

ГЕОДИНАМИКА, СЕДИМЕНТОЛОГИЯ И СТРАТИГРАФИЯ

УДК [550.34.06:551.305.1](571.64)

СИСТЕМА НАПРЯЖЕНИЙ В ОЧАГАХ САХАЛИНСКИХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ И ЕЕ СВЯЗЬ С ТЕКТОНИКОЙ ОСТРОВА

О.А. Мельников, Л.Н. Поплавская, Т.В. Нагорных

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск

Впервые получен и анализируется с тектонической точки зрения массовый материал о механизмах очагов коровых землетрясений о. Сахалин. Установлено, что система напряжений в земной коре острова характеризуется отчетливо выраженным субмеридиональным чередованием зон сжатия и растяжения. Такая закономерность, по мнению авторов, объясняется взаимодействием двух основных типов структур, составляющих мегантиклинорий острова, – видоизмененно-возрожденных реликтовых и молодых новообразованных антиклинориев и синклинориев. Зоны сжатия приурочены к участкам непосредственного противостояния молодых и древних антиклинориев. Зоны растяжения разделяют эти участки.

Вариации поля упругих напряжений земной коры о. Сахалин интерпретируются также с позиций ротационной модели Земли, предложенной ранее О. А. Мельниковым.

Ключевые слова: землетрясения, земная кора, механизм очага, система напряжений, ротационная модель, тектоника, Сахалин.

ВВЕДЕНИЕ

До недавнего времени число сахалинских землетрясений с известным механизмом очага в силу объективных причин (в основном, из-за разреженности сети наблюдающих станций и, следовательно, дефицита исходной информации) было невелико [1, 2, 4, 19, 20], а сами определения механизмов страдали большими погрешностями.

Однако в процессе направленного развития соответствующих технологий, в течение 1980–1995 гг. в ИМГиГ ДВО РАН была усовершенствована методика массового определения механизмов очагов коровых землетрясений [3, 5, 18, 24, 25, 30, 35], позволяющая получать устойчивые решения по небольшому набору исходных данных.

К настоящему времени получены с удовлетворительной точностью решения задачи о механизме очагов более 130 землетрясений о. Сахалин с гипоцентрами в земной коре. В их числе сильные ($M > 4.5$) землетрясения 1962–1984 гг., “фоновые” ($3.5 \leq M \leq 4.5$) негруппированные землетрясения 1985–1997 гг.,

главные толчки и афтершоки Монеронского и Нефтегорского землетрясений (1971 и 1995 гг., соответственно) [18, 24, 25, 31, 34, 35].

Настоящее исследование посвящено анализу полученного материала о механизмах очагов негруппированных землетрясений Сахалина за 1962–1997 гг. с тектонических позиций.

МЕТОДИКА, РЕЗУЛЬТАТЫ И ОЦЕНКИ ДОСТОВЕРНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЙ МЕХАНИЗМА ОЧАГОВ КОРОВЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ О. САХАЛИН

Основным инструментом для массовых определений механизма очагов являлась программа “МЕХАНИЗМ” [6]. Испытания базового алгоритма этой программы, выполненные по результатам наблюдений за 1964–1982 гг. [27, 28], показали следующее [26]:

1) точность получаемых решений заметно зависит от объема исходной информации, с его увеличением уменьшается размер 85% доверительной области и число возможных решений в этой области;

2) для успешной работы алгоритма требуется не менее 40–50 знаков первых вступлений в Р-волне;

3) в случае одностороннего расположения станций относительно очага землетрясения центр 85% доверительной области оказывается смещенным относительно решений с максимальным значением функции правдоподобия.

В условиях наблюдательной сети в регионах Дальнего Востока с преимущественно коровой активностью, каким является о. Сахалин, для слабых ($M \leq 4,5$) землетрясений имелось, как правило, не более 20 знаков первых смещений в Р-волне, что явно недостаточно для получения устойчивого решения задачи о механизме.

С целью увеличения статистики знаков, для коровых землетрясений нами были использованы знаки первых смещений в прямых волнах PG. Кроме того, там, где это удавалось, использовались по традиции [22] знаки в волнах рР. Следует напомнить, что волны PG и рР направлены от очага вверх и, следовательно, их использование улучшает не только статистическую обеспеченность решаемой задачи, но и поквadrантное распределение знаков, что особенно важно в условиях односторонне расположенной сети наблюдающих станций.

Для каждого из изученных сейсмических событий определения механизма очага выполнялись в два этапа.

На первом этапе решение задачи о механизме находилось с помощью ПЭВМ [6] по знакам первых смещений в волнах Pn, PG (или рР). Поскольку изучались, в основном, слабые землетрясения и, следовательно, число используемых знаков было невелико, 85%-ные доверительные области ЭВМ-решений, как правило, оказывались очень большими. Поэтому на втором этапе ЭВМ-решения с максимальным значением функции правдоподобия уточнялись путем привлечения (вручную) знаков SV, SH, SVG, SHG-волн с использованием теоретических палеток nodальных линий для SV и SH-волн [22].

Привлечение данных о знаках SV и SH-волн позволило существенно уменьшить область возможных решений, а в целом ряде случаев приводило к единственному решению или небольшому набору близких решений [3, 5, 24, 25, 30].

Статистический анализ доверительных оценок (DLT) для ориентации осей напряжений сжатия (P), растяжения (T) и промежуточного (N) показал, что в целом по всему использованному в настоящей работе материалу ЭВМ-решения характеризуются следующими средними значениями рассеяния: T – $DLT = 13 \pm 9$ град.; P – $DLT = 11 \pm 7$ град.; N – $DLT = 15 \pm 11$ град. Привлечение знаков S-волн, как уже упоминалось, позволило уменьшить размеры доверительных

областей таким образом, что для осей P и T они оказались близкими и составили $DLT = 5 \pm 2$ град., а для оси N – $DLT = 7 \pm 3$ град.

СОВРЕМЕННЫЙ СТРУКТУРНО-ТЕКТОНИЧЕСКИЙ ПЛАН, СИСТЕМА НАПРЯЖЕНИЙ И ХАРАКТЕРНЫЕ СЕЙСМОДИСЛОКАЦИИ В ЗЕМНОЙ КОРЕ О. САХАЛИН

Анализ тектонического развития Хоккайдо-Сахалинского мегантиклинория [7–9, 11] показал, что его современный структурный план представляет собой сочетание двух типов структур: древних – реликтовых, но видоизмененно-возрожденных, т.е. сохранивших свое тектоническое значение; молодых – новообразованных. В целом они обязаны своим происхождением трем фазам активного складкообразования: Мияко – на границе раннего и позднего мела; ларамийской – на границе мела и палеогена; сахалинской – в плиоцен-четвертичное время.

С первой фазой складчатости связано происхождение многих структур Японии, а также структур о. Монерон, расположенного вблизи западного побережья южной части о. Сахалина.

Второй – ларамийской или Камчатской [21] фазе складчатости на Сахалине обязана происхождением система из трех горно-антиклинорных сооружений вдоль восточного побережья Сахалина (с севера на юг): Шмидтовского (восточный хребет п-ова Шмидта с прилегающими участками Охотского моря); Восточно-Сахалинского (одноименные горы); Сусунайско-Анивского, охватывающего Сусунайский и Тонино-Анивский хребты. Эти сооружения имеют общее происхождение и, одновременно, отчетливо выраженный обособленно-разобщенный характер (север-северо-западное простираение, кулисообразное взаиморасположение с восточным смещением каждой северной структуры относительно соседней южной).

В третью – плиоцен-четвертичную фазу складчатости образовались все молодые новообразованные сахалинские структуры. Среди них – антиклинории Северо-Восточный, охватывающий западный хребет п-ова Шмидта и три грядо-антиклинальные зоны вдоль северо-восточного побережья острова, Западно-Сахалинский, включающий одноименные горы и их северное продолжение вдоль западного побережья Сахалина, северная периклиналь антиклинория Камуикотан (о. Хоккайдо), включающего п-ов Крильон на Сахалине.

Молодыми новообразованными синклинориями, разделяющими как новообразованные, так и реликтовые антиклинории, являются (с севера на юг): Охотский, охватывающий депрессию между западным и восточным хребтами п-ова Шмидта и ряд де-

прессий на месте многочисленных лагун-залитов вдоль северо-восточного побережья Сахалина; Байкальско-Нышский, отделяющий Северо-Восточный антиклинорий от северной периклинали Западно-Сахалинского антиклинория; Тымь-Поронайский, отвечающий одноименной депрессии, отделяющей Восточно-Сахалинский антиклинорий от центральной части Западно-Сахалинского антиклинория; Южно-Сахалинский, отвечающий одноименной депрессии, между Сусунайско-Анивским антиклинорием и южной периклинали Западно-Сахалинского антиклинория; Татарский, охватывающий территорию одноименного пролива, отделяющего Западно-Сахалинский антиклинорий от структур Сихотэ-Алиньской складчатой области, а на юге разделяющий северные периклинали антиклинориев Китаками и Камуикотан.

Сахалинская фаза складчатости выразилась не только в создании всех перечисленных новообразованных структур, но и в существенном изменении и усложнении древних реликтовых образований. Молодые новообразованные антиклинории на Сахалине характеризуются достаточно выдержанным субмеридиональным простираем, кулисообразным характером сочленения между собой (аналогично реликтовым антиклинориям), наличием следов явного облекания реликтовых антиклинориев молодыми. Общее субмеридиональное простираем имеют и молодые новообразованные синклинии. Однако если они разделяют плиоцен-четвертичные и ларамийские антиклинории, то приобретают достаточно хорошо выраженное север-северо-западное простираем, согласное с простираем реликтовых антиклинориев. Различием в простираем молодых и древних антиклинориев объясняется закономерное расширение в южном направлении разделяющих их депрессий-синклинориев и, наоборот, сужение, подъем шарниров и следы облекания – в северном направлении.

Перечисленные особенности современного структурного плана Сахалина свидетельствуют о явном взаимодействии древних и молодых горно-антиклинорных сооружений острова. Древние реликтовые антиклинории характеризуются очевидной консолидацией, превратившей их в сравнительно жесткие, устойчивые блоки земной коры, разделенные менее консолидированными, менее жесткими и устойчивыми участками между ними. Возникшие на месте этих последних новообразованные горно-антиклинорные сооружения вынужденно взаимодействуют с древними, которые служат своеобразным жестким упором (рамой) для более подвижных и пластически податливых новообразований.

Таков, по всей видимости, характер взаимодействия древних реликтовых и молодых новообра-

зованных структурных элементов в современном структурном плане Сахалина.

Пространственное распределение сахалинских землетрясений по характеру напряженного состояния в их очагах и типам сейсмодислокаций (рис. 1, 2) показало, что в земной коре острова области близгоризонтального сжатия чередуются с участками преобладания растягивающих напряжений. Разнородно напряженные участки земной коры устойчивы во времени и пространстве (по крайней мере, за изучаемый здесь период наблюдений) и разделены между собой некими границами. В очагах землетрясений, дислоцирующихся вдоль таких границ, оси Р и Т ориентированы относительно горизонта под одинаковыми углами [23].

Установленный характер напряженного состояния определяет тип сейсмодислокаций в каждом из упомянутых участков.

Краткая характеристика поля упругих напряжений и основных сейсмодислокаций в отдельных сейсмоактивных районах острова представлена ниже (рис. 1, 2, табл.).

Северо-запад о. Сахалин и прилегающее побережье Хабаровского края (севернее 51.5°N) находятся (рис. 1, 2) под преимущественным воздействием близгоризонтальных растягивающих напряжений [25]. Подавляющее большинство подвижек в очагах землетрясений (~75%) – взрезы, редко (~17%) – сбросы. При этом следует отметить, что изученные механизмы относятся к слабым (табл.) землетрясениям ($M=3.6\div 4.9$).

Западное побережье о. Сахалин ($47.5^{\circ}\text{N}\div 51.5^{\circ}\text{N}$) по типу напряженного состояния в земной коре разделено на два участка: в интервале широт $49.6^{\circ}\text{N}\div 51.5^{\circ}\text{N}$ преобладает близгоризонтальное сжатие, в интервале $47.5^{\circ}\text{N}\div 49.6^{\circ}\text{N}$ – растяжение.

Для сильных ($M=4.7\div 5.5$) сейсмических событий, происшедших в условиях преобладающего сжатия, имели место подвижки типа взброса и взбросо-сдвига.

На участке, находящемся в условиях растяжения, самым сильным было землетрясение с $M=4.7$ и подвижкой типа сброса. В очагах более слабых толчков характерны взрезы. Сбросы характерны для шельфа Татарского пролива, взрезы – для западного побережья острова. (рис. 1, табл.)

Юго-западное побережье о. Сахалин (южнее 47°N) находится в условиях сжатия. Сильнейшим здесь было Монеронское землетрясение 5.09.1971 г. с $M=7.5$ [1, 2], с подвижкой типа пологого надвига. Подавляющее большинство афтершоков и негруппированных землетрясений – также пологие надвиги (31%) или взбросы (27%), в том числе: землетрясения с $M=5.8\div 6.9$ – взбросы, с $M\approx 5.5$ – пологие надвиги,

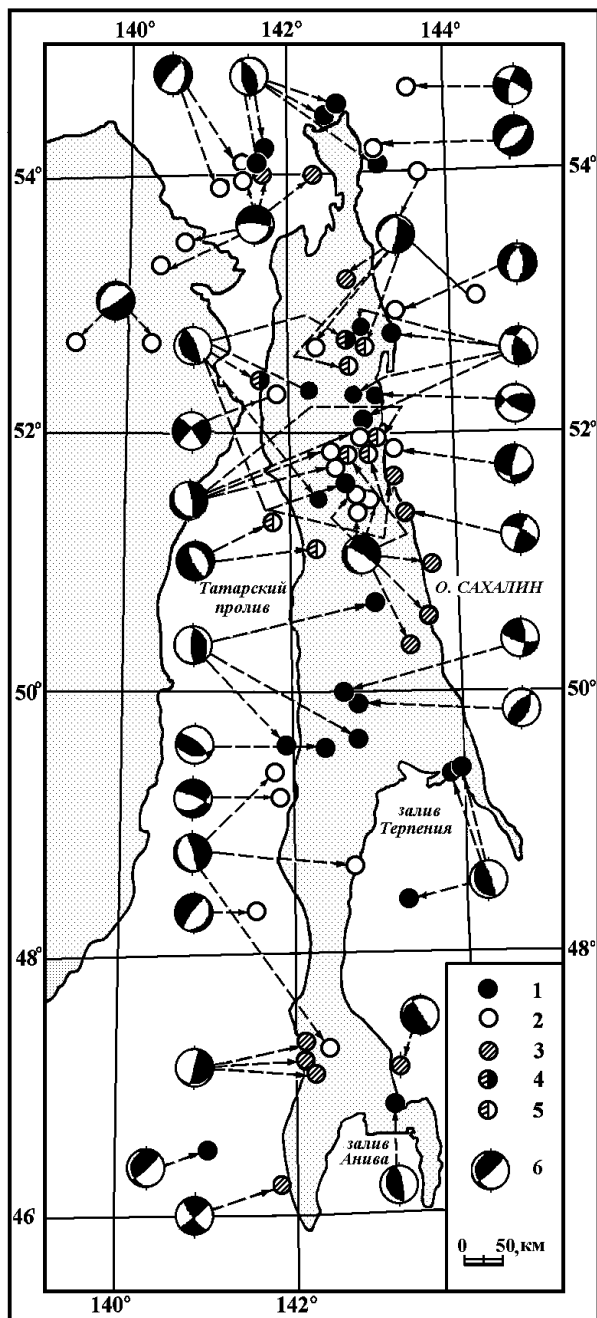


Рис.1. Пространственное распределение негруппированных коровых землетрясений о. Сахалин с известным механизмом очага, 1962–1997 гг.

1–5 – характер напряженного состояния в очаге: преобладает близгоризонтальное сжатие (1) или растяжение (2); оси P и T наклонены к горизонту под равными (в пределах точности решения) углами (3); близгоризонтальное сжатие (4) или растяжение (5), установленные неуверенно; 6 – стереограмма механизма очага в проекции на нижнюю полусферу (залита область прихода волн сжатия). Стрелка указывает на очаг с соответствующим типом механизма (сейсмодислокации).

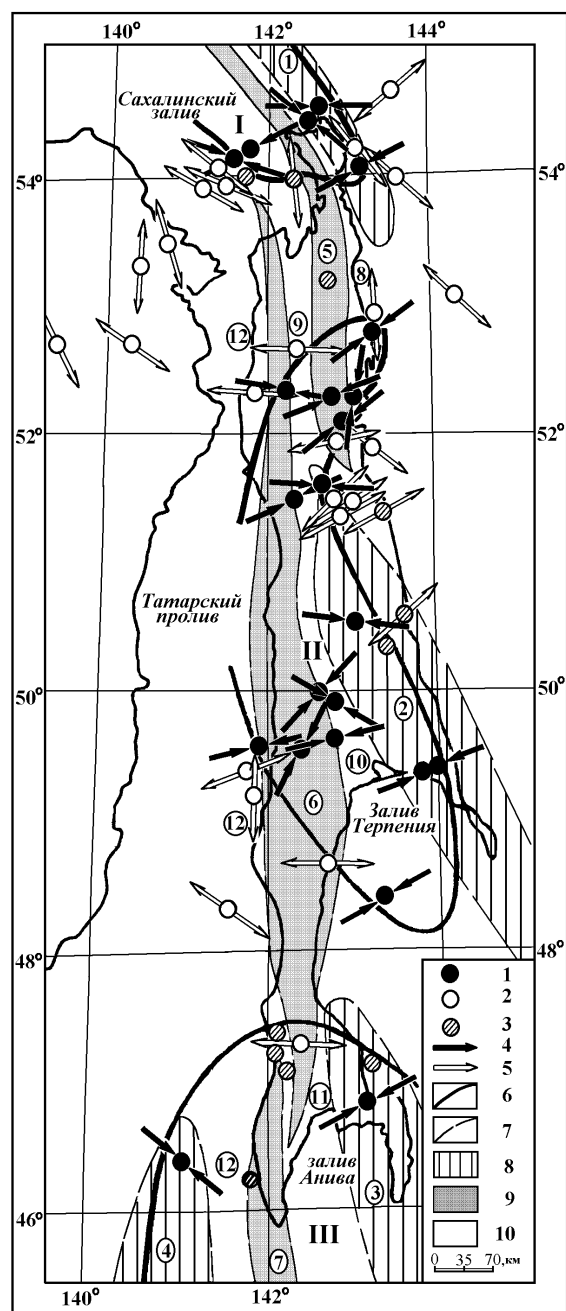


Рис.2. Современный структурный план Сахалина и система тектонических напряжений в земной коре острова.

1–3 – см. рис. 1; 4, 5 – ориентация близгоризонтальных напряжений сжатия (4) и растяжения (5); 6 – границы участков с преобладающим сжатием: северного – I, центрального – II и южного – III; 7 – границы тектонических структур современного структурного плана – антиклинорий и синклинорий; 8 – видоизмененно-возрожденные реликтовые антиклинории: Шмидтовский – 1, Восточно-Сахалинский – 2, Сусунайско-Анивский – 3, северная переклираль мезозойского антиклинория юго-западного Хоккайдо – 4; 9 – молодые (плиоцен-четвертичные) антиклинории: Северо-Восточный – 5, Западно-Сахалинский – 6, северная периклираль антиклинория Камуикотан – 7; 10 – новообразованные синклинории: Охотский – 8; Байкальско-Нышский – 9; Тымь-Поронайский – 10; Южно-Сахалинский – 11; Татарский – 12.

Таблица. Характерные сейсмодислокации* в очагах коровых землетрясений о. Сахалин.

M±0.2	Район о. Сахалин						
	северо-запад	запад	юго-запад	центр	северо-восток	восток, юго-восток	Приамурье**
7.5			пологий надвиг				
7.0			взброс		взброс		
6.5			взброс				
6.0			взброс	сдвиг	сдвиг	сдвиг	
5.5		сдвиг, взброс	сдвиг, пологий надвиг	сброс			
5.0	сброс	взброс	сдвиг, сброс, взрез, пологий надвиг	взброс, взрез	сдвиг, взброс	сдвиг, взрез	
4.5		сдвиг, сброс, взброс	сдвиг, взрез, пологий надвиг	взброс	сдвиг, сброс, взброс	взрез	
4.0	взрез	взрез		взрез, взброс, сброс, пологий надвиг	сдвиг, взрез, взброс, пологий надвиг	пологий надвиг, сброс	взрез, сброс
3.5	сдвиг		взрез	взрез, пологий надвиг	взрез	взрез	взрез

Примечание. *Классификация по типу сейсмодислокаций предложена М. И. Стрельцовым [29]: сдвиги – $PLN \geq 45^\circ$; сбросы и взбросы – $PLN < 45^\circ$, $DP1 > 20^\circ$, $DP2 < 70^\circ$; взрезы и пологие надвиги – $PLN < 45^\circ$, $DP1 \geq 70^\circ$, $DP2 \leq 20^\circ$. Здесь PLN , $DP1$, $DP2$ – углы с горизонтом оси промежуточного напряжения и нодальных плоскостей, соответственно. ** Прибрежные районы Хабаровского края, прилегающие к северо-западной части острова Сахалин.

более слабые ($M \leq 5.0$) афтершоки – сдвиги, пологие надвиги, взрезы.

Собственно юго-западное побережье о. Сахалин характеризуется пологими надвигами, реже отмечаются сдвиги.

Центральные районы о. Сахалин ($49.5^\circ N \div 53.5^\circ N$) находились под преимущественным воздействием сжимающих напряжений, с характерной подвижкой типа взброса (50%). Исключение составила очаговая область Ногликского 2.10.1964 г. [19] землетрясения, для которой до сего времени характерно близгоризонтальное растяжение. Вблизи границы смены знака поля отмечены взрезы или пологие надвиги. Далее к югу, в большинстве очагов Центрального Сахалина наблюдались взбросы и взбросо-сдвиги.

Обширная область на широтах $47.3^\circ N \div 49.6^\circ N$ находится под воздействием близгоризонтальных растягивающих напряжений. Здесь наиболее представительны сбросы и взрезы. Вблизи ее контакта с областью преимущественного сжатия, охватывающей территорию Южного Сахалина и северную часть Японского моря, произошло единственное хорошо изученное Синегорское землетрясение 16.08.1988 г. с $M=4.2$ [30]. Подвижка в его очаге имела характер сброса.

Северо-восток (севернее $52^\circ N$) о. Сахалин находится под преимущественным воздействием сжимающих напряжений, а в шельфовой зоне преобла-

дает близгоризонтальное растяжение. Для территории острова характерны взбросо-сдвиги, взбросы и пологие надвиги, для шельфовой области – сбросо-сдвиги, сбросы, взрезы. Сильнейшим событием на северо-востоке о. Сахалин было Нефтегорское [18, 25, 34, 35] землетрясение с $M=7.1$, в очаге которого происходили взбросо-сдвиговые подвижки с преобладанием сдвиговой компоненты.

На шельфе сильнейшим был толчок с $M=5.8$ и сбросо-сдвиговой подвижкой (табл.). В целом для охотоморского шельфа северо-востока Сахалина сдвиги и взбросо-сдвиги наиболее характерны (~43%).

Восток, юго-восток о. Сахалин характеризуется чередованием знака поля упругих напряжений: на широтах $50^\circ N \div 52^\circ N$ и $47^\circ N \div 48.5^\circ N$ преобладают близгоризонтальные растяжения; а юго-восток (южнее $47^\circ N$) находится под преимущественным воздействием напряжений сжатия.

В условиях близгоризонтального растяжения находились очаги Ногликского [19] 2.10.1964 г. ($M=5.8$) и Остромысовского [20] 12.03.1962 г. ($M=4.8$) землетрясений. В очаге землетрясения 02.10.1964 г. отмечен сброс, а Остромысовского – взрез. В очагах более слабых толчков здесь также наблюдались сбросы и взрезы (табл., рис. 1).

В условиях преобладающего сжатия на восточном и юго-восточном побережье в очагах сравнительно слабых ($M=3.7 \div 4.1$) землетрясений установлены, в основном, пологие надвиги.

Как видим (рис. 2), очаги сахалинских землетрясений с субгоризонтальным сжатием группируются на трех участках – северном, центральном и южном. Северный охватывает весь п-ов Шмидта и восточную часть Сахалинского залива. Центральный выражен протяженным, выгнутым к западу эллипсом от залива Пильтун до северной части залива Терпения. Южный участок со смешанным характером проявления сжатия и растяжения в очагах землетрясений занимает весь юг Сахалина, начиная от перешейка Поясок до о. Монерон включительно.

Северный участок в структурном плане охватывает Шмидтовский ларамийский реликтовый антиклинорий, северное периклинальное замыкание плиоцен-четвертичного Северо-Восточного антиклинория и расположенное западнее в Сахалинском заливе северное погружение плиоцен-четвертичного новообразованного Западно-Сахалинского антиклинория.

Центральный участок включает в себя западно-западную половину Восточно-Сахалинского видоизмененно-реликтового антиклинория и примыкающие к нему с запада и севера участки новообразованных антиклинорийных и синклинорийных структур.

Южный участок охватывает почти весь Сусунайско-Анивский видоизмененно-реликтовый антиклинорий, северную периклиналь видоизмененно-реликтового антиклинория Китаками и разделяющие их замыкания нескольких молодых новообразованных антиклинориев.

Сравнительный анализ поля напряжений и вышеперечисленных структурных элементов показывает, что северный и центральный участки со сжатием в очагах землетрясений охватывают смежно-противостоящие территории реликтовых и новообразованных структур, подтверждая тем самым их взаимообусловленность. Вывод о противостоянии молодых новообразованных структур древним реликтовым высказывался нами и ранее [10] при объяснении дискретного проявления общей сейсмичности на Сахалине.

Смешанный характер поля тектонических напряжений в очагах землетрясений Южного Сахалина, скорее всего, объясняется свойственным этому участку сложным сочетанием и, следовательно, взаимодействием молодых новообразованных и древних реликтовых структур (рис.2). Здесь молодые новообразованные антиклинории и синклинории, причем зачастую лишь их окончания или замыкания, располагаются между древними реликтовыми антиклинориями.

Существование блоков земной коры с преобладанием растягивающих напряжений, по всей видимости, объясняется взаимодействием одних лишь

древних видоизмененно-реликтовых антиклинориев, между которыми, в основном, и располагаются зоны растяжения. Так, северный блок располагается между Шмидтовским и Восточно-Сахалинским видоизмененно-реликтовыми антиклинориями, а Южный – между Восточно-Сахалинским и Сусунайско-Анивским.

Нетрудно заметить (рис. 3), что пониженные и узкие участки рельефа о. Сахалин совпадают с зонами преобладания растягивающих напряжений или заметно тяготеют к ним (Шмидтовский перешеек – на севере и перешеек Поясок – на юге острова).

Детальный анализ системы напряжений в земной коре о. Сахалин показал, что ориентация главных действующих (близгоризонтальных) напряжений не зависит от знака (Р или Т) поля. Оба они ориентированы либо субширотно (43% случаев), либо диагонально (44%) простиранию островных структур. Значительно меньшую группу (13%) составляют очаги с субмеридиональной ориентацией Р и Т.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ И ВЫВОДЫ

Попытаемся проинтерпретировать изложенные выше факты с позиций новой глобальной ротационной модели Земли [12–17, 32, 33].

Эта модель включает в себя 5 наложенных друг на друга механизмов: ротогенез, дрефтогенез, активный и пассивный рифтогенезы и сепаратогенез (геосферогенез).

Сущность ротогенеза состоит в предполагаемом нами и недавно доказанном американскими сейсмологами и геологами [36] более быстром вращении с запада на восток внутренних оболочек Земли по сравнению с внешними. Ротогенез вызывает на нижних границах внешних оболочек направленные с запада на восток напряжения, абсолютная величина которых изменяется от 0 на полюсах до максимума на экваторе. Сейсмическими методами исследования в настоящее время доказано, что нижняя граница земной коры (граница М) отличается большой неровностью, что обуславливает изменчивый характер напряжений, вызываемых на этой границе ротогенезом, – образование в общем случае зон сжатия вдоль восточных границ горных сооружений и зон растяжения вдоль их западных границ.

Сущность дрефтогенеза состоит в перемещении любых масс или дискретных элементов на вращающейся сфере от полюсов к экватору. Возникающие при этом напряжения, естественно, достигают своих максимальных значений примерно на середине между полюсами и экватором (на полюсах и экваторе они равны 0), т.е. на так называемых «сороковых широтах». Структурные элементы, попадая в это поле напряжений, испытывают, по всей видимости, в северном полушарии сжатие на южных (фронталь-

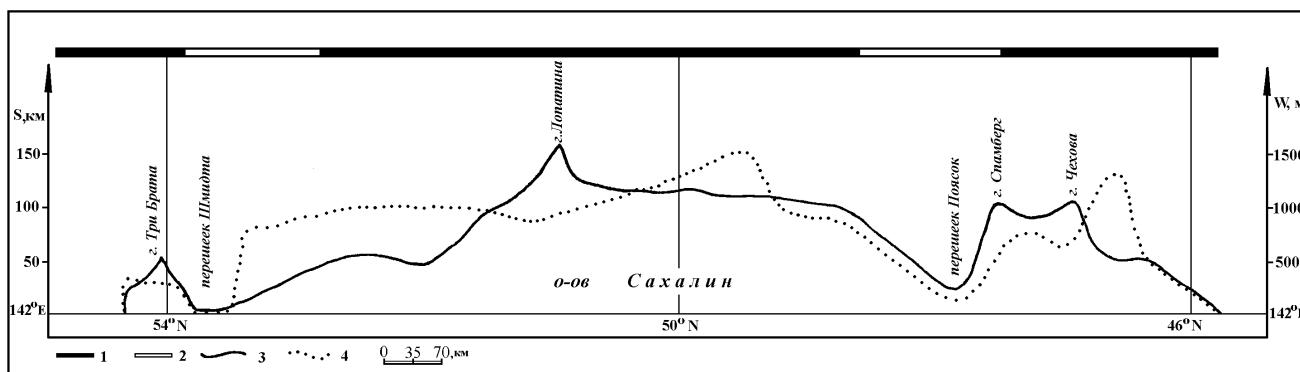


Рис. 3. Корреляция элементов рельефа Сахалина с зонами сжатия и растяжения.

1, 2 – зоны сжатия (1) и растяжения (2); 3 – высота рельефа (W, м); 4 – ширина острова (S, км).

ных) границах и растяжение на северных (тыловых) границах.

Современное поле напряжений любого участка на Земле определяется суммарным эффектом обоих механизмов – ротогенеза и дрефтогенеза. На преобладающую роль ротогенеза в сейсмичности Сахалина указывает приуроченность подавляющего большинства очагов землетрясений к западной половине острова, на которую прежде всего и воздействует направленный с запада на восток ротогенез. Разделение же Сахалина на закономерно сменяющие друг друга зоны со сжатием и растяжением в очагах землетрясений определяется характером расположения измененно-возрожденных реликтовых горно-антиклинорных сооружений в суммарном поле напряжений, вызванных ротогенезом и дрефтогенезом. К этим сооружениям тяготеет большинство очагов со сжатием, а очаги с растяжением явно тяготеют к разделяющим их промежуткам, как на территории острова, так и в соседних с ним акваториях Охотского и Японского окраинных морей.

В системе напряжений, вызываемых ротогенезом, находит хорошее объяснение большая группа землетрясений с растяжением в очагах, расположенная к северо-востоку от северо-западного замыкания Восточно-Сахалинского измененно-реликтового антиклинория. Ротогенез, действуя на удлиненную в субмеридиональном направлении форму антиклинория, разворачивает его против часовой стрелки.

В связи с этим вдоль северо-восточного края, по всей видимости, и создаются условия растяжения, подтверждаемые характером напряжений в очагах происходящих здесь землетрясений (рис. 2).

Этот разворачивающий против часовой стрелки момент свойственен всем структурным элементам в северном полушарии, особенно субмеридионально резко удлиненным и относительно консолидированным. Именно этим, в основном, объясняются кулисо-

образные сочленения измененно-реликтовых ларамийских горно-антиклинорных сооружений с молодыми плиоцен-четвертичными структурными элементами, а также сужение в северном и расширение в южном направлениях депрессивно-синклинорных структур.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенный выше сравнительный анализ характера поля упругих напряжений в земной коре о. Сахалин и его структурного плана показал следующее.

1. Земная кора о-ва Сахалин разделена на отдельные устойчивые во времени и пространстве участки, в каждом из которых доминирует какой-либо один тип напряжений (либо близгоризонтальное сжимающее, либо близгоризонтальное же растягивающее). Чередование зон сжатия и растяжения в основном субмеридиональное и менее выраженное субширотное.

2. Характер поля упругих напряжений, по мнению авторов, обусловлен взаимодействием двух основных типов структур острова – древних видоизмененно-возрожденных реликтовых и молодых новообразованных антиклинориев и синклинориев. При этом зоны сжатия приурочены к участкам непосредственного их противостояния.

3. Установленные закономерности в дискретном характере поля упругих напряжений в земной коре Сахалина и их прямой обусловленности структурным планом острова удовлетворительно объясняются предложенной нами ранее новой глобальной ротационной моделью Земли, состоящей из пяти наложенных друг на друга механизмов. Определяющую роль в формировании поля упругих напряжений земной коры о-ва Сахалин играют два из них – ротогенез и дрефтогенез. Первый, вызывающий направленные с запада на восток напряжения, в основ-

ном отвечает за распределение зон сжатия. Второй, создающий направленные от полюсов к экватору напряжения, отвечает за положение зон растяжения между зонами сжатия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Воробьева Е. А. Механизм очага Монеронского землетрясения по инструментальным данным // Сейсмическое районирование Сахалина. Владивосток, 1977. С.68–76.
2. Воробьева Е. А. Механизм очагов сильных афтершоков 5(6) сентября 1971 года // Сейсмическое районирование Сахалина. Владивосток, 1977. С. 77–92.
3. Землетрясение 10 февраля 1989 года севернее о. Сахалин / Урбан Н.А., Рудик М.И., Воробьева Е.А., Шолохова А.А.: Препр. Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 1990. 19 с.
4. Иващенко А. И., Ким Ч. У., Бондаренко Г. А. Сейсмичность поверхностных землетрясений Охотского моря // Сейсмическое районирование шельфа. Владивосток, 1990. С. 22–37.
5. Лесогорское землетрясение 29 июля 1991г. / Урбан Н.А., Оскорбин Л.С., Поплавская Л.Н., Рудик М.И. // Землетрясения в СССР 1991 году. М., 1997. С. 60–64.
6. Массовое определение механизмов очагов землетрясений на ЭВМ / Аптекман Ж.Я., Желанкина Т.С., Писаренко В.Ф. и др. // Вычислительная сейсмология. 1979. Вып.12. Теория и анализ сейсмических наблюдений. С. 45–58.
7. Мельников О. А. К вопросу геотектонического районирования о. Сахалина // Геология и геофизика. Южно-Сахалинск, 1962. С. 3–12. (Труды СаХКНИИ СО АН СССР; Вып. 12).
8. Мельников О. А. История формирования структуры Южного Сахалина в палеогене и неогене. М.: Наука, 1970. 170 с.
9. Мельников О. А. История позднемиоценовых, палеогеновых и неогеновых тектонических движений и формирование структурного плана // Стрoение земной коры и верхней мантии в зоне перехода от Азиатского континента к Тихому океану. Новосибирск, 1976б. С.64–75.
10. Мельников О. А. О взаимосвязи геологического строения и сейсмичности Сахалина // Сейсмическое районирование Сахалина. Владивосток, 1976в. С.46–51.
11. Мельников О. А. Основные структурные элементы // Стрoение земной коры и верхней мантии в зоне перехода от Азиатского континента к Тихому океану. Новосибирск, 1976. С. 43–48.
12. Мельников О. А. Динамическая модель земной коры и ее вероятный механизм // Восточноазиатские островные системы (тектоника и вулканизм). Южно-Сахалинск, 1978. С. 27–32.
13. Мельников О. А. О динамике островных дуг на примере особенностей строения Сахалино-Японской островной дуги // Тихоокеан. геология. 1982. № 6. С. 106–108.
14. Мельников О. А. Структура и геодинамика Хоккайдо-Сахалинской складчатой области. М.: Наука, 1987. 95 с.
15. Мельников О. А. О механизме образования островных дуг северо-запада Тихого океана // Тихоокеан. геология. 1988. № 3. С. 9–13.
16. Мельников О. А. К вопросу об оценке максимальной балльности ожидаемых землетрясений и о региональном сейсмическом районировании // Нефтегорское землетрясение 27 (28). 05. 1995 г. М., 1995. Спец. вып. С.208–214. (ФССН: Информ. аналит. бюл.).
17. Мельников О.А. К вопросу об оценке максимальной балльности ожидаемых землетрясений и о региональном сейсмическом районировании // Геология и геодинамика Сихотэ-Алинской и Хоккайдо-Сахалинской складчатых областей. Южно-Сахалинск, 1997. С. 150–159.
18. Нефтегорское землетрясение 27 (28) мая 1995 г. на Сахалине / Иващенко А.И., Кузнецов Д.П., Ким Ч.У. и др. // Нефтегорское землетрясение 27(28).05.1995г. М., 1995. Спец. вып. С. 48–67. (ФССН: Информ. аналит. бюл.).
19. Оскорбин Л. С., Поплавский А. А., Занюков В. Н. Ноглигское землетрясение 2 октября 1964 г. Южно-Сахалинск: Дальневост. кн. изд-во, 1967. 86 с.
20. Остромысовское землетрясение 12 (13) марта 1962г. / Соловьев С.Л., Ферчев М.Д., Поплавский А.А., Пустовитенко А.Н. // Ощутимые землетрясения Сахалина, 1960–1964 гг. Южно-Сахалинск, 1969. С. 47–66.
21. Плешаков И. Б. Альпийская складчатость в Сахалино-Камчатской области // Сов. геология. 1938. №8. С. 85–89.
22. Поле упругих напряжений Земли и механизм очагов землетрясений / Балакина Л.М., Введенская А.В., Голубева Н.В., Мишарина Л.А., Широкова Е.И. М.: Наука, 1972. 192 с.
23. Поле упругих напряжений и особенности проявления сейсмичности земной коры о. Сахалин / Иващенко А.И., Поплавская Л.Н., Ким Ч.У., Нагорных Т.В., Рудик М.И., Паршина А. И. // Современная сейсмология: достижения и проблемы: Тез. докл. М., 1998. С.22.
24. Поплавская Л. Н., Нагорных Т. В., Фокина Т. А. Сильные землетрясения в северной части Японского моря с гипоцентрами в земной коре, 1971–1993 г. // Очаги сильных землетрясений Дальнего Востока. Южно-Сахалинск, 1997. С. 5–19. (Геодинамика тектоносферы зоны сочленения Тихого океана с Евразией; Том V).
25. Поплавская Л. Н., Нагорных Т. В., Фокина Т. А. Сейсмотектонические условия подготовки и возникновения Нефтегорского землетрясения 27 мая 1995 года // Очаги сильных землетрясений Дальнего Востока. Южно-Сахалинск, 1997. С. 5–19. (Геодинамика тектоносферы зоны сочленения Тихого океана с Евразией; Том V).
26. Принципы формирования и состав алгоритмического обеспечения регионального центра обработки сейсмологических наблюдений (на примере Дальнего Востока) / Поплавская Л.Н., Бобков А.О., Кузнецова В.Н., Нагорных Т.В., Рудик М.И. // Сейсмологические наблюдения на Дальнем Востоке СССР: (Методические работы ЕССН). М., 1989. С. 32–51.
27. Рудик М. И., Поплавская Л. Н. Каталог механизмов очагов сильных (M₀6.0) землетрясений Курило-Охотского региона, 1964–1982 гг. Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 1987. 211 с.
28. Рудик М. И., Поплавская Л. Н. Каталог механизмов очагов курило-охотских землетрясений с M₀<6.0, 1975–1982гг. Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 1988. 247 с.

29. Симуширское землетрясение 9 января 1989 года / Поплавская Л.Н., Бобков А.О., Бойчук А.Н. и др.: Препр. Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 1991. 54 с.
30. Синегорское землетрясение 16 августа 1988 года (о. Сахалин) / Поплавская Л.Н., Урбан Н.А., Воробьева Е.А. и др.: Препр. Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 1989. 49 с.
31. Kikuchi M. Mechanism Solution for 27 May Sakhalin Earthquake: a Preliminary Report. – Yokoyama City Univ., Yokoyama, Japan, 1995. 3 p. (YCU Seismol. Rep., 41).
32. Melnikov O. A. A Rotational Geospheric Dynamic Model of the Earth – Parts I, II, III. // New Concepts in Global Tectonics: Newsletter. 1997. N 3. P. 24–27; N 4. P. 19–23; N 5. P. 20–25.
33. Melnikov O. A. A New Global Rotational Model of the Earth – the Most Perspective Alternative of the Modern Plate Tectonics Model // Proceedings of International Symposium on New Concepts in Global Tectonics. – Tsukuba, Japan, 1998. P. 69–75.
34. Salganic M., Ekstrom G., Sianissian S. Quick CMT Determination, May 27, 1995; Sakhalin Island, Mw=7.1 Harvard Event-File, Name CO52795X., 1995. 1 p.
35. The Neftegorsk, Sakhalin Island, earthquake of 27 May 1995 / Ivashchenko A.I., Kim Ch.U., Ostorbin L.S. et al. // The Island Arc. 1997. V. 6, N 3. P. 288–302.
36. Xiaodong Song, Paul G. Richards. Seismological evidence for differential rotation of the Earth's inner core // Nature . 1996. V. 382, N 6588. P. 221–224.

Поступила в редакцию 21 июня 2000 г.

Рекомендована к печати Ю.Ф. Малышевым

O.A. Melnikov, L.I. Poplavskaya , T.V.Nagornykh

A System of stresses in Sakhalin earthquake sources and its relation with tectonics

A great number of data on mechanisms of crustal earthquake sources of Sakhalin Isl. was obtained for the first time and analyzed from the geological and tectonical points of view. It was ascertained that a system of stresses in the insular Earth's crust is characterized by distinctly expressed sub-meridional alternation of compression and extension zones. The authors think that such a regularity is explained by the interaction between two main types of structures composing the insular megaanticlinal structure – modified-revived relict and young newly formed anticlinoria and synclinoria. Compression zones are attributed to the sections of direct opposition of young and ancient anticlinoria. These sections are separated with extension zones. Variations of the field of elastic stresses of the Earth crust of Sakhalin are also interpreted from the position of the Earth's rotational model earlier offered by O.A Melnikov.