

ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ И СЕЙСМОТЕКТониКИ ТИХООКЕАНСКОГО СКЛОНА ДУГИ ХОНСЮ (В СВЯЗИ С ВЕЛИКИМ ЯПОНСКИМ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕМ)

В.Л. Ломтев

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН
ул. Науки, 1Б, 693022, Южно-Сахалинск, Россия
E-mail: lomtev@imgg.ru

На основе данных сейсморазведки МОВ-ОГТ, бурения и сейсмологии рассмотрены особенности строения и сейсмотектоники тихоокеанского склона островной дуги Хонсю (северо-восток Японии) в связи с катастрофическим Великим Японским ($M = 9.0$) цунамигенным землетрясением 11 марта 2011 года. Показано, что это событие связано с глубинным надвигом по сейсмофокальной зоне Беньофа и его структурным козырьком – шарьяжем акустического фундамента Ойасио в средней части тихоокеанского склона. Серия последовавших тектонических (поршневых) цунами возникла в районе широкой верхней глубоководной террасы над фокальным ромбом (место пересечения верхних плоскостей встречных зон Беньофа и Тараканова). Это сильное землетрясение активизировало разломы островной дуги, подвижного автохтона в Японском желобе и на краевом валу. Движение шарьяжа Ойасио и дуги Хонсю к востоку в последние ~0.5–1.0 млн лет сопровождалось тектоническим срезом и аккрецией кайнозойского чехла с образованием аккреционной призмы, средней и нижней частей тихоокеанского склона, асимметричного рампового желоба (полуграбен).

Великое Японское цунамигенное землетрясение 11.03.2011 произошло на глубине 32 км под тихоокеанским склоном дуги Хонсю (Тохоку) и имело магнитуду (M) = 9.0. Оно сопровождалось многочисленными жертвами и разрушениями на побережье (Tikhonov, Lomtev, 2011). Высота волн цунами достигала 10–20 м, местами до 37.5 м (по сообщению профессора МГУ М.А. Носова, июнь 2011 года), при этом прибрежные АЭС Фукусима-1, 2 были рассчитаны только на 6-метровые цунами. Землетрясение представляло собой взброс островного крыла и благодаря масштабам его смещения активизировало разломы на о. Хонсю, сместившемся к востоку на 4.00–4.05 м, его тихоокеанском побережье и континентальной окраине, а также в Японском желобе и прилегающем краевом валу (рисунки 1, 2).

В связи с этим представляет интерес выявление особенностей строения и сейсмотектоники тихоокеанского склона дуги Хонсю и Японского желоба на примере их лучше изученной северной части. Здесь отработаны буровой геотраверс, профили МОВ-ОГТ (метод отраженных волн – общая глубинная точка), обнаружена тонкая (микроземлетрясения) геометрия встречных сейсмофокальных зон Беньофа и Тараканова (рисунки 3–8; Hasegawa et al., 1979; Initial..., 1980; Ломтев, Патрикеев, 1985), получены

новые данные по сейсмостратиграфии и палеогеографии прилегающего ложа СЗ Пацифики (Ломтев и др., 1997, 2004; Патрикеев, 2009; Ломтев, 2010б).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Строение. Батиметрия и строение тихоокеанского склона дуги Хонсю и Японского желоба изучаются более 100 лет (Уэда, 1978; Хосино, 1986). Современные взгляды на их строение и историю формирования начали складываться в 70–80-е годы прошлого века после обработки бурового геотраверса и профилей МОВ-ОГТ (рисунки 3–7). Важным подспорьем стала геолого-геофизическая съемка подводных окраин Японского архипелага, выполненная Геологической службой Японии под руководством профессора Е. Хонза (Geological..., 1978 и др.).

В рельефе тихоокеанской окраины дуги Хонсю выделяют узкий шельф и широкий континентальный склон (рисунки 3, 4). Он включает в себя пологий верхний уступ, ступенчатую среднюю часть с широкой верхней и узкой нижней глубоководными террасами (ступенями) на глубине 1–2 и 5 км соответственно и нижний уступ. Последний одновременно является внутренним склоном Японского желоба, дно которого располагается на глубине 7.0–7.5 км и сложено молодыми турбидитами Сангарского

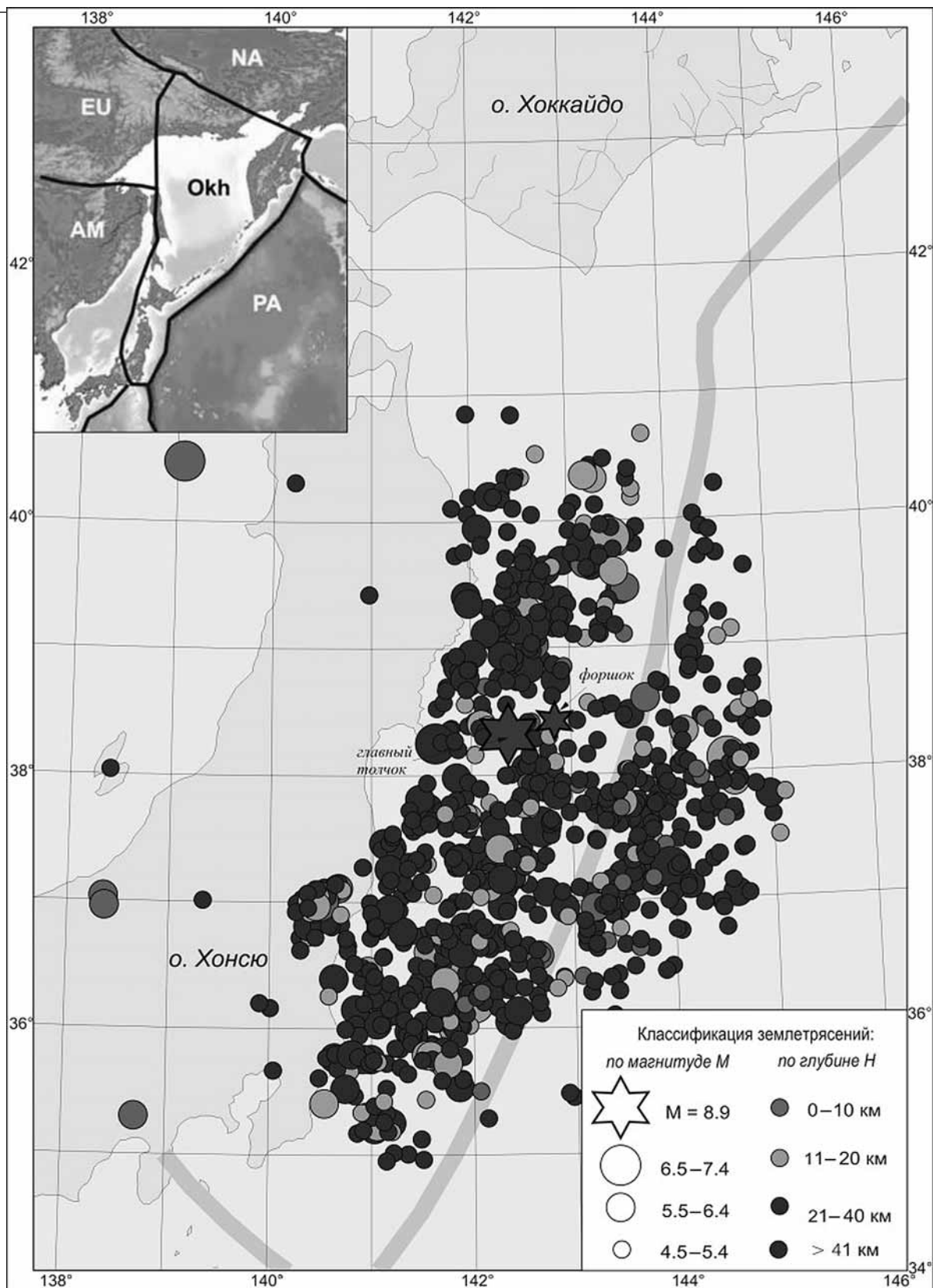


Рисунок 1 – Положение эпицентра главного толчка 11.03.2011 (большая звездочка), его форшока (маленькая звездочка) и афтершоков, зарегистрированных в течение 32 суток, по данным оперативного каталога NEIC/USGS (Национальный центр информации о землетрясениях Геологической службы США: <http://earthquake.usgs.gov/regional/neic>). Полосой выделена ось Японского и юга Курильского желобов, а также трога Сагами (слева внизу). На врезке – региональная схема плит (Wei, Seno, 1998): NA – Северо-Американская, EU – Евразийская, AM – Амурская, PA – Тихоокеанская, Okh – Охотская.

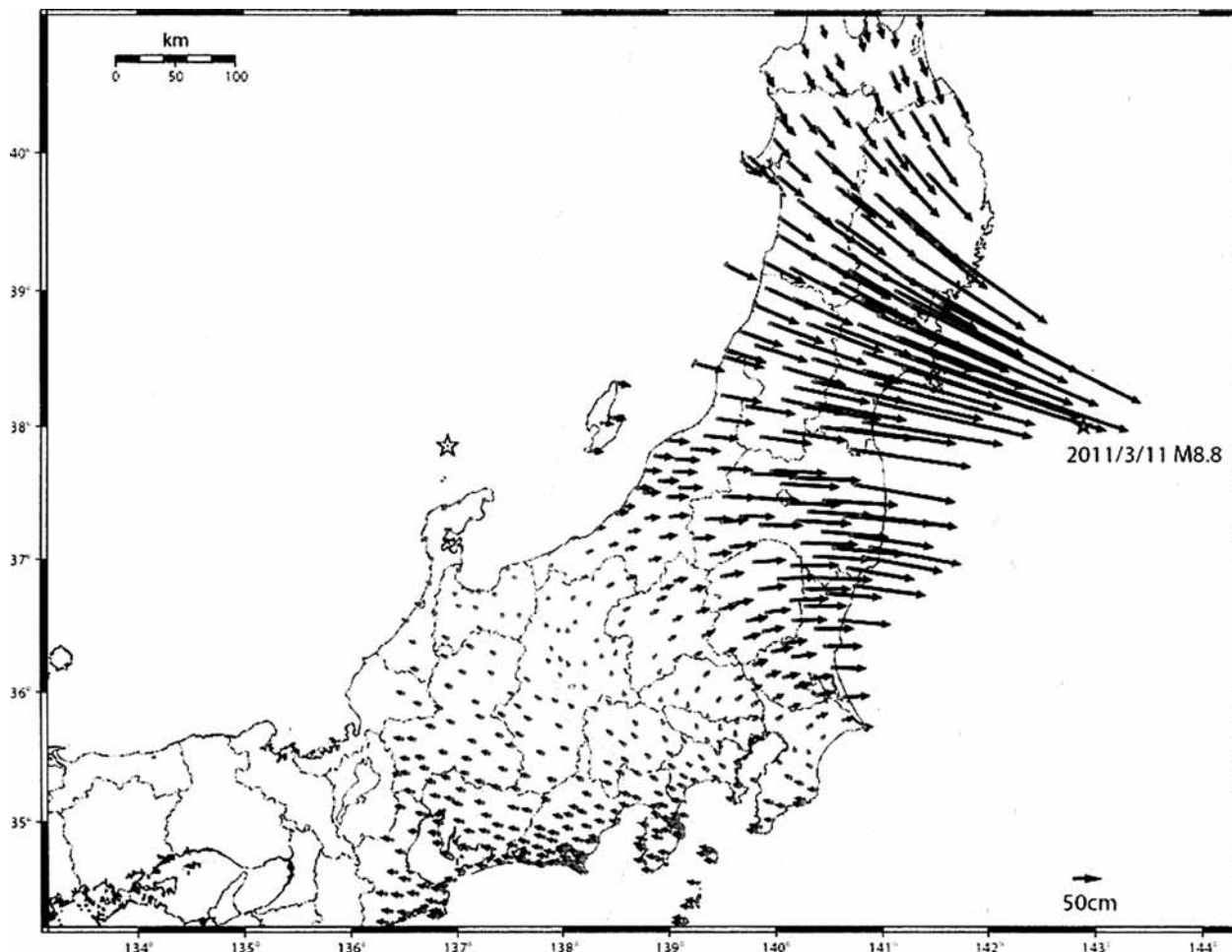


Рисунок 2 – Картограмма косейсмических смещений пунктов JPS-наблюдений на о. Хонсю в результате Великого Японского землетрясения 11.03.2011 (предоставлена ИМГиГ и Сахфилиалу ГФ РАН Х. Такахаши, сотрудником Института сейсмологии и вулканологии Университета Хоккайдо, Саппоро, Япония). Звездочка – эпицентр землетрясения, стрелки – смещения пунктов JPS: длине стрелок 1 см соответствует смещение пунктов на 1 м.

каньона, берущего начало в одноименном проливе между островами Хонсю и Хоккайдо. На глубинных разрезах МОВ-ОГТ в масштабе 1:1 дно желоба представляет собой долину глубиной 500 м с террасированными бортами (рисунки 3, 6).

В строении тихоокеанского склона ключевое значение имеет клиновидный выступ акустического фундамента посреди склона (по Д.Е. Каригу). Широтные профили JNOC 1, 2 отражают строение его внешней части на расстоянии 30–40 км между верхней и нижней глубоководными террасами, а профили ORI 78-3, 4 – его фронт. Выступ драпирован кайнозойским чехлом максимальной мощностью до 1.0–2.5 км на склоне и 3.5–4.0 км под верхней террасой (палеожелоб?). Скважина 439, заложенная в своде выступа близ края верхней террасы, вскрыла в кровле акустического фундамента конгломераты и брекчию кислых и средних эффузивов (андезиты, дациты и др.) позднего олигоцена с вклю-

чением обломков кремнистых сланцев позднего мела (интервал глубин 1100–1145 м; рисунок 7). Ниже залегают темно-серые кремнистые сланцы позднего мела (интервал 1145.0–1157.5 м). Таким образом, кровля акустического фундамента здесь является поверхностью размыва и позднемелового – раннекайнозойского перерыва в морском осадконакоплении – палеосуша Ойасию (Initial..., 1980). Скорость распространения продольных волн в конгломеркчии и кремнистых сланцах достигает 4.5–5.0 км/с.

На краевом валу кровля акустического фундамента СЗ плиты Пацифики вскрыта скважиной 436 в интервале глубин 379.0–397.5 м (рисунок 7). Ее слагают красновато-коричневые кремни и порцелланиты опакового слоя позднемелового возраста (альб или сеноман), где скорость распространения продольных волн 4.5–5.0 км/с. Мезозойские траппы в низах слоя 2 и в слое 3 залегают глубже (Патрикеев, 2009). Таким образом, на расстоянии 30–40 км между верхней

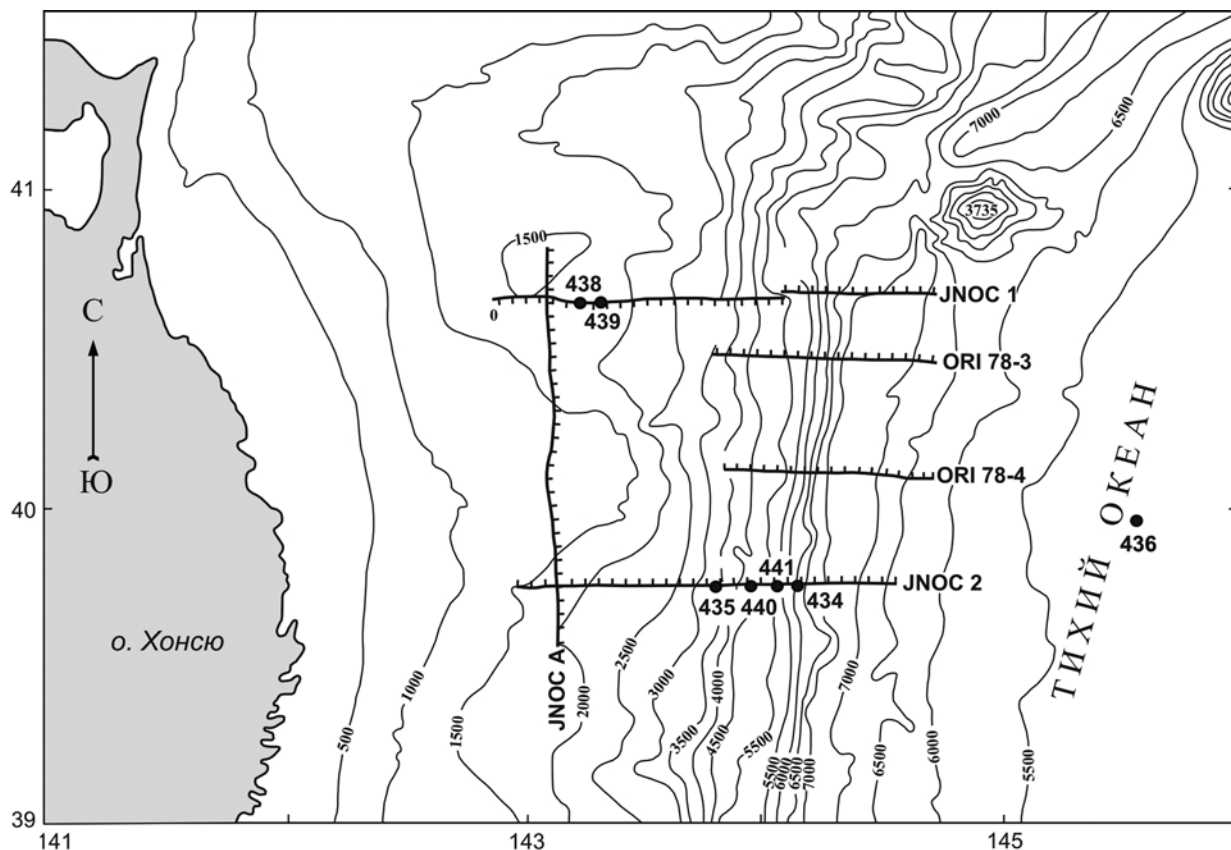


Рисунок 3 – Батикарта севера тихоокеанской окраины дуги Хонсю и Японского желоба с положением профилей МОГТ и буровых скважин (Initial..., 1980).

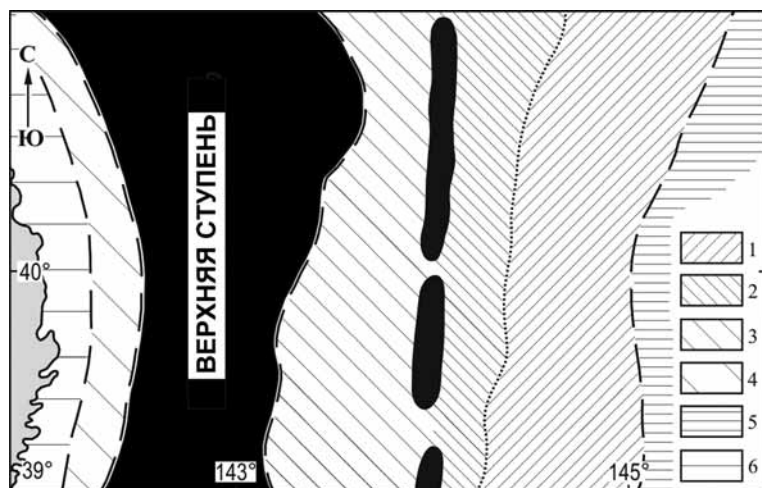


Рисунок 4 – Морфографическая схема. 1, 2 – внешний и внутренний склоны желоба соответственно; 3, 4 – средняя ступенчатая и верхняя части тихоокеанского склона соответственно; 5 – вершина краевого вала; 6 – шельф. Черным цветом закрашены верхняя (подписана) и нижняя глубоководные террасы (ступени).

и нижней террасами опорные отражающие границы, фиксирующие кровлю акустического фундамента выступа и СЗ плиты, являются изохронными. Это означает, что здесь сдвоен разрез позднемиоценовых и, вероятно, более древних (до позднего докембрия) пород (Choi,

1987) видимой мощностью до 8 км. Поскольку наклон упомянутых опорных границ к дуге Хонсю составляет ~11.5 и 2–5° соответственно, можно сделать вывод, что клиновидный выступ фундамента является региональным шарьяжем или тектоническим покровом Ойасио (Ломтев, Патрикеев, 1985), а залегающая под ним часть СЗ плиты – его автохтон. По данным МПВ (Initial..., 1980), прослеживание и идентификация упомянутых опорных границ на временных разрезах МОВ-ОГТ обусловлены резким скачком скорости распространения продольных волн в кровле акустического фундамента (и, следовательно, акустической жесткости) от 4.5–5.5 до 2–3 км/с в кайнозойском чехле и аккреционной призме. Поэтому утонение и выклинивание низкоскоростных пород призмы под шарьяжем к западу до 50–100 м и менее приводят к совмещению пород акустического фундамента и прекращению прослеживания отражений от подошвы шарьяжа и кровли автохтона. Непротяженные и наклонные к дуге отражающие площадки в шарьяже Ойа-

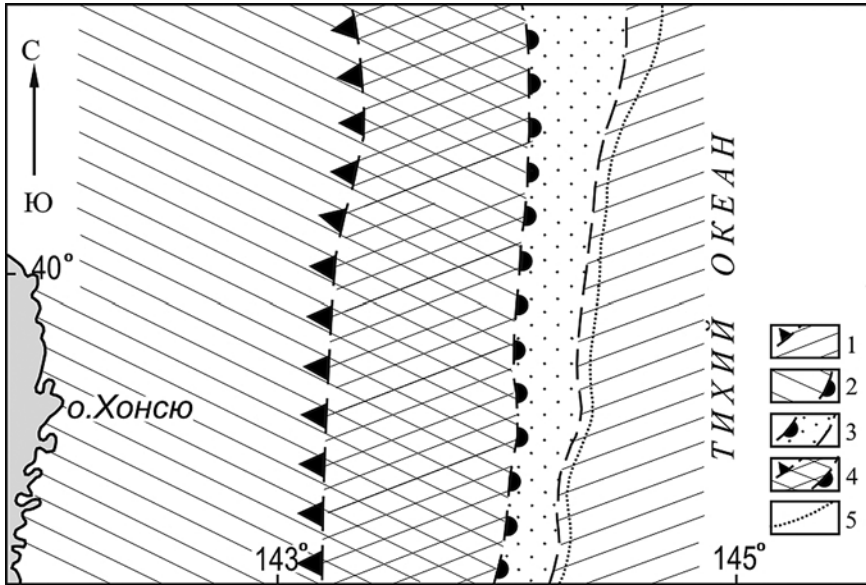


Рисунок 5 – Структурная схема. 1 – выступ акустического фундамента внешнего борта желоба; 2 – выступ акустического фундамента тихоокеанского склона; 3 – аккреционная призма; 4 – шарьяж Ойасио; 5 – тальвег Японского желоба.

Внутренний склон Японского желоба шириной 25 км, по данным бурения и МОГТ, сложен дислоцированными кайнозойскими породами аккреционной призмы мощностью до 4 км близ нижней террасы и фронта регионального шарьяжа (рисунки 6, 7). К фронту аккреции в основании внутреннего склона и к западу под шарьяжем призма выклинивается. В ее основании залегает позднемеловой опактовый горизонт, венчающий слой 2 СЗ плиты Пацифики, а на расстоянии 4–6 км от фронта аккреции – и кайнозойские отложения слоя 1 мощностью 300–500 м. Далее к

западу они не прослежены из-за тектонического сдвига и аккреции. Короткие отражающие площадки под внутренним бортом трассируют пологие надвижки западного падения протяжен-

но построены по вершинам дифрагированных волн и трассируют чешуйчатые надвижки, связанные с трением в подошве при его движении по восстанию автохтона.

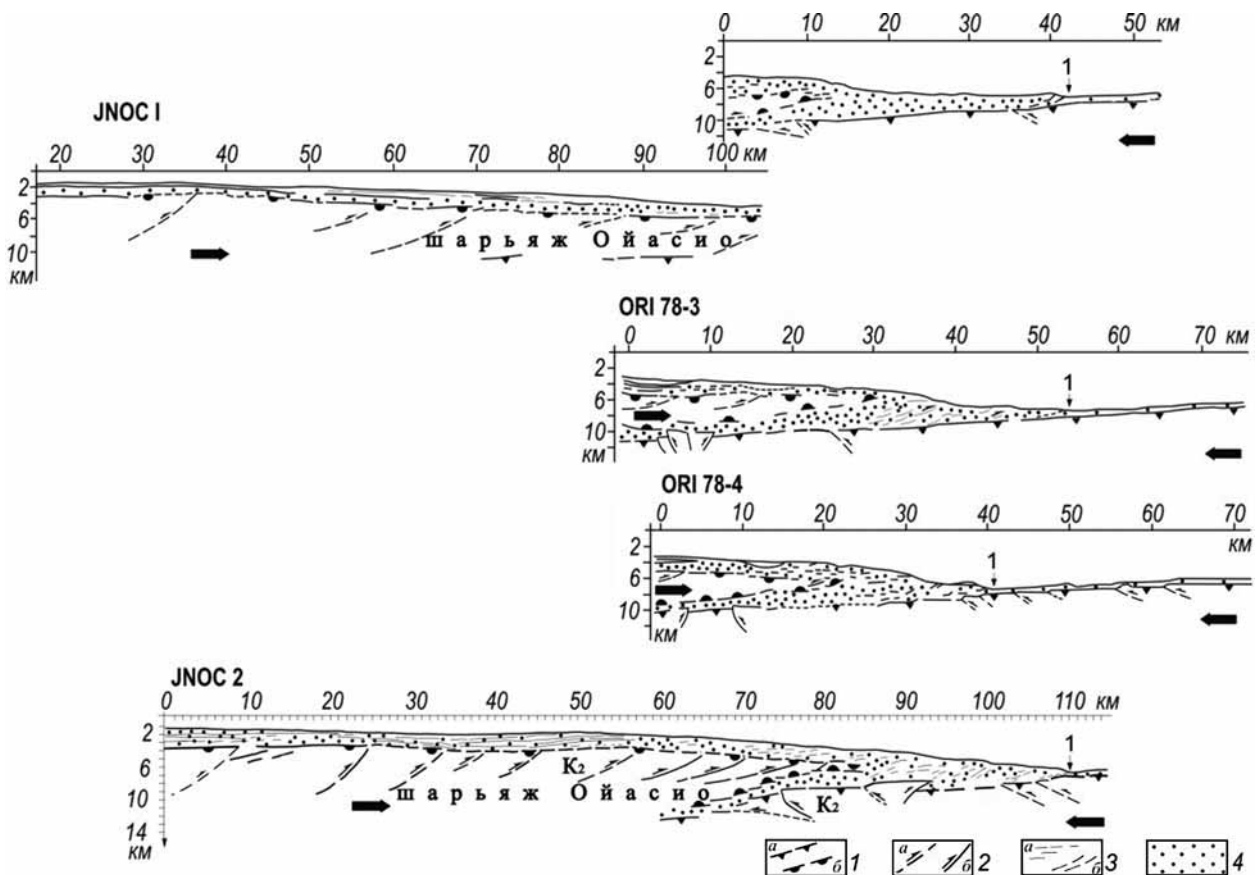


Рисунок 6 – Интерпретированные глубинные разрезы по профилям МОГТ в масштабе 1:1 (их положение см. на рис. 3). 1 – кровля акустического фундамента внешнего борта желоба (а) и тихо-

океанского склона дуги Хонсю (б); 2 – разломы сжатия предполагаемые (а) и установленные (б); 3 – отражающие площадки, связанные с линзами турбидитов в кайнозойском чехле тихоокеанского склона (а) или сместителями надвигов в аккреционной призме (б); 4 – кайнозойские отложения чехла тихоокеанского склона и аккреционной призмы (сгущение точек), а также океанического чехла на внешнем борту желоба (разрежение точек). Цифрой 1 на разрезах обозначен фронт аккреции, K_2 – осадочные породы позднемелового возраста в кровле акустического фундамента тихоокеанского склона и внешнего борта Японского желоба, вскрытые бурением.

ностью 4–7 км, тогда как под шарьяжем они не выделяются из-за экранирующего влияния его среднескоростных пород. По надвигам много-

кратно совмещены, уплотнены и дислоцированы (складки, разломы, трещины) кайнозойские, в основном неоген-раннечетвертичные терриген-

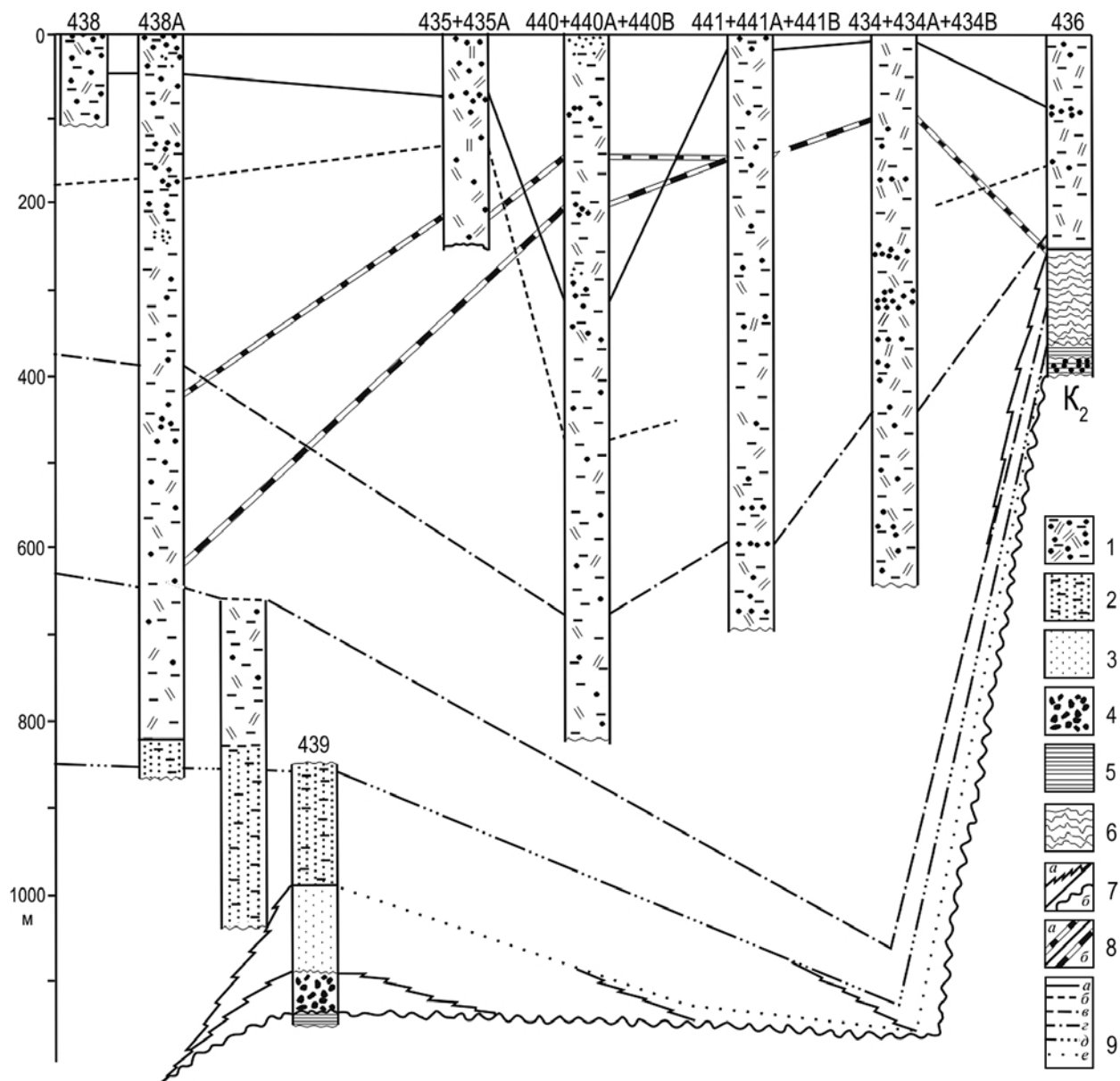


Рисунок 7 – Схематический буровой разрез (Ломтев, Патрикеев, 1985). 1 – гемитерригенная, туффито-кремнисто-глинистая толща; 2 – турбидитовый комплекс; 3 – массивные граувакковые песчаники; 4 – конглобрекчия кислых и средних эффузивов; 5 – кремнистые породы; 6 – диатомиты и радиоляриты; 7 – фациальное замещение (а) и перерывы в седиментации (б); 8 – фронт литификации (а) и фронт деформации (б), совмещенные между скважинами 434 и 436; 9 – возрастные границы: а – нижний плейстоцен – верхний плиоцен, б – верхний-нижний плиоцен, в – нижний плиоцен – верхний миоцен, г – верхний-средний миоцен, д – средний-нижний миоцен, е – нижний миоцен – олигоцен; K_2 – поздний мел.

ные отложения (туффит-кремнисто-глинистая толща; рисунок 7). Надежные примеры такого совмещения дают скважины 441А, Б и 434, пробуренные на глубину 687 и 301 м соответственно (Initial..., 1980; Ломтев, Патрикеев, 1985). Из изложенного видно, что формирование аккреционной призмы вызвано не оползнями (Тектоника..., 1980), а тектоническим срезом и аккрецией чешуй кайнозойского чехла перед фронтом движущегося к востоку шарьяжа Ойасио в среднем плейстоцене – голоцене (Ломтев, Патрикеев, 1985, 1988). Следовательно, их можно объединить в покровную тектонопару шарьяж – призма (аллохтон), с которой связано асимметричное погружение автохтона (литостатическая нагрузка), включая внешний борт желоба, образование средней и нижней частей тихоокеанского склона дуги Хонсю.

Для проверки в работе (Ломтев, Патрикеев, 1985) проведены расчеты субдукционного и покровного балансов осадков кайнозойского чехла и аккреционной призмы. Согласно первому, практически весь тихоокеанский склон дуги Хонсю должен представлять собой мезо-кайнозойскую аккреционную призму, что не подтверждается данными бурения и МОВ-ОГТ (рисунки 6, 7; Тектоника..., 1980; Initial..., 1980). Если Японский желоб существует с мела, то он бы блокировал выдвигание неоген-раннечетвертичного фана (конус выноса) Сангарского каньона с каналом Накве на ложе, где они недавно были открыты по данным промера и НСП (Mammeriksch, 1980; Ломтев и др., 1997, 2004; Патрикеев, 2009).

Расчет покровного баланса, выполненный с учетом правила Зиберга, показал, что видимого (30–40 км) смещения шарьяжа Ойасио к востоку недоста-

точно и в действительности его корень находится на расстоянии ~90 км к западу от фронта аккреции под верхней террасой на глубине ~10–20 км. Независимо он намечается по местоположению гравитационного минимума в редукции Буге (зона Мейнеца, по Г. Штилле), минимума кондуктивного теплопотока (Уэда, 1978), пересечения верхних плоскостей встречных зон Беньофа и Тараканова с надвиговыми сейсмодислокациями (Hasegawa et al., 1979) и области генерации региональных тектонических цунами, включая цунами 11.03.2011 (рисунок 8; Карта..., 1977). Отсутствие молодого

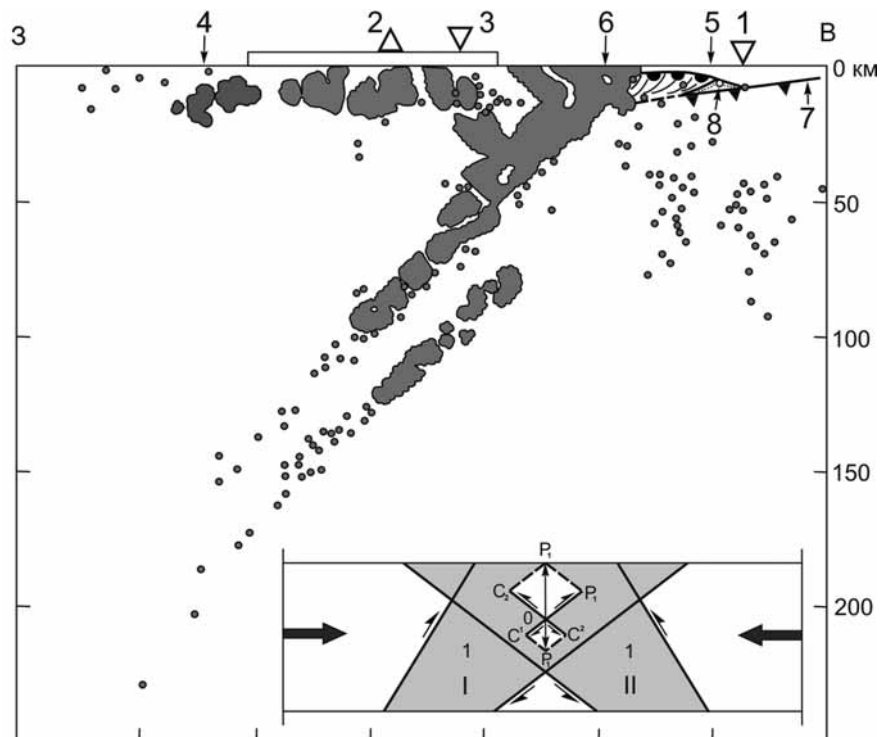


Рисунок 8 – Совмещенный широтный разрез встречных сейсмофокальных зон и профиля МОГТ JNOC 2. 1 – фронт аккреции в основании тихоокеанского склона дуги Хонсю; 2 – вулканический фронт; 3 – асейсмичный фронт; 4 – основание япономорского склона дуги Хонсю; 5 – фронт регионального шарьяжа Ойасио с чешуйчатыми надвигами западного падения (сплошные линии) и черными полукружками в кровле акустического фундамента склона; 6 – предполагаемое положение корня шарьяжа и минимум кондуктивного теплопотока через дно, по С. Уэда (1978); 7 – подвижный автохтон (СЗ плиты), кровля акустического фундамента (черные зубчики) которого совмещена с дном на внешнем склоне желоба по условиям масштаба; 8 – аккреционная призма перед и под фронтом шарьяжа. Черные точки и их рои: землетрясения в зонах Беньофа и Тараканова, а также в аллохтонной коре. На врезке – комбинированная надвиговая модель очага землетрясения фокального ромба под верхней глубоководной террасой: О – очаг, C_1, C_1', C_2, C_2' – надвиговые составляющие; I, II – сейсмофокальные зоны Беньофа и Тараканова соответственно, 1 – их верхние фокальные плоскости (клинья); OP_1, OP_2 – результирующие подвижки (Ломтев, Патрикеев, 1985). Тонкими стрелками показаны смещения в очагах землетрясений верхних плоскостей зон Беньофа и Тараканова (Hasegawa et al., 1979), жирными – региональное боковое сжатие в коре и подстилающей мантии.

рифта или раздвиги шириной ~90 км в современной структуре дуги Хонсю и впадине Японского моря (Геологическое..., 1968; Geological..., 1978), компенсирующего сдвигание коры по шарьяжу Ойасио, указывает на ее аллохтонное залегание и тектоническую подвижность (срыв по кровле мантии к востоку с зоной обратного сползания на япономорской окраине дуги Хонсю аналогично западному Сахалину (Ломтев, 2010а)), сопровождаемые мелкофокусной сейсмичностью (рисунок 2; Hasegawa et al., 1979).

В строении автохтона и внешнего борта Японского желоба выделим молодые надвиги и взбросы восточного падения. Согласно (Ломтев, Патрикеев, 1985), зона их развития выделена как выступ акустического фундамента внешнего борта или мегадуплекс в западной части СЗ плиты (рисунок 6). Развитие разломов сжатия в (Ломтев, 2010б) связывают со сползанием слоев 1–4 с краевого вала навстречу шарьяжу Ойасио. Они формируют характерный ступенчатый, местами клавишно-ступенчатый профиль внешнего борта и кровли автохтона, т. к. смещения по ним достигают 0.5–1.0 км и сопровождаются мелкофокусной сейсмичностью (Тектоника..., 1980). Тот факт, что разломы сжатия на бортах Японского желоба являются встречными, т. е. падают в противоположном направлении, позволяет считать его рамповым грабеном, а с учетом известной широтной асимметрии – полуграбеном.

Сейсмотектоника. Тихоокеанская окраина дуги Хонсю (СВ Японии) относится к активным и известна своей сейсмичностью. Повышение точности (до 1–2 км) определения гипоцентров землетрясений позволило А. Хасегава и др. (Hasegawa et al., 1979) выявить на севере этой окраины двухслойную структуру зоны Беньофа. Она падает к западу до глубины ~200 км под углом ~30° и имеет противоположные типы сейсмодислокаций в верхней (надвиги) и нижней (сбросы) плоскостях (рисунок 8), ориентированные по падению. Кроме того, им удалось обнаружить выход встречной зоны Тараканова, падающей к востоку до глубины ~100 км (Тараканов и др., 1977; Тектоника..., 1980). Ее название предложил П.Н. Кропоткин (1978) в честь одного из первооткрывателей, известного сахалинского сейсмолога, д. ф.-м. н. Р.З. Тараканова. Выход ее подошвы на тихоокеанском побережье о. Хонсю (рисунок 8) называют, по Т. Йосии, асейсмичным фронтом (Ломтев, Патрикеев, 1985). Заметим, что на выходе этой фокальной зоны, т. е. под шельфом, верхним склоном и глубоководной террасой, доминируют надвиги, ориентированные по ее падению (Hasegawa et al., 1979).

Согласно (Ломтев, Патрикеев, 1985), двухслойная структура японской и, вероятно, курильской секций зоны Беньофа, возможно, является следствием их изгиба в сторону океана параллельно сопряженным системам дуга – желоб, что установлено по конфигурации их сейсмоизобат (Тараканов и др., 1977). В результате в подошвенной части зоны возникает относительное продольное растяжение (нижняя фокальная плоскость) и сжатие – в кровельной (верхняя фокальная плоскость). Между ними располагается асейсмичный слой мощностью до 30 км, в котором эти деформации компенсируются (нейтральная плоскость в моделях изгиба). Подобная трактовка позволяет более обоснованно подойти к пониманию дуплета сильных Симуширских цунамигенных землетрясений в 2006 и 2007 годах, связывая первое с верхней фокальной плоскостью зоны Беньофа (пологий надвиг к востоку), а второе – со сбросом в ее нижней плоскости под Курильским желобом или эпицентрией полей афтершоков Великого землетрясения, тяготеющих к выходу обеих плоскостей зоны Беньофа (рисунок 1; Тихонов и др., 2008; Tikhonov, Lomtev, 2011).

На примере рисунка 8 отметим также существенные для сейсмотектоники региона особенности. Так, подтверждено пересечение встречных сейсмофокальных зон под тихоокеанским склоном дуги Хонсю и Японским желобом. В работе (Ломтев, Патрикеев, 1985) эту зону назвали фокальным ромбом, связывая с ней клиновидные взбросы в очагах сильных землетрясений под широкой верхней террасой (зона пересечения верхних плоскостей зон Беньофа и Тараканова; рисунок 8) – известная область генерации региональных тектонических (поршневых) цунами, включая и Великое цунамигенное землетрясение 11.03.2011 (см. врезку к рисунку 8; Карта..., 1977; Wei, Seno, 1998). Под верхней террасой располагается и корень шарьяжа Ойасио (рисунок 5), что позволяет уточнить традиционную трактовку зоны Беньофа как глубинного надвига. Так, его сместитель, вероятно, приурочен к подошве верхней плоскости с надвиговыми сейсмодислокациями, что позволяет рассматривать шарьяж Ойасио как структурный козырек глубинного надвига (Ломтев, Патрикеев, 1985). Важно отметить, что, судя по рисунку 2, во время Великого землетрясения смещение к востоку испытал не только шарьяж Ойасио, но и вся дуга Хонсю (до ~4.0–4.5 м), фронтом которой он является.

С учетом малых (200–250 км) глубин и протяженности японской секции зоны Беньофа и сопряженной с ней системы дуга Хонсю – Японский желоб, а также их положения во входя-

щем структурном угле, образованном крупными Идзу-Марианским на юге и Курило-Камчатским на севере глубинными надвигами (см. карты сейсмоизобат в работе (Тараканов и др., 1977) и их системами дуга – желоб, приходим к выводу, что в сейсмоструктурной дуги Хонсю и Японского желоба заметную роль должны играть компоненты продольного бокового сжатия с юга и, особенно, севера, где тыловая Хоккайдо-Сахалинская дуга (кордильера) дискордантна курильской секции зоны Беньофа.

Одна из сложных проблем в строении и сейсмоструктурной исследуемого региона – датирование структур тихоокеанской окраины дуги Хонсю и Японского желоба и глубинных сейсмоактивных разломов (зоны Беньофа и Тараканова). Так, возраст дуги японские геологи относят к раннему миоцену (Геологическое..., 1968), тогда как время заложения желоба определяют от мела-юры до голоцена, если ориентироваться на обзор в работе (Ломтев, Патрикеев, 1988). Вместе с тем открытие реликтовых, неоген-раннечетвертичных фанов каньонов Японо-Курило-Камчатской окраины и их абиссальных долин на краевом валу и поднятии Обручева, а Камчатского мегафана в котловинах Тускарора и Картографов (север), надежно фиксирует среднечетвертичное (~0.5–1.0 млн лет) время заложения Японского желоба (Ломтев, Патрикеев, 1988; Ломтев и др., 1997, 2004; Патрикеев, 2009).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе интерпретации материалов МОВ-ОГТ, бурения и сейсмологии рассмотрены особенности строения и сейсмоструктурной севера тихоокеанского склона дуги Хонсю и Японского желоба. Основными структурными элементами склона являются выступ акустического фундамента в средней части и аккреционная призма кайнозойских терригенных пород – в нижней (внутренний борт желоба). Показано, что выступ суть крупный шарьяж во фронте дуги Хонсю имеет видимые мощность (8 км) и смещение к востоку (30–40 км), хотя их реальные значения выше: ~10–20 и 90 км соответственно. Шарьяж маркирует выход верхней фокальной плоскости и глубинного надвига зоны Беньофа (структурный козырек), с которым связано катастрофическое Великое Японское землетрясение и цунами 11.03.2011. Шарьирование дуги Хонсю на ложе сопровождалось тектоническим срезом и аккрецией чешуй кайнозойского чехла перед фронтом шарьяжа (аккреционная призма) и сформировало среднюю и нижнюю части тихоокеанского склона, рамповый полуграбен Японского желоба, а также привело к значительному и асимметричному погружению краевой части СЗ плиты (подвижные автохтон и внешний борт желоба).

Автор благодарен О.А. Жердевой (ИМГиГ) за подготовку графического материала статьи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ развитие Японских островов / под ред. М. Масао, Г. Масао, Ф. Мицуо. – М.: Мир, 1968. – 719 с.
- КАРТА очагов и высот цунами в Тихом океане масштаба 1:2500000 / сост. С.Л. Соловьев, Ч.Н. Го; под ред. Г.П. Горшкова – М: ГУГК при Совете Министров СССР, 1977.
- КРОПОТКИН П.Н. Сейсмичность, связанная с изломом погружающейся литосферной плиты (субдукцией) // Геотектоника. – 1978. – № 5. – С. 3–6.
- ЛОМТЕВ В.Л. Деформации Невельского (02.08.2007 г., М–6.1) шельфового землетрясения (ЮЗ Сахалин) // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. – 2010а. – № 2. – С. 35–46.
- ЛОМТЕВ В.Л. К строению ложа Северо-Западной Пацифики // Урал. геофиз. вестн. – 2010б. – № 1 (16). – С. 21–32.
- ЛОМТЕВ В.Л., ПАТРИКЕЕВ В.Н. Структуры сжатия в Курильском и Японском желобах. – Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1985. – 141 с.
- ЛОМТЕВ В.Л., ПАТРИКЕЕВ В.Н. О четвертичном возрасте тихоокеанских желобов // Геоморфология. – 1988. – № 4. – С. 55–63.
- 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.
- ЛОМТЕВ В.Л., ПАТРИКЕЕВ В.Н., СЕРГЕЕВ К.Ф. и др. Пацифида, Тетис и Пацифика // Геодинамика, геология и нефтегазоносность осадочных бассейнов Дальнего Востока России. – Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 2004. – Т. 1. – С. 131–144.
- ПАТРИКЕЕВ В.Н. Атлас сейсмических разрезов северо-западной плиты Тихого океана. – М.: ГЕОС, 2009. – 208 с.
- ТАРАКАНОВ Р.З., КИМ Ч.У., СУХОМЛИНОВА Р.И. Закономерности пространственного распределения гипоцентров Курило-Камчатского и Японского регионов и их связь с особенностями геофизических полей // Геофизические исследования зоны перехода от Азиатского континента к Тихому океану. – М.: Наука, 1977. – С. 67–77.

- ТЕКТОНИКА Курило-Камчатского глубоководного желоба / Г.С. Гнибиденко, Т.Г. Быкова, О.В. Веселов и др. – М.: Наука, 1980. – 179 с.
- ТИХОНОВ И.Н., ВАСИЛЕНКО Н.Ф., ЗОЛОТУХИН Д.Е. и др. Симуширские землетрясения и цунами 15 ноября 2006 года и 13 января 2007 года // Тихоокеанская геология. – 2008. – Т. 27, № 1. – С. 3–17.
- УЭДА С. Окраины глубоководных желобов северо-западной части Тихого океана // Геология континентальных окраин. – М.: Мир, 1978. – Т. 2. – С. 170–191.
- ХОСИНО М. Морская геология. – М.: Недра, 1986. – 342 с.
- CHOI D.R. Continental crust under the NW Pacific Ocean // J. Petrol. Geol. – 1987. – Vol. 10, № 4. – P. 425–440.
- GEOLOGICAL investigations in the northern margin of Okinawa Trough and the western margin of Japan sea / E. Honza, ed. – Tokyo: Geol. Surv. Japan, 1978. – № 10. – 80 p.
- HASEGAWA A., UMINO T., TAKAGI A., SUZUKI Z. Double-planned deep seismic zone and anomalous structure in the upper mantle beneath Northeastern Honshu (Japan) // Tectonophysics. – 1979. – Vol. 57. – P. 1–6.
- INITIAL Reports of the Deep-Sea Drilling Project / R. von Huene, N. Nasu, M.A. Arthur et al. – Washington: U.S. Govern. Print. Off., 1980. – Vol. 56/57, pt. 1. – 629 p.
- MAMMERICKX J. A deep-sea channel in the Northwest Pacific Basin // Marine Geol. – 1980. – Vol. 34, № 1/2. – P. 207–218.
- MATSUZAWA A., TAMANO T., AOKI Y., IKAWA T. Structure of the Japan trench subduction zone from multichannel seismic-reflection records // Marine Geology. – 1980. – Vol. 35. – P. 171–182.
- ТИХОНОВ И.Н., ЛОМТЕВ В.Л. Tectonic and seismological aspects of the Great Japan earthquake of March, 2011 // Geodynamics & Tectonophysics. – 2011. – Vol. 2, № 2. – P. 145–160.
- WEI D., SENO T. Determination of the Amurian plate motion in mantle dynamics and plate interactions in East Asia // Geodyn. Ser. – AGU: Washington, 1998. – Vol. 27. – 419 p.

Рецензент В.Н. Астапенко

Поступила 10.11.2011

АСАБЛІВАСЦІ БУДОВЫ І СЕЙСМАТЭКТОНІКІ ЦІХААКІЯНСКАГА СХІЛУ ДУГІ ХАНСЮ (У СУВЯЗІ З ВЯЛІКІМ ЗЕМЛЯТРУСАМ)

У.Л. Ломцеў

Па дадзеных сейсмаразведкі МАХ-АГК, свідравання і сейсмалогіі разгледжаны асаблівасці будовы і сейсматыктонікі ціхаакіянскага схілу астраўной дугі Хансю (Пн-У Японія) ў сувязі з катастрофічным Вялікім Японскім (M = 9.0) цунамігенным землятрусам 11.03.2011. Паказана, што гэтая падзея звязана з глыбінным насовам па сейсмафакальнай зоне Бен'офа і яго структурным казырком – шар'яжам акустычнага фундаменту Аясія сярэдняй часткі ціхаакіянскага схілу. Серыя наступных тэктанічных (паршнёвых) цунамі ўзнікла ў раёне шырокай верхняй глыбакаводнай тэрасы над факальным ромбам (месца перасячэння верхніх пласкасцей сустрэчных зон Бен'офа і Тараканава). Гэты моцны землятрус актывізаваў разломы астраўной дугі, рухомага аўтахтона ў Японскім жолабе і на краявым вале. Рух шар'яжа Аясія і дугі Хансю на ўсход у апошнія ~0.5–1.0 млн гадоў суправаджаўся тэктанічным зрэзам і акрэцыяй кайназойскага чыхла з утварэннем акрэцыйнай прызмы, сярэдняй і ніжняй частак ціхаакіянскага схілу, асіметрычнага рампавага жолаба (напаўграбен).

PECULIARITIES OF THE STRUCTURE AND SEISMOTECTONICS OF THE PACIFIC SLOPE OF THE HONSHU ARC (IN THE CONTEXT OF THE GREAT JAPAN EARTHQUAKE)

V.L. Lomtev

The peculiarities of the Pacific margin structure and seismotectonics of Honshu (NE Japan) have been studied from seismic (method of reflection waves – common-depth point), drilling and seismological data in the context of the catastrophic Great Japan (M = 9.0) tsunamigenic earthquake of March 11, 2011. It was shown that this event was caused by a deep thrust over the Benioff seismofocal zone and its structural caprock – an overthrust of the Oyashio acoustical basement in the middle Pacific slope. A series of subsequent tectonic (piston) tsunamis arose in the region of a large upper deep-sea terrace over the focal rhombus (site of intersection of the upper planes of the Benioff and Tarakanov zones). This strong earthquake triggered faults of the island arc, a mobile autochthon in the Japan trench and the outer rise. The movement of the Oyashio overthrust and Honshu arc during the last ~0.5–1.0 million years was accompanied by a tectonic shear and an accretion of the Cenozoic cover with the formation of an accretion prism, the middle and lower parts of the Pacific slope, an asymmetric ramp trench (half graben).