность холмов и смежных участков с полной потерей корреляции отражающих границ в контрастном поздне-мезозойском чехле, что позволяет считать поднятие Шатского восточной частью первой абиссальной нефтегазонасыщенной провинции [17].

С учетом подвижности поднятия [5, 6] и трансгрессивной кривой уровня Тихого океана в кайнозой [18], особый интерес представляют два небольших бенча на нижней и средней ступенях западного склона поднятия Шатского. Нижний бенч срезает контрастные гемипелагиты толщи **D** на глубине ~4100 м, которые с утонением поднимаются

на уступ средней ступени (центральный холм). Таким образом, конические холмы на поднятии Шатского являются древними вулканами, возможно экструзивными и частью абрадированными.

Другой пример можно видеть на профиле 3МГ также близ вершины поднятия Шатского (рис. 1, 5Б) – это небольшой холм диаметром основания 6.5 км со 100-метровым вершинным кратером. Холм возвышается над кровлей контрастного поздне-мезозойского осадочного чехла. Его склоны разновысотные и отчасти разнонаклонные (северо-западный – 105 м и ~ 7.5° и юго-восточный – 260 м и ~6°). С учетом нижней, погребенной под толщей **D** части, крутизна склона может возрасти до 24°. За счет сейсмического сноса и/или бокового отражения несколько может увеличиться крутизна и восточного склона, если за его подошву принять плоское дно промоины, а не основание осадочной лопасти (прирусловой вал). Облик холма контрастный, местами сейсмически полупрозрачный с массой дифракций и непротяженных, разнонаклон-

ных отражающих площадок, в которых отсутствует нормальная осадочная слоистость. Сходное строение наблюдается и в основании холма в полосе шириной ~5 км, где в контрастном позднемезозойском чехле прерывается пологонаклонная к юго-востоку слоистость. Из изложенного можно сделать вывод о взрывной природе этой постройки (газовулканический конус), сложенной брекчией и глыбами подстилающего поздне-мезозойского чехла. Взрыв произошел под водой с небольшим разлетом обломков и мог быть вызван внедрением горячей интрузии в газовые пласты, залегающие среди известняков, частью окремнелых, и траппов позднего мезозоя. Время взрыва и формирования холма можно наметить по особенностям строения толщи **D**, которая к СЗ от него состоит из трех пачек. Мощность двух нижних пачек выдержана, в том числе вблизи холма, где они полого наклонены к ЮВ. И напротив, верхняя, придонная пачка имеет переменную мощность с небольшим раздувом близ холма. При этом ее кровля полого поднимается к ЮВ, а подошва в ту же сторону погружается, следуя наклону нижних пачек. Таким образом, этот конус можно датировать кварталом.

В следующем примере профиль 18Г2 пересекает юго-западную окраину южного блока поднятия Шатского с разломной зоной шириной 25 км (рис. 1, 5В). Покровные траппы и вышележащий мезо-кайнозойский чехол формируют лестницу разновысотных блоков, ограниченных разломами и поднятых на 200–400 м над прилегающей равниной ложа. В структуре зоны выделим приподнятый осевой блок с уплощенной вершиной (столовую возвышенность) и погребенной, вероятно рифовой “шапкой” (линза прозрачных надбазальтовых карбонатов) шириной 9 км. С обеих сторон блок ограничен скрытыми разломами, которые не выделяются в карбонатах толщи **A**. Северо-западный край этой зоны осложнен четвертичной протрузией, сформировавшей симметричный конус высотой ~60 м. Примечательно, но в рельефе опакового слоя (толща **B**) высота этого конуса возрастает до ~200 м, а его склоны становятся разновысотными и разнонаклонными, вероятно, благодаря подвижкам по краевому разлому до внедрения протрузии. Судя по разновысотности уступов в рельефе дна и в мезо-кайнозойском разрезе, заложение разломной зоны произошло в конце поздней юры – в раннем мелу после излияния финальных траппов на карбонатном шельфе [11]. В позднем мелу–палеогене исследуемый район был немного (на 50–100 м) приподнят над прилегающей равниной, на что указывает небольшое утонение толщи **B** к осевому блоку. В неогене – квартере произошла активизация и подновление разломной зоны с унаследованным выжиманием осевого блока и внедрением протрузии вдоль его СЗ края. Таким образом, здесь отчетливо проявилась унаследованность морфоструктурного плана исследуемого региона в мезо-кайнозое.

Необычный асимметричный холм, обтекаемый абиссальным руслом с намывной дамбой можно видеть на профиле 19Г там же, на ЮЗ окраине южного блока поднятия Шатского (рис. 1, 6А) [13]. Склоны холма разновысотные и разнонаклонные (северовосточный – 70 м и 2°, юго-западный – 210 м и 4°). Его ширина увеличивается с глубиной – от 8 км в рельефе дна до 15 км на уровне опакового слоя и кровельных траппов, соответственно – от 300 до 550 м – увеличивается и его высота. С учетом асимметрии холма его можно считать конседиментационной моноклиналью, связанной со скрытым надвигом в фундаменте. История моноклинали восходит к поздней юре – раннему мелу, о чем свидетельствует утонение сейсмически прозрачных карбонатов толщи **A** к ее своду. В позднем мелу – палеогене (во время формирования толщи **B** и горизонта **C**) подвижки по разлому прекратились, поскольку их мощность на крыльях моноклинали выдержана. В позднем миоцене – квартере разлом снова активизировался, что видно по утонению контуритов толщи **D** к своду моноклинали, наблюдаемому на ее СВ крыле. И, напротив, на ЮЗ крыле придонные осадки накапливались с угловым несогласием в подошве и были связаны с течениями по абиссальному руслу, прижатому к моноклинали (намывная дамба – прирусловой вал). Таким образом, налицо унаследованное, но с большим перерывом, развитие скрытого надвига, с которым связано формирование моноклинали в мезо-кайнозое. На фоне того, что смежные желоба заложались в сред-

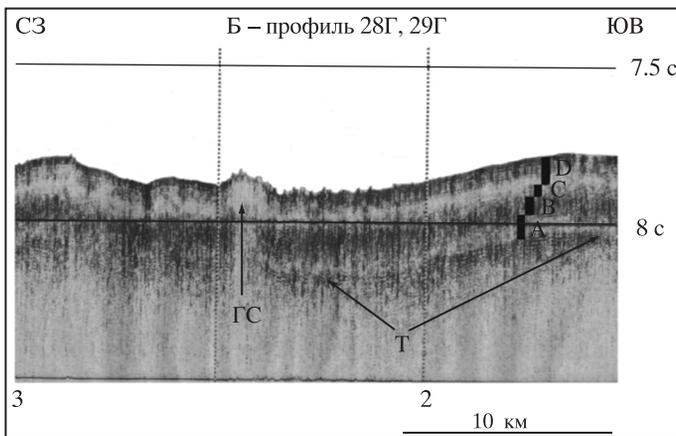
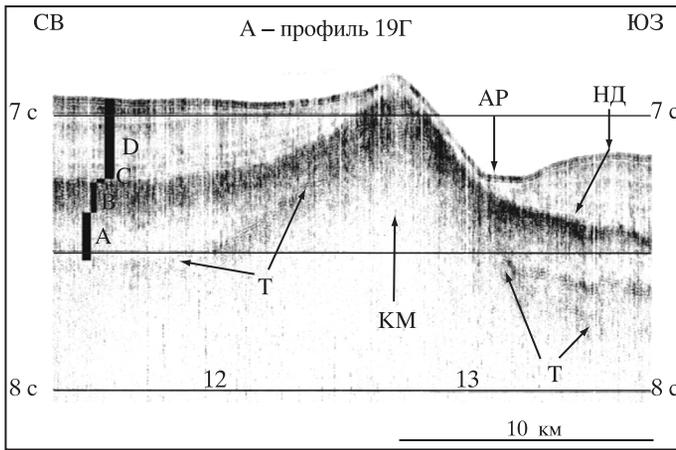


Рис. 6. Фрагменты профилей НСП с холмами иного строения
КМ – конседиментационная моноклинал, **АР** – абиссальное русло, **НД** – намывная дамба, **ГС** – газовый столб. Другие усл. обозначения см. рис. 2, положение профилей – рис. 1

нем плейстоцене, и тогда же произошел перехват русловых турбидитов, удивляет свежий облик этой и других долин и намывных дамб, что, однако, может быть обусловлено топовихрями и абиссальными бурями [10, 14, 19]).

В последнем примере на рис. 6Б представлен небольшой фрагмент профилей 28Г и 29Г на юго-западе котловины Тускарора (рис. 1). Профили пересекают зону одноименного разлома [7, 20]. Здесь в небольшой депрессии шириной 24 км и относительной глубиной 100 м обнаружены более десятка миниконусов высотой

~5–15 м и диаметром основания ~10–30 м. На ложе северо-запада Тихого океана подобные миниконусы прежде не описывались [7–10]. Строение дна здесь традиционное для котловины, включая вертикальную “нарезку” мезо-кайнозойского чехла из-за миграции газа [17]. Обсуждение возможной природы миниконусов с д.г.-м.н. Н.С. Остапенко (ИГиП ДВО РАН, 16.09.2014 г.) позволяет отнести их к черным курильщикам и связать с неглубокой (до ~1 км под дном) молодой интрузией. Интрузивно-гидротермальную природу миниконусов отчасти поддерживают данные по теплопотоку [13, 20] и позднекайнозойскому вулканизму в ряде регионов ложа Тихого океана [2–6, 21, 22 и др.].

Обсуждение результатов

Итак, в исследуемом регионе доминируют позднекайнозойские тектонические и инъективные абиссальные холмы, нередко сопряженные в плане. Тектонические холмы асимметричны, имеют преимущественно моноклинальное строение и сформированы неоген-четвертичными дислокациями – срывом геофизических слоев 1–4. В связи с этим вспомним пос. Нефтегорск, построенный на вершине фронтальной моноклинали активного разлома и разрушенный 27(28) мая 1995 г. сильным землетрясением [13]. С учетом полученных данных (рис. 2) очевидно, что более сейсмически безопасна зона в тылу моноклинали. Кстати, и г. Оха построен на низких моноклинальных грядах на

окончании регионального разлома. Замечу, что на СЗ ложа Тихого океана к морфо-структурам гравитационного срыва слоев 1–4 также относятся редкие полуграбены (или т. н. односторонние грабены) – см. рис. 4 в [9].

Инъективные холмы, или структуры протыкания, имеют коническое строение и сформированы бескорневыми, видимо, гранитными протрузиями из слоя 4 [9], о чем свидетельствуют низкий теплоток в регионе [20] и наличие к ЮВ от краевого вала пологонаклонной (0.1°) поверхности срыва в кровле геофизического слоя 5 (см. рис. 1 в [9]). При срыве первично-осадочные толщи раннего Тетиса в слое 4, вероятно, гранитизируются [9, 11]. В известном варианте с серпентинизацией перидотитов в слое 4 [7 и др.] бурение не подтвердило просачивание морской воды через лёссы горизонта С и плотный опаквый слой [22], а на трансгрессивной кривой уровня Тихого океана в кайнозое [18] нет спадов, кроме ледниковых эпох квартера. Важно, что серпентиниты обычно слагают аллохтонные пластины (Корякия, п-ов Шмидта и др. [23, 24]), не являясь куполоформирующими, – в отличие от гранитов или вязких магм [25].

В дальнейшем изучении нуждается унаследованное развитие морфоструктурного плана исследуемой части ложа Тихого океана в мезо-кайнозое, когда холмы возникают на месте частично абрадированных структурных выступов акустического фундамента (рис. 2Б, 5В). По сравнению с Восточно-Тихоокеанским поднятием [4] в исследуемом регионе меньше признаков ритмичности (рис. 4А) [7] и вулканической деятельности в строении абиссальных холмов (рис. 5А, 6Б).

Выводы

1. Среди абиссальных холмов северо-запада ложа Тихого океана преобладают асимметричные тектонические и более симметричные инъективные формы неоген-четвертичного возраста. Для первых характерно моноклиальное строение, обусловленное дислокациями срыва геофизических слоев 1–4, для вторых – коническое строение, связанное с бескорневыми, вероятно, гранитными протрузиями из слоя 4.

2. Особый интерес представляют признаки унаследованного развития ряда районов ложа океана в мезо-кайнозое, впервые обнаруженные в строении нескольких абиссальных холмов.

3. Описаны также холмы иного строения, генезиса и возраста: молодой газовулканический конус и три позднемезозойских вулкана на поднятии Шатского; разломная зона и конседиментационная моноклиаль мезо-кайнозойского возраста у его юго-западной окраины, а также миниконусы черных курильщиков на юго-западе абиссальной котловины Тускарора.

Благодарность. Автор выражает благодарность К.О. Дашковскому и М.В. Сеначину (ИМГиГ ДВО РАН) за помощь в компьютерной подготовке графики статьи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гершанович Д.Е., Леонтьев О.К. Абиссальные холмы как генетический тип рельефа Мирового океана // Геоморфология. 1983. № 4. С. 14–22.
2. Менард Г.У. Геология дна Тихого океана. М.: Мир, 1966. 274 с.
3. Кеннет Дж. П. Морская геология. М.: Мир, 1987. Т. 2. 384 с.
4. Volcanic growth faults and the origin of Pacific abyssal hills / К.С. MacDonald, Р.Д. Fox, R.T. Alexander et al. // Nature. 1996. Vol. 380. No. 6570. P. 125–129.
5. Тектоника плиты Картографов (Тихий океан) / Г.С. Гнибиденко, Г.И. Аносов, И.П. Карогодина, В.В. Аргентов, В.Ю. Косыгин, А.А. Кругляков. М.: Наука, 1988. 88 с.
6. Ханкишиева Л.М. Строение осадочного чехла возвышенности Шатского: Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. М.: ИО РАН, 1989. 24 с.
7. Патрикеев В.Н. Атлас сейсмических разрезов Северо-Западной плиты Тихого океана. М.: ГЕОС, 2009. 208 с.
8. Геология и полезные ископаемые Охотского моря: Отчет о НИР № ГР01860133531 (закл.) / Рук. Г.С. Гнибиденко. Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 1990. Т. 2. С. 104–231.

9. Ломтев В.Л. К строению ложа Северо-Западной Пацифики // Уральский геофизический вестник. 2010. № 1(16). С. 21–32.
10. Ломтев В.Л., Патрикеев В.Н., Немченко Г.С. Сейсмостратиграфия кайнозойского осадочного чехла Северо-Западной плиты Тихого океана // Структура и вещественный состав осадочного чехла Северо-Запада Тихого океана. Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 1997. С. 21–41.
11. Ломтев В.Л., Патрикеев В.Н., Сергеев К.Ф., Ильев А.Я., Пискунов Б.Н., Кононов В.Э., Агеев В.Н. Пацифида, Тетис и Пацифика // Геодинамика, геология и нефтегазоносность осадочных бассейнов Дальнего Востока России / Докл. междунар. науч. симп. Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 2004. Т. 1. С. 131–144.
12. Ломтев В.Л. Абиссальные холмы СЗ плиты Пацифики: особенности строения и относительный возраст // Геодинамические процессы и природные катастрофы. Опыт Нефтегорска / Всерос. науч. конф. с между. участием. Южно-Сахалинск, 26–30 мая 2015 г. Владивосток: Дальнаука, 2015. Т. 2. С. 98–102.
13. Ломтев В.Л. Новое в тектонике Северо-Западной плиты Пацифики // Геодинамические процессы и природные катастрофы. Опыт Нефтегорска / Всерос. науч. конф. с между. участием. Южно-Сахалинск, 26–30 мая 2015 г. Владивосток: Дальнаука, 2015. Т. 2. С. 103–107.
14. Холлистер Ч.Д., Науэлл А.Р.М., Джумарс П.А. Неспokoйные глубины // В мире науки. 1984. № 5. С. 4–16.
15. Mammerickx J. A deep-sea channel in the Northwest Pacific Basin // Mar. Geol. 1980. Vol. 34. P. 207–218.
16. Ломтев В.Л., Патрикеев В.Н. Новое в строении подводных конических гор и холмов у подножия охотской окраины Курильской дуги (по данным НСП) // Вулканология и сейсмология. 2015. № 2. С. 44–55.
17. Ломтев В.Л. Признаки газоносности мезо-кайнозойского чехла ложа Северо-Западной Пацифики // Вестник СВНЦ ДВО РАН. 2013. № 3. С. 11–17.
18. Хосино М. Морская геология. М.: Недра, 1986. 432 с.
19. Козлов В.Ф. Модели топографических вихрей в океане. М.: Наука, 1983. 200 с.
20. Тектоника северо-западной части Тихого океана / Г.С. Гнибиденко, Г.И. Аносов, В.В. Аргентов, О.В. Веселов, М.Л. Красный, А.А. Кругляков, В.В. Куделькин, Ю.А. Павлов, А.С. Сваричевский. М.: Наука, 1983. 118 с.
21. Лыгина Т.И. Внутриплитная вулканическая и гидротермальная активность в океане – новые факты // Природа. 2010. № 5. С. 36–45.
22. Рудич Е.М. Расширяющиеся океаны: факты и гипотезы. М.: Недра, 1984. 251 с.
23. Александров А.А. Покровные и чешуйчатые структуры в Корякском нагорье. М.: Наука, 1978. 122 с.
24. Рихтер А.В. Структура и тектоническое развитие Сахалина в мезозое. М.: Наука, 1986. 92 с.
25. Малеев Е.Ф. Критерии диагностики фаций и генетических типов вулканитов. М.: Наука, 1975. 256 с.

Поступила в редакцию 16.06.2015

ABYSSAL HILLS OF THE NORTH-WESTERN PART OF THE PACIFIC OCEAN

V.L. LOMTEV

*Institute of Marine Geology and Geophysics FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia
e-mail: v.lomtev@imgg.ru*

Features of structure and history formation of abyssal hills of North-Western Pacific plate are considered by data of high (120–150 Hz) frequency SCP (seismic continuous profiling), CDP1 profile and Meso-Cenozoic, sedimentary-trap cover seismostratigraphy. It was established that asymmetric tectonic and more symmetric injected hills of Late Cenozoic (Neogene-Quaternary) age and without signs of volcanic activity are dominated among them. Tectonic hills are connected with Neogene-Quaternary glide faults of Layers 1–4, injected hills – with rootless, probably granitic, protrusions from Layer 4. The combination of tectonic and injective basis of inherited development from previous peneplanation epoch displayed in some hills structures. Some hills of other structure, origin and age also described: young gas volcano cone, Late Mesozoic volcanoes, and mini cones of black smokers.

Keywords: North-West Pacific Ocean floor, Meso-Cenozoic cover, abyssal hill, protrusion.

doi:10.15356/0435-4281-2016-2-72-84