

плана региона с объемным перераспределением вещества в коровом слое: оттоком горных масс из области впадин и нагнетанием их в область поднятия. Латеральное течение реализуется на разных уровнях верхне- и нижнекорового слоев. Возникновение латеральных токов и их трансформация в зоны вертикального подъема и нагнетания с последующим растеканием в стороны впадин причинно связаны с развитием неоднородностей в активизированной разуплотненной мантии и формированием верхнемантийных (астеносферных) плюмов. Реконструкция тектонической эволюции, структура горных масс и морфоструктура региона свидетельствуют о зарождении относительно изометричных плюмов (без ярко выраженного директивного течения вещества) на начальных стадиях плитного этапа (ранняя юра), об их относительно слабом выражении на плитном этапе (юра-ранний эоцен) и о резкой активизации мантийных неоднородностей на новейшем этапе.

Таким образом, можно говорить о двух разновидностях плюмов (конвективных или адвективных ячеек), с «ориентированным» и «неориентированным» течением вещества в их апикальных частях. Они имеют различное выражение в структуре корового слоя и в морфоструктуре его поверхности. В первом случае мы видим «нестационарное» развитие земной коры с неоднократной сменой режимов, преимущественно *сдвиговую тектонику и слабо выраженную морфоструктуру*. Во втором – относительно стационарный режим развития коры, *складчато-надвиговую тектонику и контрастную морфоструктуру*. Стационарный и нестационарный режимы могут, по-видимому, чередоваться во времени.

Структуры, отвечающие практически всем параметрам горизонтальных плито-потоков, обнаружены не только в континентальной литосфере, но и в пределах современных океанов и приокеанических зон (Карибско-Антильская дуга и дуга Скотия), и, таким образом, горизонтальные плито-потоки – это категория структур, имеющая глобальное распространение. В качестве предположения – интуитивного и основанного лишь на косвенных данных и соображениях логического характера – добавлю, что формирование данного типа структур сопровождается образованием «гранитно-метаморфического» слоя за счет структурно-вещественной переработки отложений, сначала краевых зон структуры, а затем и мощных осадочных толщ котловин внутридуговых бассейнов. Происходит постепенная кратонизация внутренних объемов дуговых структур описанного типа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Иванкин П.Ф. В кн.: Дегазация Земли и геотектоника. М.: Наука, 1985. 259 с.
2. Леонов М.Г. Тектоника консолидированной коры. М.: Наука, 2008. 464 с.
3. Паталаха Е.И., Лукиенко А.И., Гончар В.В. Тектонические потоки как основа понимания геологических структур. Киев: НАН Украины, 1995. 159 с.
4. Трубицин В.П., Рыков В.В., Трубицин А.П. Конвекция и распределение вязкости в мантии // Физика Земли. 1997. № 3. С. 3-10.
5. McCourt S., Wilson J. Late Archaean and Early Proterozoic Tectonics of the Limpopo and Zimbabwe Provinces, Southern Africa Geol. Dept. & University West Austral. 1992. Publ. 22. P. 237-245.

К ТЕКТНИКЕ НЕВЕЛЬСКОГО (02.08.2007 г., М~6,1) ЦУНАМИГЕННОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ (ЮЗ САХАЛИН)

Ломтев В.Л.

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, lomtev@imgg.ru

Землетрясение произошло днем 2.08. 2007 г. на шельфе ЮЗ Сахалина (Татарский пролив) близ порта Невельск в зоне Западно-Сахалинского регионального разлома (рис. 1). По данным Сахфилиала ГС РАН его магнитуда составила (М) ~6,1 при глубине очага 12 км. По типу подвижки это был меридиональный взброс восточного (67°) падения, сопровождавшийся подъемом шельфа (рис. 2), тремя волнами цунами высотой до 2-3 м, несколькими ощутимыми (М~5,5-6) афтершоками на глубинах 10-12 км в течение следующих суток, выходами метана в порту и на побережье, деформацией зданий в прибрежной части города (более 200 из них определены к сносу), построенной на отсыпных, неравномерно обводненных (протечки) грунтах (В.П. Мясников, личн. сообщ.). Оползни, камнепады, осыпи, открытые трещины на дорогах, деформации ж/д и автомобильных мостов, домов и дачных домиков обнаружены южнее Невельска (по Н.А. Урбан [7]). Т.о. это знаковое событие, поскольку его магнитуда ниже общепринятой, пороговой (М7-7,5) для цунамигенных землетрясений, а само цунами возникло на малых, шельфовых глубинах [4]. Последнее местное цунами здесь было при Монеронском (М7,3) землетрясении 1971 г. Ниже обсуждается тектонические аспекты Невельского события, их связь со срывом Западно-Сахалинской коровой пластины к востоку по кровле асейсмичной литосферы (рис. 3; [10]).

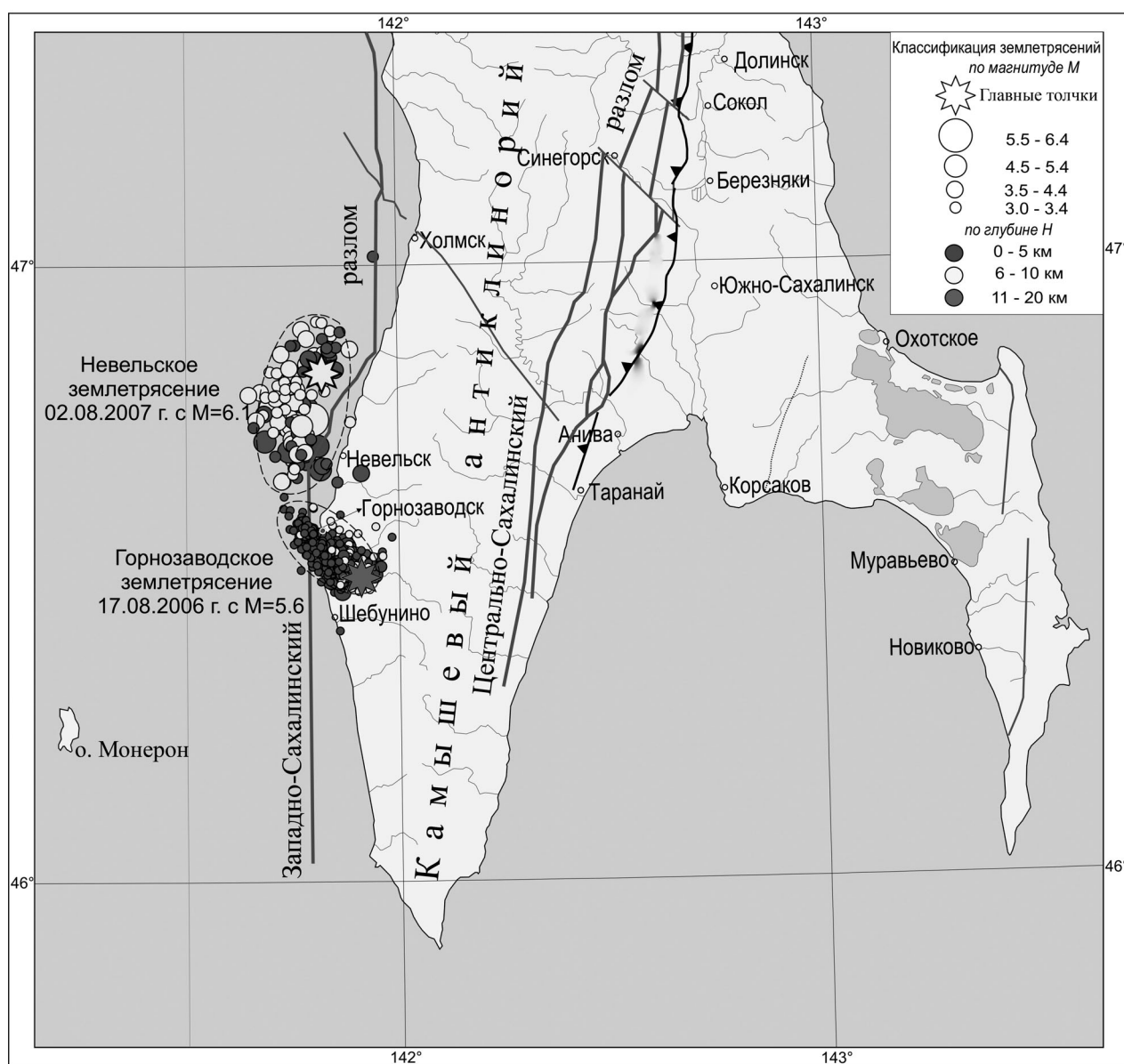


Рис. 1. Карта эпицентров Горнозаводского и Невельского роев афтершоков (по данным СФ ГС РАН) с главными разломами Южного Сахалина по А.И. Кожурину. Фронт аккреции выделен треугольниками

Региональные аспекты. Невельский рой афтершоков располагается на ЮЗ подводной окраине Сахалина, образованной западным крылом Камышевого антиклинория – среднечетвертичного, инверсионного поднятия в депоцентре неогенового краевого прогиба между Сихотэ-Алинем и Восточным Сахалином [5,9,10,13]. В широтном сечении это мегамоноклиналь с крутым и коротким восточным склоном высотой до 1 км во фронте Западно-Сахалинской коровой пластины, ограниченной Центрально-Сахалинским региональным взбросо-надвигом. Горизонтальное смещение по этому разлому достигает 5-10, вертикальное (по кровле мела) – 3-5 км [3,11,12]. Надвигание меловых пород сопровождается аккрецией осадочного неогена и местами грязевулканизмом. Западный пологий склон антиклинория слагают с поверхности осадочные отложения неогена и палеогена общей мощностью до 2-5 км, в которых картируются многочисленные складки, нередко сопряженные с крутопадающими разломами. По данным бурения 11 «сухих» (по нефти) скважин и МОГТ (рис. 4) сходное строение имеет смежный абразионный шельф [2,13]. Однако есть и отличия. Так, высота шельфовых складок достигает нескольких км, их оси ориентированы к СЗ, а ЮВ периклинали не закартированы (полускладки). Формирование складок традиционно связывают с правосдвиговыми смещениями по Западно-Сахалинскому разлому [11]. Однако отсутствие аналогичной системы полускладок на восточном, аккреционном склоне антиклинория и почти идеальная стратификация кайнозойского чехла на профилях МОГТ

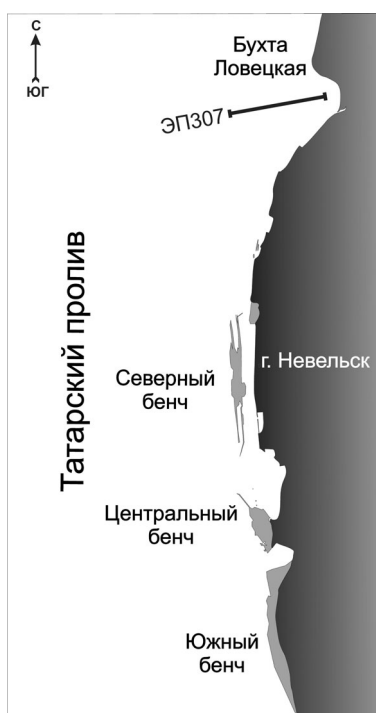


Рис. 2. Схема новообразованных невеличких бенчей масштаба 1:62500 с эхпрофилем №307

на шельфе указывают на его медленное сползание (крип) на западном склоне вероятно с отклоняющим влиянием силы Кориолиса [8]. Т.о. Камышевый антиклинорий, благодаря коровому срыву, имеет разные стили строения склонов. По данным МОГТ [2,13] шельфовые складки обычно сопряжены со взбросами и надвигами восточного падения (ретроразломы), образующими дуплекс Западно-Сахалинского разлома (рис.). Отметим встречное падение главных разломов на рис. 3, фиксирующее дивергентную структуру антиклинория, и характерную по В.Е. Хаину для кордильер Пацифики. Поэтому в качестве его натурной модели принята моно-клинальная надвиговая чешуя высотой 1 км из зоны дивергентного срыва на ложе СЗ Пацифики [10]. В соответствии с ней Горнозаводский взброс 17.08.2006 г. (М5,6) на глубине 18 км, связанный с Центрально-Сахалинским разломом [6], можно считать предвестником Невельского взброса в зоне Западно-Сахалинского разлома (рис. 1). Т.о. главные продольные разломы Камышевого антиклинория видимо образуют тектоно- или динамопару. СЗ простирание Горнозаводского роя афтершоков, аналогичное полускладкам смежного шельфа [2,13], указывает на крип и связанную с ним сейсмичность верхней коры на западном склоне.

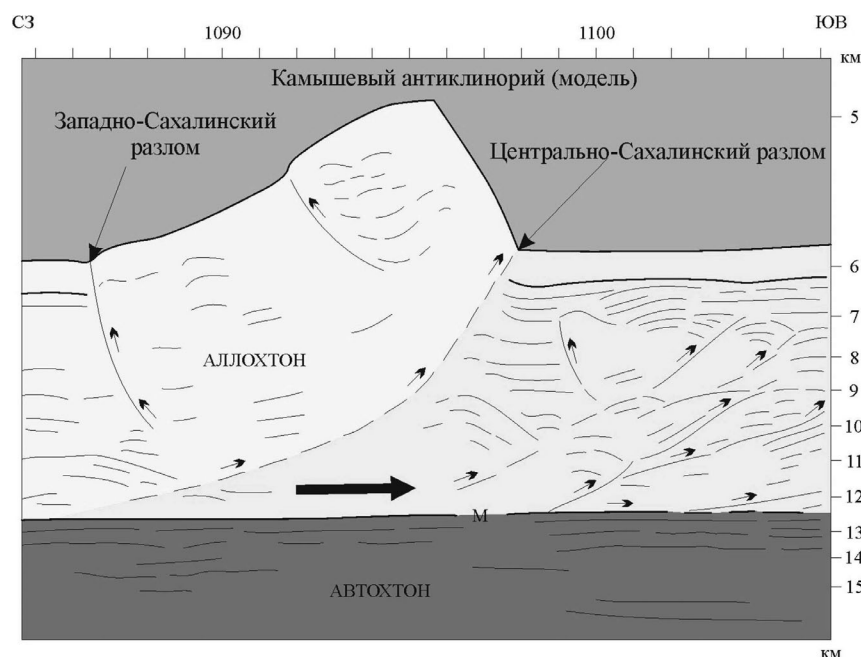


Рис. 3. Модель Камышевого антиклинория – надвиговая гряда на глубинном разрезе МОГТ (СЗ Пацифика [10]). Жирной стрелкой показано направление срыва

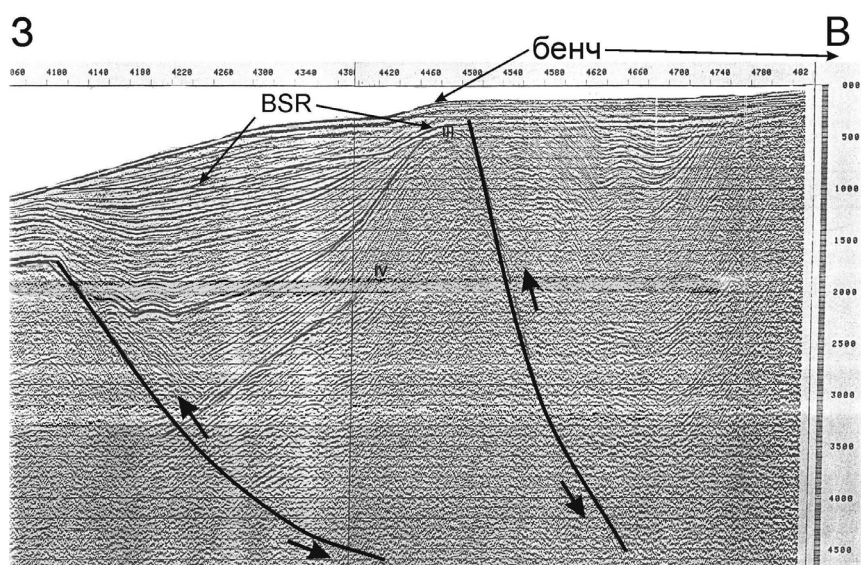


Рис. 4. Фрагмент широтного профиля МОГТ №11 на ЮЗ окраине Сахалина между Холмском и Невельском [1].

BSR – отражающая граница в подошве газогидратов; III, IV – сейсмокомплексы осадочного неогена; линии со стрелками – сместители взбросо-надвигов и смещения по ним. Цуг плоских отражений, секущий складки – волны-помехи, кроме верхней (бенч). По вертикали отложены секунды двойного пробега с шагом 0,1 с, по горизонтали – гидроточки ОГТ с шагом 40 точек/км

Локальные аспекты. Здесь выделим осушение трех прибрежных участков скального дна (бенчи), сложенных крутопадающими к западу пластами алевролитов невельской свиты среднего миоцена, частью кремне-ных (рис. 2). Южный бенч примыкает к южной окраине Невельска (Казачки), где узкой (200-250 м) полосой протянулся на 2,3 км. Он срезает выходы наклонных пластов алевролитов и ограничен со стороны моря крутым уступом. Во время землетрясения был поднят на 0,5-1 м до уровня моря, поэтому частью притоплен. При штормовых нагонах он полностью затопливается. Осмотр не выявил крупных сейсмогенных трещин и разломов, что указывает на блоковый характер подвижек 2 августа. Пласты алевролитов ориентированы к СЗ под острым углом к простиранию берега и в полосе пляжа погребены под песчаными наносами мощностью более 1 м. В месте их выхода к берегу последний меняет ориентировку с субмеридиональной на ЮЗ. Центральный бенч в плане вытянут к СЗ на 750 при ширине до 250 м с южным молотом (известная лежка сивучей). Последний при землетрясении, судя по морской капусте на стенках, был поднят на 1-1,5 м. Поверхность бенча ровная с небольшим наклоном к востоку. Она срезает крутопадающие к западу пласты невельских алевролитов и местами была слегка драпирована наносами и матами из морской капусты. При спокойном море бенч полностью осушен, но при штормовых нагонах частично или полностью затопливается. При осмотре обнаружены несколько выходов метана, шхерный, местами фиордовый, облик его краев (палеоглубины до 1 м), идеальная гладкость западного края при отсутствии наносов. Здесь также нет крупных сейсмогенных трещин и разломов. Отметим спокойной характер рельефа в зоне контакта южного и центрального бенчей с берегом, защищенным волноотбойной стенкой. Северный островной бенч также возник 2 августа за счет поднятия скального дна на 1-1,5 м вместе с северным молотом. Протяженность о-ва достигает 2 км при ширине 150-210 м. С моря он почти недоступен из-за рифов, местами с пластами кремне-ных алевролитов с острыми режущими краями. Рельеф бенча ложбинно-грядовый с двумя крупными, мелкими (до 1-1,5 м) заливами. Пласты невельских алевролитов здесь также круто падают к западу и четко выделяются из-за отсутствия наносов. Самые крупные гряды высотой до 1 м связаны с пластовыми сбросами и отчасти выходами кремне-ных алевролитов. К северу от о-ва эхопрофилем №307 обнаружены продольные структурные гряды, перегородивающие выход из Ловецкой бухты. Их высота достигает 10 м, что указывает на образование гряд задолго до 02.08.2007 г., включая и скальную гряду высотой 6-8 м в соседней Ясноморской бухте в 4 км к северу. Поскольку обе бухты располагаются на выходе субширотных речных долин, то эти гряды связаны очевидно с выжиманием алевролитов при крипе, в основном асейсмичном, под боковым (горным) давлением вышележащего разреза. Глубины (до 7,3 м) смежной акватории порта почти не изменились, хотя здесь и наблюдался массовый выход метана. Сравнение аэрофотоснимков до и после землетрясения показало, что невельские бенчи точно соответствуют мелководным банкам, т.е. подвижки 2 августа были унаследованными.

ЛИТЕРАТУРА

1. Балабко Г.Ф., Ефременков А.Ф. и др. Комплексные региональные исследования в южной части Татарского пролива (объект 17/78). Южно-Сахалинск: Тихоокеанская морская геолого-геофизическая нефтегазовая экспедиция. 1979. 197 с.
2. Геология, геодинамика и перспективы нефтегазоносности осадочных бассейнов Татарского пролива. Владивосток: Дальнаука, 2004. 219 с.
3. Кайнозой Сахалина и его нефтегазоносность. М.: ГЕОС, 2002. 224 с.
4. Кайстренко В.М., Ломтев В.Л. и др. Невельское цунами 2 августа 2007 года // Проблемы сейсмобезопасности Дальнего Востока и Восточной Сибири. Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 2007. С. 133.
5. Кучай В.К. Современная орогенная структура южной части острова Сахалин // Тихоокеан. геология. 1987. № 1. С. 50-57.
6. Левин Б.В., Ким Чун Ун, Тихонов И.Н. Горнозаводское землетрясение 17(18) августа 2006 года на юге о-ва Сахалин // Там же, 2007. Т. 26. №2. С. 102-108.
7. Ломтев В.Л., Кайстренко В.М. и др. Особенности тектонических деформаций при Невельском (02.08.2007 г.) цунами-генном землетрясении (М-6,1) // Проблемы сейсмобезопасности Дальнего Востока и Восточной Сибири. Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 2007. С. 43.
8. Ломтев В.Л., Кононов В.Э. Проблемы тектоники Северо-Татарского трога // Строение, геодинамика и металлогения Охотского региона и прилегающих частей Северо-Западной Тихоокеанской плиты. Южно-Сахалинск, 2002. Т. 1. С. 227-228.
9. Ломтев В.Л., Кругляк В.Ф., Савицкий О.В. Геологическое строение, история геологического развития в неогене и направление нефтепоисковых работ в северной части Татарского пролива // Геология и стратиграфия кайнозойских отложений Северо-Западной Пацифики. Владивосток: ДВО АН СССР, 1991. С. 63-69.
10. Ломтев В.Л., Никифоров С.П., Ким Чун Ун Тектонические аспекты коровой сейсмичности Сахалина // Вестник ДВО РАН, 2007. №4. С. 64-71.
11. Мельников О.А. Структура и геодинамика Хоккайдо-Сахалинской складчатой области. М.: Наука, 1987. 94 с.
12. Паровышний В.А. Надвиговые системы в кайнозойских прогибах Чукотки и Сахалина. Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 2005. 23 с.
13. Чуйко Л.С., Куделькин В.В. и др. Комплексные рекогносцировочные геофизические исследования в Охотском море (объект 11/86). Южно-Сахалинск: трест «Дальморнефтегеофизика», 1988. 284 с.