

АНАЛИЗ ПОЛЯ ТЕКТОНИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЙ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ  
КУРИЛО-ОХОТСКОГО РЕГИОНА ПЕРЕД ГЛУБОКОФОКУСНЫМ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕМ  
24.05.2013 ГОДА

*А.Ю. Полец, Т.К. Злобин*

ФГБУН Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, ул. Науки 1Б, г. Южно-Сахалинск, 693022;  
e-mail: [polec84@mail.ru](mailto:polec84@mail.ru)

Поступила в редакцию 4 апреля 2016 г.

В работе представлены результаты реконструкции параметров современного поля тектонических напряжений северной части Курило-Охотского региона перед глубокофокусным землетрясением 24 мая 2013 г. Землетрясение 24.05.2013 г. является сильнейшим глубокофокусным землетрясением за весь период сейсмологических наблюдений не только в Охотоморском регионе, но и в мире. Реконструкция поля тектонических напряжений выполнялась на основе метода катакластического анализа совокупностей механизмов очагов землетрясений. Получены новые данные об особенностях изменения регионального поля тектонических напряжений с глубиной.

**Ключевые слова:** землетрясения, земная кора, верхняя мантия, напряженное состояние, Курило-Охотский регион.

**ВВЕДЕНИЕ**

В северо-восточной части Охотского моря 24 мая 2013 г. в 05 час 44 мин 49 с по Гринвичу вблизи западного побережья полуострова Камчатка произошло сильное глубокофокусное землетрясение с моментной магнитудой  $M_w = 8.3$  (рис. 1). Значение  $M_w = 8.3$  соответствует категории катастрофических землетрясений. В среднем, события такой силы происходят на Земле один раз в год. Координаты эпицентра:  $\varphi = 54.874^\circ$  с.ш.,  $\lambda = 153.281^\circ$  в.д. Гипоцентр землетрясения располагался в переходной зоне между верхней и нижней мантией, по данным USGS NEIC – на глубине  $h = 608.9 \pm 6.2$  км [21], по данным регионального каталога КФ ГС РАН – на глубине 639.81 км [2]. Землетрясение 24.05.2013 г. в Охотском море, или Охотоморское землетрясение, является сильнейшим глубокофокусным землетрясением за весь период сейсмологических наблюдений не только в Охотоморском регионе, но и в мире.

Предлагаемое исследование направлено на изучение напряженно-деформированного состояния земной коры и верхней мантии северной части Курило-Охотского региона – области молодой кайнозойской складчатости, отличающейся активными тектоно-магматическими процессами, проявляющимися в активном вулканизме и высокой сейсмичности.

**МАКРОСЕЙСМИЧЕСКИЕ ПРОЯВЛЕНИЯ  
ОХОТОМОРСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ**

В исследуемом регионе и раньше происходили сильные глубокофокусные землетрясения, но на других глубинах и в других слоях верхней мантии. Первые известные сильные глубокофокусные землетрясения произошли в регионе 11.06.1902 г. ( $M = 8.0$ ,  $h = 600$  км) и 28.02.1950 г. ( $M = 7.8$ ,  $h = 340$  км) (рис. 1) [17]. По данным Гарвардского каталога [20], с 1976 по 2015 гг. всего в рассматриваемом регионе произошло 6 глубокофокусных землетрясений с моментной магнитудой  $M_w \geq 7.0$ , в глубинном диапазоне 300–650 км: в 1990 г., 2002 г., два в 2008 г., 2012 г. и Охотоморское землетрясение в 2013 г. (рис. 1). Два сильных глубокофокусных землетрясения 5 июля 2008 г. ( $M_w = 7.7$ , 635.6 км, механизм очага – сброс) и 24 ноября 2008 г. ( $M_w = 7.3$ ,  $h = 491.6$  км, механизм очага – поддвиг (взрез)) 2008 г. произошли на расстоянии 116 км и 107 км, соответственно, от эпицентра Охотоморского землетрясения, зарегистрированного в 2013 г. [20]. Однако в отличие от предыдущих событий, землетрясение 24.05.2013 г. оказалось сильнейшим глубокофокусным землетрясением, уникальным по своим макросейсмическим проявлениям. Согласно макросейсмическим данным, землетрясение было зарегистрировано в 177 пунктах Земли [5] и ощущалось

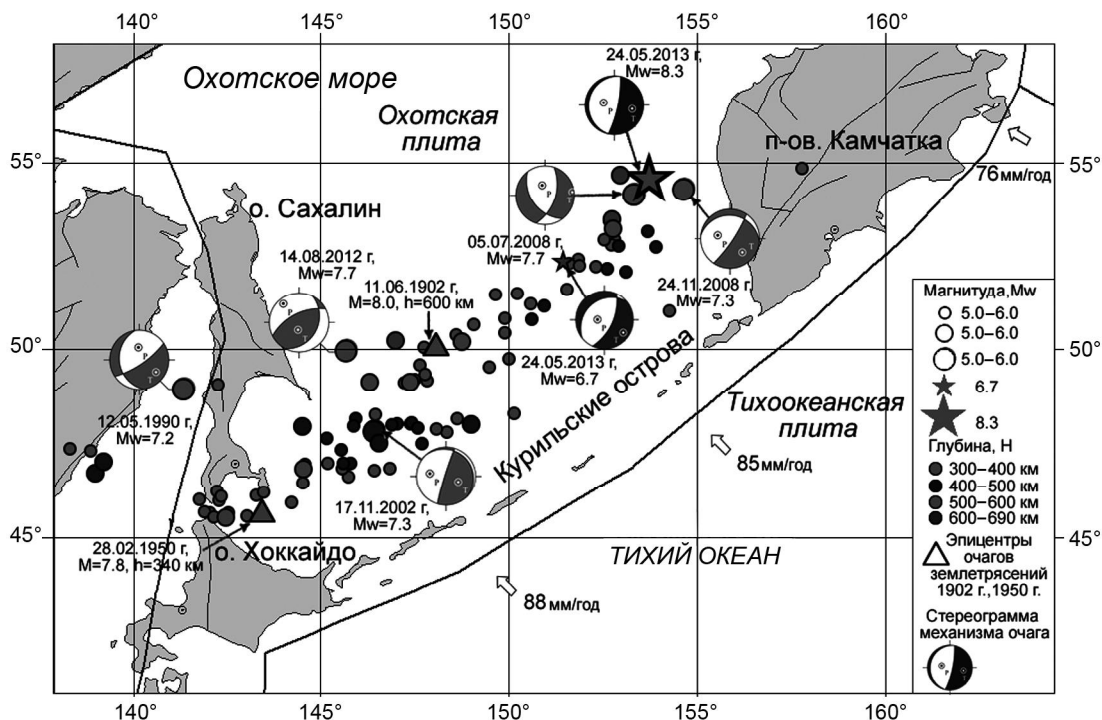


Рис. 1. Карта эпицентров глубокофокусных землетрясений Курило-Охотского региона с 1976 по 2015 гг. [20] (дополнительно нанесены эпицентры очагов землетрясений 1902 г., 1950 г. [17]).

практически на всей территории России (от Камчатки до Москвы и Санкт-Петербурга) и в других странах (от Японии до Канады, США, Мексики и ряда других стран). Через девять часов после главного толчка 24.05.2013 г. в 14 час 56 мин 31 с по Гринвичу был зарегистрирован сильнейший афтершок. Координаты афтершока:  $\varphi = 52.222^\circ$  с.ш.,  $\lambda = 151.515^\circ$  в.д.; моментная магнитуда  $M_w = 6.7$ , глубина очага  $h = 623$  км. По данным регионального каталога КФ ГС РАН, после главного толчка 24 мая и до конца августа 2013 г. было зафиксировано около 80 афтершоков. При этом 57 афтершоков произошли в первые сутки, на следующие сутки – 7, далее активность в очаге пошла на спад [5].

Причиной возникновения глубокофокусных землетрясений в данном регионе является погружение Тихоокеанской плиты в мантию Земли (рис. 2). Тихоокеанская плита поддвигается под Охотскую литосферную плиту со средней скоростью 80 мм/год. Фазовый переход вещества мантии Земли, происходящий на глубине около 670 км, препятствует дальнейшему погружению плиты, что приводит к ее деформации, накоплению напряжений, которые высвобождаются в результате глубокофокусных землетрясений. Возможные причины, объясняющие регистрацию упругих колебаний от очага Охотоморского землетрясения на больших расстояниях от эпицентра, могут быть связа-

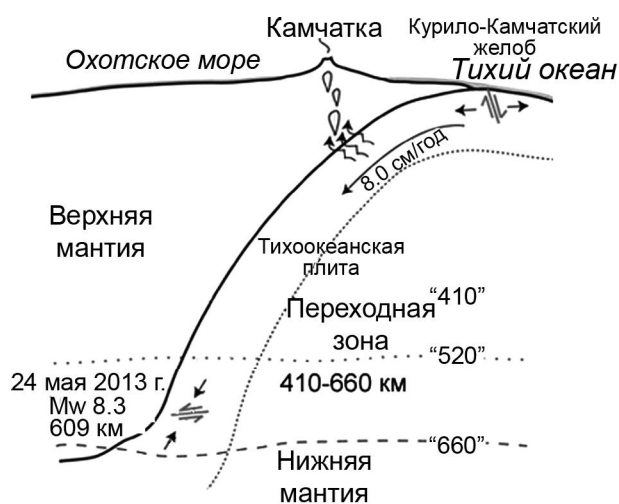


Рис. 2. Погружение Тихоокеанской плиты в мантию Земли.

ны с большой магнитудой и большой глубиной очага, при сочетании этих условий мог иметь место подобный макросейсмический эффект, который наблюдался при Охотоморском землетрясении. Макросейсмический эффект, вызванный глубокофокусным землетрясением 24.05.2013 г., может быть также объяснен наличием переходного слоя или слоя с пониженной скоростью. При наличии в скоростном разрезе слоя

пониженной скорости ход лучей претерпевает изменение, и волны могут проследиваться на больших расстояниях. Кроме того, могли возникать так называемые каналовые волны [7] – волноводы – слои, в которых волны, многократно отражаясь от выше- и нижележащих поверхностей, снова распространяются и проследиваются на значительном расстоянии в слое.

#### МЕТОДИКА РЕКОНСТРУКЦИИ ТЕКТОНИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЙ В РАЙОНЕ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для изучения особенностей напряженного состояния земной коры и верхней мантии в районе северной части Курило-Охотского региона и, в частности, перед сильным глубокофокусным Охотоморским землетрясением 24.05.2013 г. применялся метод каткластического анализа совокупностей механизмов очагов землетрясений (МКА). МКА является развитием методологии изучения природных полей тектонических напряжений, включающий методы реконструкции ориентации осей главных напряжений и сейсмотектонических деформаций, по данным о совокупностях механизмов очагов землетрясений [1, 3, 4, 18, 19 и др.]. В рамках метода можно оценить не только ориентацию главных осей, но и величины напряжений.

Исходными данными для МКА служат сейсмологические параметры механизмов очагов землетрясений (решения тензора момента центроида землетрясений – СМТ), данные о величине напряжений, снимаемых в очагах сильных землетрясений, топография и мощности основных слоев земной коры (осадки, гранитный и базальтовые слои). Реконструкция компонентов тензоров напряжений, приращений квазипластических деформаций и оценка механических свойств осуществляются в несколько этапов. На каждом этапе используются закономерности и подходы, полученные в рамках теории разрушения, теории пластичности и сейсмологии [11–16, 22, 23]. Отличительными элементами МКА от других известных методов являются критерии выделения квазиоднородно деформированных доменов, следующие из энергетических ограничений теории пластичности (требование уменьшения упругой энергии в результате реализации каждого скола и др.).

**Первый этап расчета.** На первом этапе на основе данных о совокупности механизмов очагов землетрясений определяется ориентация главных осей напряжений и значение коэффициента Лоде-Надаи, осуществляется подбор из всех возможных напряженных состояний такого, для которого совокупность анализируемых механизмов очагов землетрясений доставляет максимум диссипации энергии, накопленной в упругих деформациях.

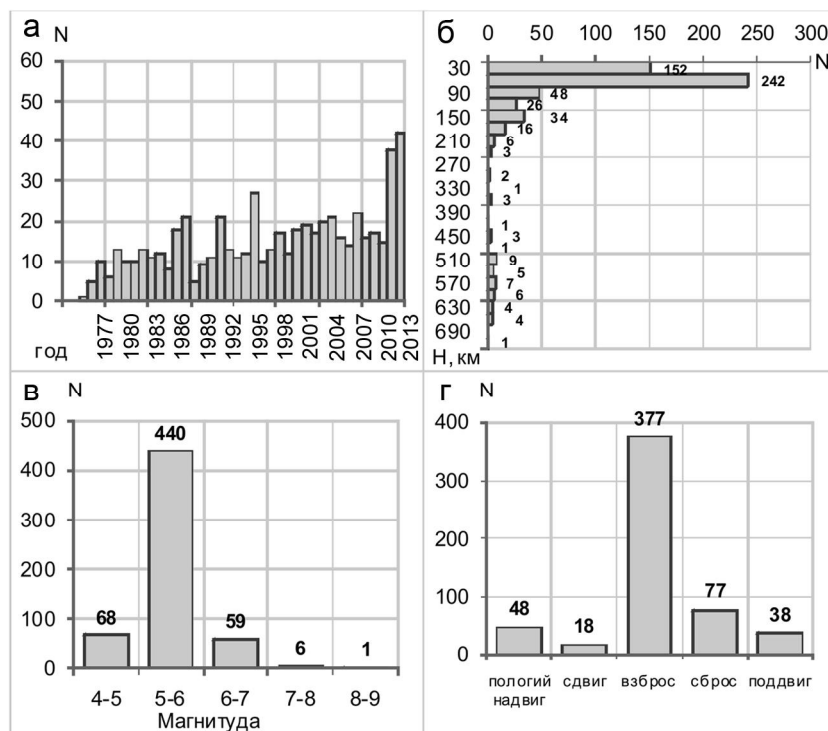
**Второй этап расчета.** На втором этапе реконструкции определяются относительные значения эффективного всестороннего давления  $p^*$  и модуля максимального касательного напряжения  $\tau$ , оставшиеся неизвестными после первого этапа. Величины этих компонентов тензора напряжений рассчитываются с точностью до неизвестного значения внутреннего сцепления массивов горных пород  $\tau_f$ , которое можно считать постоянным для исследуемого участка земной коры.

**Третий этап.** На третьем этапе реконструкции осуществляется оценка величины  $\tau_f$  – эффективная прочность сцепления массива с масштабом осреднения, соответствующим реконструируемым напряжениям. Для этого используется информация о величине напряжений, снимаемых в очаге сильного землетрясения, произошедшего в исследуемом регионе. В этом случае появляется возможность определить абсолютные величины напряжений и рассчитать значения флюидного давления, используя положение о близости вертикальных напряжений, действующих на горизонтальных площадках, весу вышележащего столба горных пород [24]. В данной работе представлены результаты первых двух этапов.

#### ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Для реконструкции параметров современного поля напряжений земной коры и верхней мантии в районе исследований использовался каталог механизмов очагов землетрясений, созданный для области  $146^\circ\text{--}162^\circ$  в.д. и  $48^\circ\text{--}58^\circ$  с.ш., по данным сайта Гарвардского университета [20]. Каталог насчитывает 574 СМТ (тензоров моментов центроидов) – решений для землетрясений, произошедших за период с 06.01.1976 г. по 24.05.2013 г. (рис. 3 а) с магнитудами  $4.7 \leq M_w \leq 8.3$  (рис. 3 в). Таким образом, каталог механизмов отвечал периоду времени землетрясений, произошедших до сильного глубокофокусного землетрясения с  $M_w = 8.3$ . Максимальная глубина событий – 690 км (рис. 3 б). Основной глубинный диапазон механизмов очагов землетрясений заключен в промежутке от 20 до 50 км (рис. 3 б). Наиболее представительным является диапазон магнитуд от 5.0 до 6.0 (рис. 3 в). Увеличение во времени числа событий, для которых определены механизмы очагов землетрясений, приходится на 1987–1988, 1992, 1996, 2001–2002, 2004–2005, 2008, 2012–2013 гг. (рис. 3 а).

При реконструкции использовались механизмы землетрясений с  $M_w$  от 4.0 до 6.5 (рис. 3 в). Опыт работ по расчету тектонических напряжений по алгоритму МКА показывает, что наиболее эффективным является анализ механизмов очагов землетрясений, если разброс их магнитуд не превышает 2.5–3 едини-



**Рис. 3.** Распределение числа землетрясений.

а – по годам с 06.01.1976 г. по 24.05.2013 г.; б – по глубине; в – по магнитуде; г – по типам механизмов очагов землетрясений.

цы [16]. В противном случае в процессе расчета происходит завышение роли сильных землетрясений за счет того, что размер их области упругой разгрузки начинает доминировать над землетрясениями меньших магнитуд. Механизмы этих сильных событий начинают участвовать в определениях напряжений большинства доменов, существенно усредняя результаты расчетов. Подобная ситуация отражает представление о том, что разрывы, являясь интеграторами напряженного состояния, позволяют рассматривать поле тектонических напряжений как иерархическую структуру и говорить о возможности реконструкции напряжений разных иерархических уровней (разных масштабов усреднения) [6]. Поэтому 16 событий с магнитудой более 6.5 были исключены из каталога.

Обработка исходных сейсмологических данных производилась в длиннопериодном режиме реконструкции, в узлах сетки  $0.25^\circ \times 0.25^\circ$  в латеральном направлении, для разных глубинных интервалов (0–30, 30–60, 60–90, 90–120, 120–220, 480–660 км). Анализ каталога с учетом исключенных событий показал, что в нем содержится 67.6 % механизмов очагов, отвечающих взбросам, 13.8 % – сбросам, 8.6 % – пологим надвигам, 6.8 % – поддвигам (взрез) и 3.2 % – сдвигам (рис. 3 г). Определение параметров поля напряжений осуществлялось в квазигомогенных доменах путем выделения однородных выборок механизмов очагов

землетрясений, минимальное число событий в которых было 6, максимальное – 10.

Выполнение всех процедур формирования однородных выборок механизмов очагов землетрясений удалось завершить соответственно для 154 (глубинный интервал 0–30 км), 323 (глубинный интервал 30–60 км), 71 (глубинный интервал 60–90 км), 11 (глубинный интервал 90–120 км), 68 (глубинный интервал 120–220 км), 37 (глубинный интервал 480–660 км) квазигомогенных доменов. Для каждого из доменов рассчитывались средние за весь период наблюдений параметры тензора напряжений.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные результаты показывают, что для глубинных диапазонов 0–30, 30–60, 60–90 км в большинстве случаев оси максимального девиаторного растяжения  $\sigma_1$  (рис. 4, а-в) и сжатия  $\sigma_3$  (рис. 5, а-в) ориентированы почти ортогонально простиранию Курильского желоба, с пологим ( $15\text{--}30^\circ$ ) погружением под океаническую плиту оси сжатия и при крутом погружении ( $55\text{--}75^\circ$ ) под континентальную плиту оси растяжения. Ось промежуточного главного напряжения  $\sigma_2$  направлена вдоль простирания Курильского желоба. На глубинах 90–120, 120–220, 480–660 км оси максимального девиаторного сжатия меняют свою ориентировку на противоположную (рис. 5, г-е). На

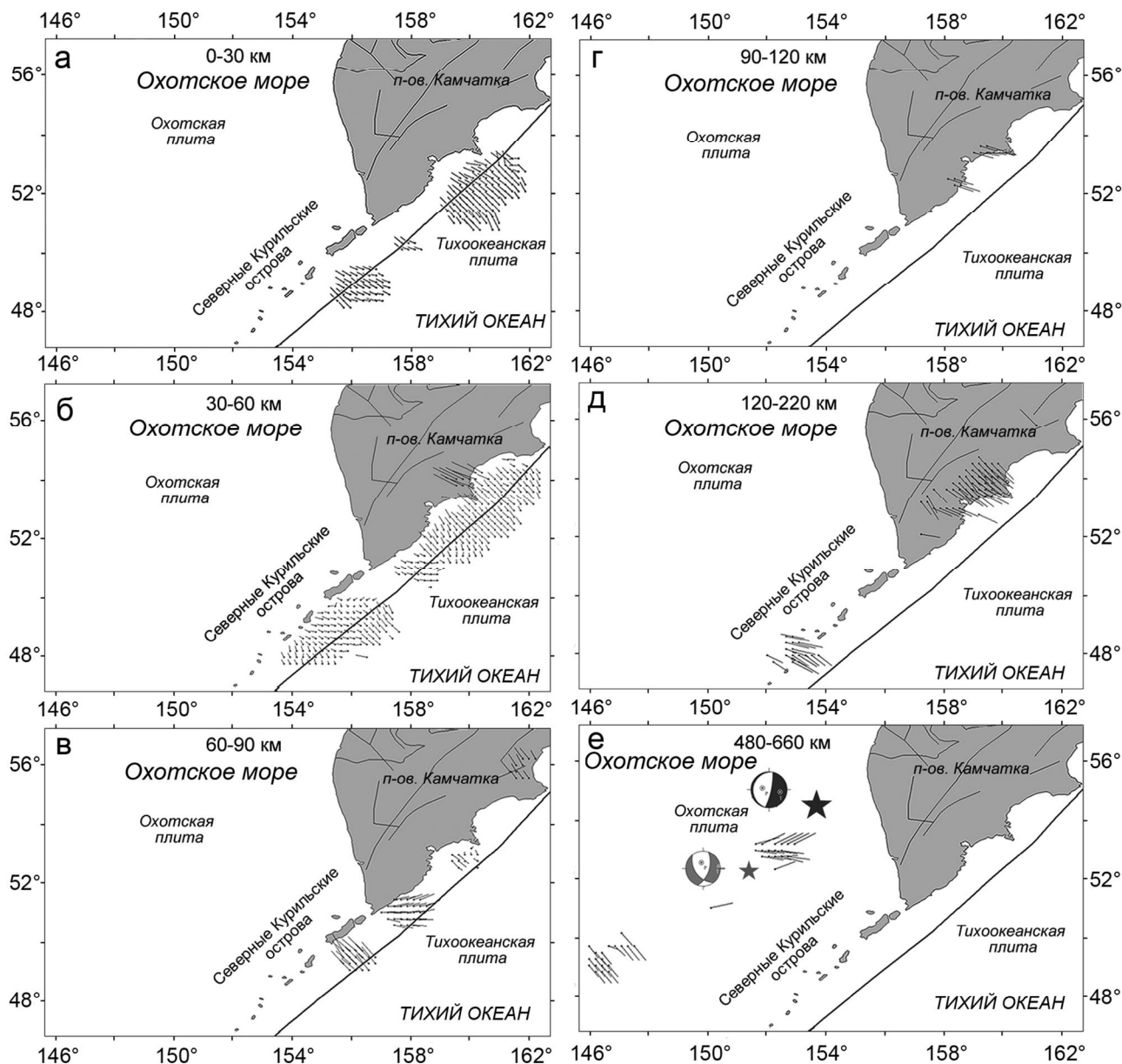


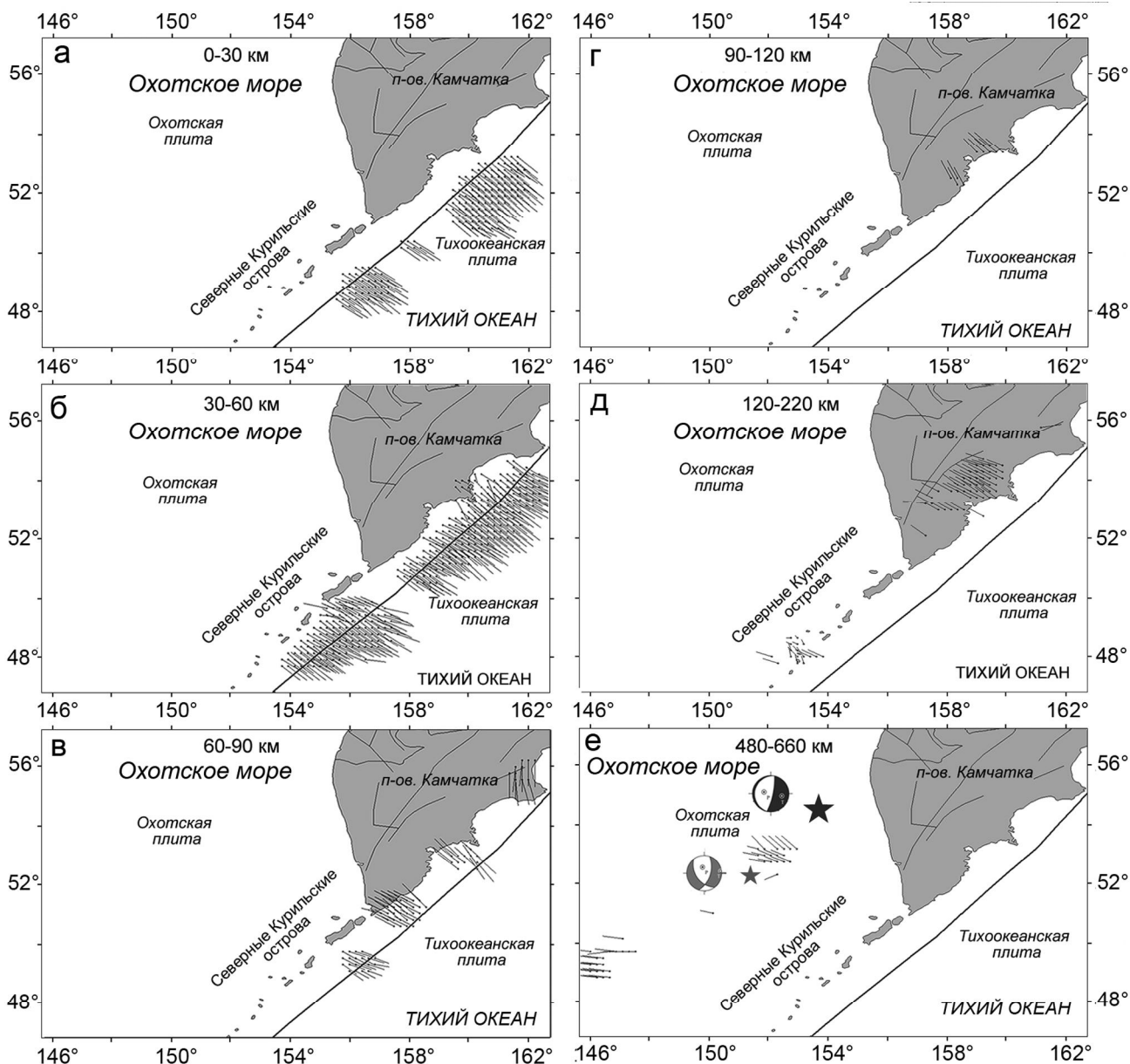
Рис. 4. Ориентация проекции на горизонтальную плоскость осей погружения главных напряжений максимального девиаторного растяжения  $\sigma_1$ .

этих глубинах оси ориентированы не в характерную для них сторону океана, а в сторону континента. Аналогичная картина наблюдается и для осей максимального девиаторного растяжения (рис. 4, г-е).

Такая закономерность в распределении параметров главных осей отражается в типе напряженного состояния (геодинамическом режиме) – большая часть исследуемого региона имеет режим горизонтального сжатия, глубины 0–30, 30–60, 60–90 км (рис. 6 а-в). Однако начиная с глубинного диапазона 60–90 км (рис. 6 в), район о-ва Парамушир, появляются изменения в напряженном состоянии: начинают

формироваться новые зоны с геодинамическими режимами: сдвиг в вертикальной плоскости (механизмы очагов – поддвиг или взрез) и горизонтальное растяжение (механизмы очагов – сбросы).

Вблизи восточного побережья полуострова Камчатка, на глубинах 90–120 км (рис. 6 г), выявлена область с режимом сдвига в вертикальной плоскости (вертикальный сдвиг), этот геодинамический режим прослеживается в данном месте и для глубинного интервала 120–220 км (рис. 6 д). Начиная с глубин 120–220 км появляются области с режимом горизонтального растяжения. Для глубинного ин-



**Рис. 5.** Ориентация проекции на горизонтальную плоскость осей погружения главных напряжений максимального девиаторного сжатия  $\sigma_3$ .

тервала 480–660 км (рис. 6 е) выявляются две зоны: зона горизонтального растяжения на севере и зона горизонтального сжатия на юге. На границе с зоной сжатия расположены два глубокофокусных землетрясения (рис. 1) 17.11.2002 г. ( $M_w = 7.7$ ,  $h = 479,8$ ) и 14.08.2012 г. ( $M_w = 7.7$ ,  $h = 598.2$ ), находящиеся за пределами области реконструкции. Анализ механизмов очагов этих землетрясений показал, что механизм первого – пологий надвиг, второго – взброс. Механизмы очагов данных глубокофокусных землетрясений также соответствуют существующему здесь напряженному состоянию, полученному по данным о

механизмах очагов меньшего энергетического уровня ( $M_w$  от 4.0 до 6.5). Поле напряжений в очаговой области Охотоморского землетрясения 24.05.2015 г. и его сильнейшего афтершока характеризовалось типом напряженного состояния – горизонтальное растяжение. Таким образом, механизм очага Охотоморского землетрясения 24.05.2013 г. и механизм очага его самого сильного афтершока ( $M_w = 6.7$ ) отвечают режиму напряженного состояния, существовавшему здесь до их возникновения.

Коэффициент Лодэ-Надаи (меняется от -1 до +1), определяющий вид тензора напряжений либо вид его

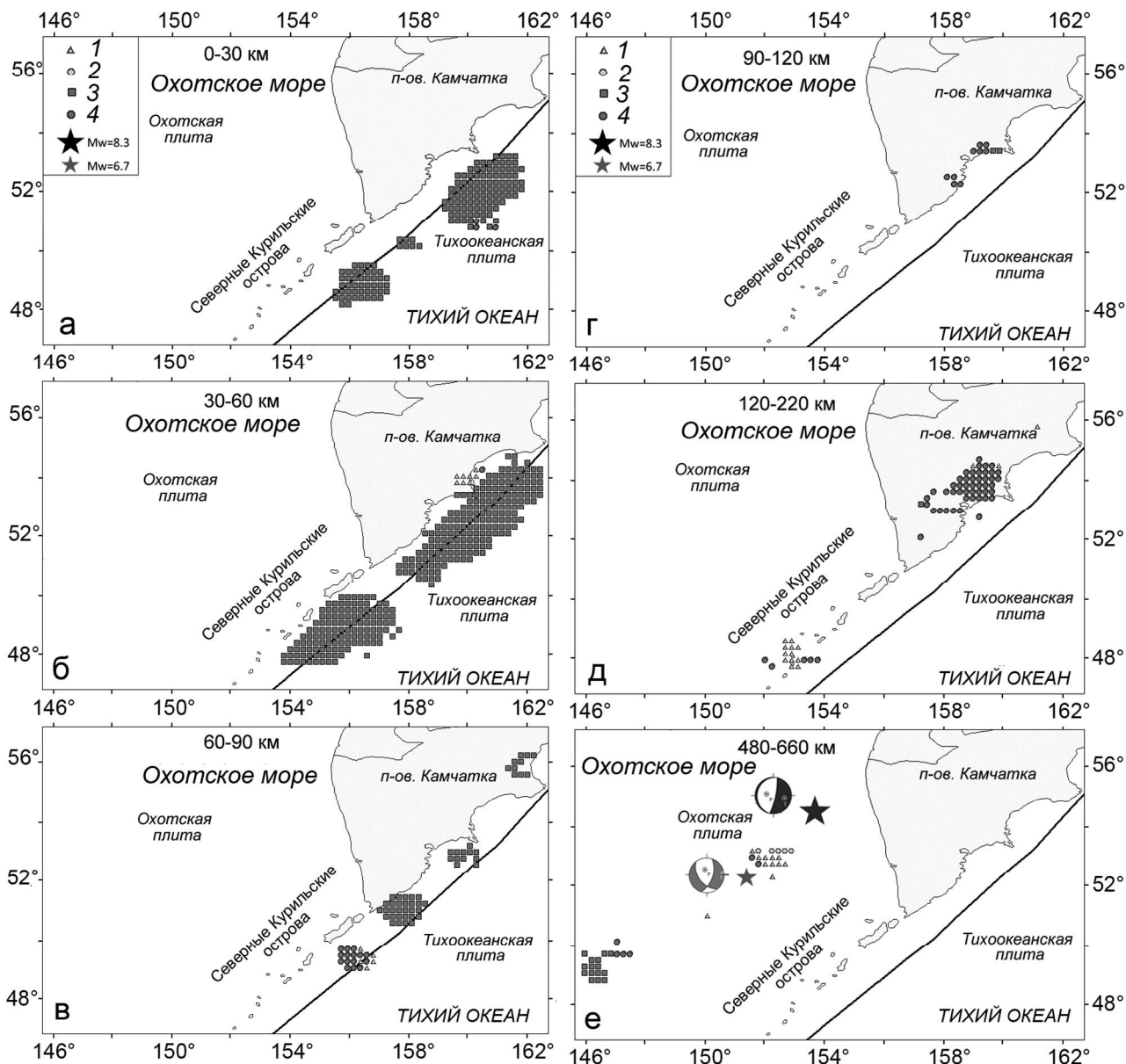


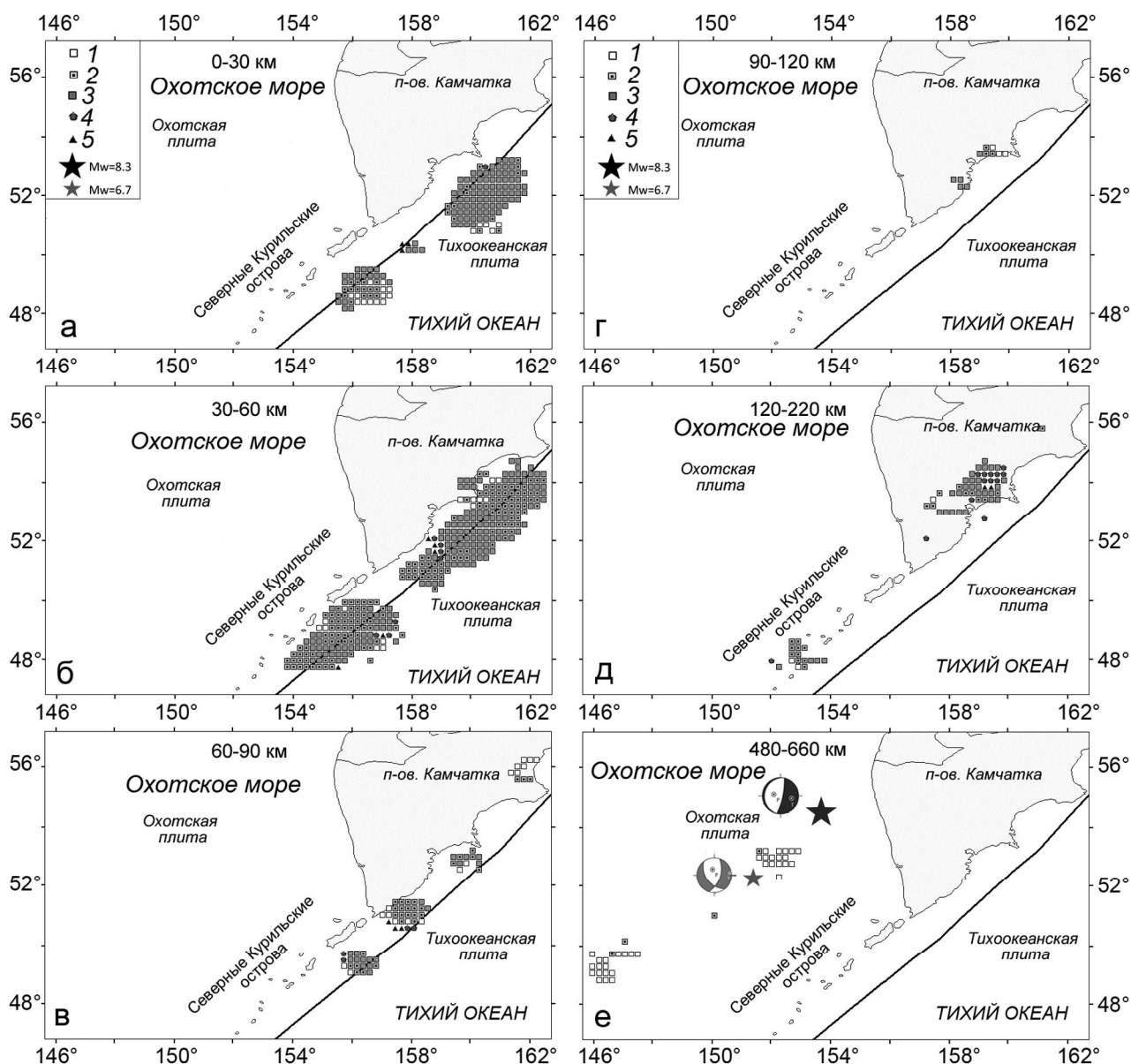
Рис. 6. Тип напряженного состояния, характеризующий геодинамический режим района исследований.

1 – растяжение, 2 – растяжение-сдвиг, 3 – сжатие, 4 – сдвиг в вертикальной плоскости.

эллипсоида, для рассматриваемых глубинных интервалов лежит в основном пределах  $-0.2 < \mu_{\sigma} < 0.2$ , что соответствует чистому сдвигу, когда алгебраически максимальное и минимальное главные девиаторные напряжения близки друг к другу по абсолютной величине и противоположны по знаку (девиатор промежуточного напряжения равен нулю).

На втором этапе реконструкции выполнены расчеты относительных значений эффективного давления и максимального касательного напряжения. Для всех глубинных уровней повышение значений относительных величин эффективного давления на-

блюдается в направлении с юго-запада на северо-восток (рис. 7), наибольшие значения эффективного всестороннего давления (16–20) отмечены в интервалах 0–30 км (3 домена), 30–60 км (5 доменов), 60–90 (3 домена), 120–220 км (2 домена). Домены с максимальными значениями эффективного давления (12–16, 16–20) и девиаторных напряжений сосредоточены в основном в районе Камчатского участка сейсмофокальной области. Увеличение интенсивности напряженного состояния может быть обусловлено краевым эффектом со стороны Алеутской дуги. Этот участок, являясь зоной правостороннего сдвига,



**Рис. 7.** Распределение относительного эффективного всестороннего давления перед Охотоморским землетрясением 24 мая 2013 г.

1 – (0–4), 2 – (4–8), 3 – (8–12), 4 – (12–16), 5 – (16–20).

формирует в своей концевой области смежные секторы напряжений всестороннего сжатия и растяжения [6]. При этом сектор сжатия приходится на камчатский участок сейсмофокальной области, а сектор растяжения – на алеутский. С глубиной отмечается увеличение числа доменов с минимальными значениями эффективного всестороннего давления (0–4). Область подготовки Охотоморского землетрясения 24.05.2013 г. характеризуется наименьшими величинами относительного эффективного всестороннего давления (рис. 7 е). Отметим, что предыдущие ис-

следования очаговых областей сильных землетрясений (Шикотанского 1994 г., Суматра-Андаманского 2004 г., Чилийского 2010 г., Тохоку 2011 г.) показали, что формирование очага сильного землетрясения наблюдается в участках с пониженным уровнем напряжений [8–10, 12, 15, 16].

### ВЫВОДЫ

Анализ поля современных напряжений северной части Курило-Охотского региона перед сильным глубоководным землетрясением 24 мая 2013 г. пока-



зал, для глубинных диапазонов 0–30, 30–60, 60–90 км в земной коре и в верхней мантии поле напряжений характеризуется практически неизменным на протяжении всей зоны типом напряженного состояния – горизонтального сжатия. Основной вид тензора напряжений исследуемой области для всех глубинных интервалов – чистый сдвиг ( $-0.2 < \mu_{\sigma} < 0.2$ ).

С увеличением глубины установлено изменение ориентации, угла наклона осей главных напряжений и, соответственно, изменение типа напряженного состояния. Для диапазонов (60–90, 90–120, 120–220, 480–660 км) выявлены зоны с геодинамическими режимами – сдвиг в вертикальной плоскости (вертикальный сдвиг) и зоны горизонтального растяжения.

Для глубинного интервала 480–660 км установлены две зоны: с преимущественным режимом горизонтального растяжения на юге и горизонтального сжатия на севере. Анализ механизмов очагов глубоководных землетрясений 17.11.2002 г. и 14.08.2012 г., расположенных рядом с зоной сжатия, и землетрясения 05.07.2008 г., расположенного рядом с зоной растяжения, показал их соответствие существующим геодинамическим режимам.

Напряженное состояние области подготовки Охотоморского землетрясения 24 мая 2013 г. и его сильного афтершока отвечает режиму горизонтального растяжения и характеризуется наименьшими величинами относительного эффективного всестороннего давления. Согласно работам [13, 14], наличие большой площади напряженного состояния с низким и средним уровнем эффективного давления может привести к формированию сильного землетрясения. Для таких участков коры на преодоление сил трения затрачивается меньше энергии и соответственно больше энергии остается на развитие (расширение площади) очага землетрясения. В случае изучаемого землетрясения нам не хватило сейсмологических данных, чтобы на глубине 400–700 км получить детальное поле напряжений. Однако фрагмент напряженного состояния коры, который был рассчитан в наших исследованиях, указывает на возможное наличие обширного участка низкого уровня эффективного давления.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 15-05-08903, гранта ДВО РАН 15-П-2-016 и гранта президента РФ МК-6640.2015.5.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Гзовский М.В. Основы тектонофизики. М.: Наука, 1975. 535 с.
- ГС РАН. <http://www.gsras.ru/>
- Гущенко О.И. Метод кинематического анализа структур разрушения при реконструкции полей тектонических напряжений // Поля напряжений в литосфере. М.: Наука, 1979. С. 7–25.
- Гущенко О.И. Сейсмоструктурный стресс-мониторинг литосферы (структурно-кинематический и основные элементы алгоритма) // Докл. АН. 1996. Т. 346, № 3. С. 399–402.
- Иванова Е.И., Митюшкина С.В., Раевская С.В., Чебров А.Ю. Охотоморское землетрясение 24 мая 2013 г. ( $M_w = 8.3$ ) и его макросейсмический эффект // Сборник трудов Четвертой регион. науч.-техн. конф. «Проблемы комплексного геофизического мониторинга ДВ России», 30 сентября – 4 октября 2013 г. Петропавловск-Камчатский: ГС РАН, 2014. С. 126–130.
- Осокина Д.Н., Фридман В.Н. Исследование закономерностей строения поля напряжений и деформаций в окрестностях сдвигового разрыва с трением между берегами // Поля напряжений и деформаций в земной коре. М.: Наука, 1987. С. 74–119.
- Павленкова Н.И. Волновые поля и модель земной коры. Киев: Наук. думка, 1973. 215 с.
- Полец А.Ю. Реконструкция параметров поля тектонических напряжений перед японским землетрясением 11 марта 2011 г. // Вестн. ДВО РАН. 2013. № 3. С. 26–31.
- Полец А.Ю. Напряженное состояние земной коры и верхней мантии перед Чилийским землетрясением 27.02.2010 г.: VII междунар. науч. конф. «Вулканизм, биосфера и экологические проблемы». Майкоп: АГУ, 2013. С. 60–61.
- Полец А.Ю., Злобин Т.К. Оценка напряженного состояния земной коры и верхней мантии в районе Южно-Курильских островов // Тихоокеан. геология. 2014. Т. 33, № 2. С. 64–75.
- Ребецкий Ю.Л. Развитие метода катакластического анализа сколов для оценки величин тектонических напряжений // Докл. АН. 2003. Т. 3, № 2. С. 237–241.
- Ребецкий Ю.Л. Оценка относительных величин напряжений – второй этап реконструкции по данным о разрывных смещениях // Геофиз. журн. 2005. Т. 27, № 1. С. 39–54.
- Ребецкий Ю.Л., Маринин А.В. Поле тектонических напряжений до Суматра-Андаманского землетрясения 26.12.2004. Модель метастабильного состояния горных пород // Геология и геофизика. 2006. Т. 47, № 11. С. 1192–1206.
- Ребецкий Ю.Л. Тектонические напряжения и области триггерного механизма возникновения землетрясений // Физическая мезомеханика. 2007. Т. 1, № 10. С. 25–37.
- Ребецкий Ю.Л. Распределение тектонических напряжений вдоль южноамериканской субдукционной области перед землетрясением 27 февраля 2010  $M_w = 8.8$  // Проблемы сейсмологии в Узбекистане: Материалы междунар. конф. «Современные проблемы сейсмологии, гидрогеологии и инженерной геологии». Ташкент: Нац. Унив. Узб., 2010. Т. 1, № 7. С. 264–268.
- Ребецкий Ю.Л., Полец А.Ю. Напряженное состояние литосферы Японии перед катастрофическим землетрясением Тохоку 11.03.2011 г. // Геодинамика и тектонофизика. 2014. Т. 5, № 2. С. 469–506.
- Федотов С.А., Соломатин А.В. Долгосрочный сейсмический прогноз для Курило-Камчатской дуги на IX 2013–VIII 2018 гг.; особенности сейсмичности дуги в период предшествовавших глубоких Охотоморских землетрясений 2008, 2012 и 2013 гг. с  $M = 7.7, 7.7$  и  $8.3$  // Вулканология и сейсмология. 2015. № 2. С. 3–19.

18. Юнга С.Л. Методы и результаты изучения сейсмотектонических деформаций. М.: 1990. 190 с.
19. Angelier J., Tectonic analysis of fault slip data sets // Geoph. Res. 1984, N. 89. P. 5835–5848.
20. Global CMT. Global Centroid Moment Tensor. <http://www.global.org/>
21. NEIC. National Earthquake Informational Center. <http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/search/>
22. Rebetsky Yu.L. I. Stress-monitoring: Issues of a reconstruction methods of tectonic stresses and seismotectonic deformations // J. Earthquake Prediction Research. 1996. V. 5, N. 4. P. 557–573.
23. Rebetsky Yu.L., Sycheva N.A., Kuchay O.A., Tatevossian R.E. Development of inversion methods on fault slip data. Stress state in orogenes of the central Asia // Tectonophysics. 2012. V. 581. P. 114–131.
24. Simpson R.W. Response of regional seismicity to the static stress change produced by Loma Prieta Earthquake // Science. 1992. V. 255 P. 1687–1690.

*Рекомендована к печати Б.В. Левиным*

*A. Yu. Polets, T.K. Zlobin*

### **Tectonic stress field analysis of the northern part of the Kuril-Okhotsk region before the 24 May, 2013, deepest earthquake**

Tectonic stress field analysis of the northern part of the Kuril-Okhotsk region before the 24 May, 2013, deepest earthquake. This paper presents the reconstruction results of the modern tectonic stress field of the northern part of the Kuril-Okhotsk region before the 24 May, 2013, deepest earthquake. It was the strongest earthquake ever recorded not only in the Okhotsk Region but also in the world. Reconstruction of the tectonic stress field has been carried out on the basis of the method of cataclastic analysis of earthquake focal mechanism data (MCA). New depth variations of the tectonic stress field have been obtained.

**Key words:** earthquakes, the Earth's crust, upper mantel, stress state, the Kuril-Okhotsk Region.